



SOCIALIZACION DE RESULTADOS DE INVESTIGACION DE TRES PROYECTOS EN HABICHUELA

Santo Domingo, República Dominicana

2015



Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales.
Félix María del Monte No. 8, Gazcue, Santo Domingo, República Dominicana
www.coniaf.gob.do

Tel.: 809-686-0750
Fax: 809-689-9943

INDICE

Presentación.....	7
Generación de Líneas Avanzadas de Habichuela con Resistencia a Limitantes Bióticas Desarrolladas en el Proyecto Bean/Cowpea CRSP.....	9
Resumen Ejecutivo.....	10
1.0 Introducción.....	12
1.1 Antecedentes.....	12
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos.....	17
2.0 Estrategia de Ejecución de las Actividades.....	18
2.1 Evaluación en Viveros.....	18
2.2 Evaluación de los Rendimiento.....	20
2.3 Liberación de Variedad de Habichuela Negra "DPC-40 IDIAF".....	21
3.0 Resultados Logrados.....	22
3.1 Evaluación de Viveros para el Primer Año: 2010-2011.....	22
3.2 Resultados Segundo Año: 2011-2012.....	24
3.3 Resultados Tercer Año: 2012-2013.....	24
3.4 Evaluación de Rendimientos.....	25
3.5 Resultados de la Liberación DPC-40 IDIAF.....	27
3.6 Discusión de los Resultados.....	28
4.0 Conclusiones.....	31
5.0 Recomendaciones.....	33
Anexos.....	34
Diagnostico de la Calidad Sanitaria de la Semilla de Habichuela y Guandul en San Juan.....	40
Resumen Ejecutivo.....	41
1.0 Introducción.....	43
1.1 Antecedentes.....	43
1.2 Justificación.....	46
1.3 Objetivos.....	47
2.0 Estrategia de Ejecución de las Actividades.....	47
2.1 Actividad 1. Muestreo de Semilla.....	47
2.2 Actividad 2. Siembra en Invernadero.....	49
2.3 Análisis de Semillas en el Laboratorio.....	49
2.4 Análisis de Bacterias.....	52
2.5 Detección de Virus.....	52
2.6 Método del "grow out".....	52
2.7 Identificación Molecular de Hongos No Reportados Anteriormente en Habichuela y Guandul.....	53
3.0 Resultados Logrados.....	53
3.1 Análisis de Germinación de Lotes de Habichuela.....	53
3.2 Análisis de Germinación de Lotes de Guandul.....	54
3.3 Discusión de los Resultados.....	55
4.0 Conclusiones.....	60
5.0 Recomendaciones.....	60
Anexos.....	61
Proyecto: Desarrollo de Germoplasma de Habichuelas, <i>Phaseolus vulgaris</i> L., Biofortificada en la República Dominicana.....	72
Resumen Ejecutivo.....	73
1.0 Introducción.....	75
1.1 Antecedentes.....	75
1.2 Justificación.....	76
1.3 Objetivos.....	77
2.0 Descripción de Actividades Desarrolladas.....	77
2.1 Resultados 1: Mejoramiento Genético.....	77
3.0 Discusión de los Resultados.....	93
4.0 Conclusiones.....	95
5.0 Recomendaciones.....	96
Anexos.....	97
Bibliografía.....	106
Glosario.....	111
Agradecimientos.....	115

El material consignado en este documento puede ser reproducido por cualquier medio, siempre y cuando no se altere su contenido. El CONIAF y el IDIAF agradecen a los usuarios incluir el crédito correspondiente en los documentos y actividades en los que se haga referencia a esta publicación.

Cita correcta:

IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales). 2015. Socialización de Resultados de Investigación de Tres Proyectos en Habichuela. Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF). Santo Domingo. DO. 116 p.

AGRIS: F30; H20; H10

Descriptores: Frijol (*Phaseolus*); Mejora genética; Variedades; Genotipos; Rendimiento; Enfermedades de las plantas; Virus de las plantas; Geminivirus; Resistencia a agentes dañinos; Resistencia a la sequia; Semilla

ISBN:

Coordinación general:

Julio Nin
Yoni Segura
Juan Arias

Edición/Revisión:

José Cepeda Ureña

Fotos:

Julio Nin
Juan Arias
Yoni Segura
Ana Mateo

IDIAF 2015

La ejecución de los proyectos presentados en este documento fue financiada con fondos del Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF) y una contrapartida del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)

Impreso en: HD GRAPH ESTUDIO GRAFICO
Santo Domingo, República Dominicana

Investigadores participantes

Ing. Julio Nin
Ing. Yoni Segura
Ing. Juan Arias
Dra. Graciela Godoy de Lutz, Ph D
Ing. Agron. Ana Mateo, MSc

Colaboradores

Lic. Juan A. Cueto
Dr. Ruly Nin
Lic. María Fragoso

Instituciones participantes

Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)
Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF)

Notas:

1. Las opiniones emitidas en los proyectos son de la exclusiva responsabilidad de los autores de cada sección de este documento.
2. En la sede del CONIAF en Santo Domingo reposan los informes finales completos de cada proyecto, aquí se presentan las versiones abreviadas. Los informes completos están disponibles, según solicitud de los interesados.



Presentación

El CONIAF es una institución estatal que tiene como pilares estratégicos la investigación y capacitación agropecuarias entre otros. Una vez que una investigación financiada y acompañada por el CONIAF ha finalizado, la institución pone a disposición del público los resultados de la misma, tanto en forma escrita como a través de eventos de socialización que cuentan con la asistencia de técnicos y agricultores. En esta ocasión, estamos presentando el documento titulado “Socialización de Resultados de Investigación de Tres Proyectos en Habichuela”, el cual fue elaborado por técnicos de la Estación Experimental Arroyo Loro del IDIAF. Con este documento, tanto el CONIAF como el IDIAF ponen a disposición del público informaciones relacionadas con el mejoramiento genético de la habichuela, las fortalezas y debilidades del uso de semilla de habichuela y guandul en San Juan y la nueva tendencia a producir variedades de frijol que sean más ricas en hierro y zinc. Estos dos últimos son microelementos que potencializan el desarrollo de los niños y la salud humana, en sentido general. Vale decir, que el enriquecimiento en hierro y zinc se logra no con productos químicos aplicados al cultivo sino a través de la herencia genética, logrando que las nuevas variedades tengan una mayor habilidad para extraer estos nutrientes del suelo y que los acumulen en el grano. En ese sentido, se presentan aquí los logros del proyecto sobre biofortificación de las semillas de frijol. Esos logros trascienden la agronomía, puesto que una población mejor alimentada es más saludable y por ende se propician indirectamente beneficios económicos en las familias dominicanas. También se ofrecen logros importantes sobre tolerancia a enfermedades que durante los últimos años han sido importantes en el Valle de San Juan. Estas informaciones están contenidas en el proyecto “Líneas avanzadas de habichuela con resistencia a limitantes bióticas desarrolladas en el proyecto Bean/Cowpea CRSP”. De este último proyecto también se obtuvo una nueva variedad llamada DPC-40, de excelente comportamiento tanto en R.D. como en Haití.

Este documento está estructurado en tres partes, en donde cada una es un compendio del informe final de cada proyecto entregado al CONIAF. Con esos tres proyectos se busca aportar soluciones a favor de los productores de habichuela y guandul de nuestro país. De esta manera, el CONIAF cumple con la ley 251-12 fortaleciendo el sistema agropecuario, forestal y ambiental de la República Dominicana.

Ing. Juan Chávez, MSc
Director Ejecutivo



Generación de Líneas Avanzadas de Habichuela con Resistencia a Limitantes Bióticas Desarrolladas en el Proyecto Bean/Cowpea CRSP



Autores
Ing. Juan Antonio Arias Mateo
Dra. Graciela Godoy de Lutz
Ing. Yoni Guarionex Segura Pérez

Resumen Ejecutivo

La habichuela o frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más importantes para la nutrición, seguridad alimentaria y la diversidad en los sistemas agrícolas en la República Dominicana. Este cultivo desempeña un papel importante en la economía de la Región Suroeste y fronteriza, en la cual la provincia de San Juan se destaca por ser la mayor productora de granos y semilla de este cultivo. Actualmente, el cultivo se encuentra en una situación de alto riesgo, ya que la siembra de variedades de otros tipos comerciales, tales como 'yacomelo', 'pinto', 'blanca' y 'negra' desarrollados en Estados Unidos y Canadá han desplazado las variedades locales tradicionales tipo 'rojo moteado'. Por estas razones, el cultivo en general ha aumentado su vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, así como a múltiples enfermedades tanto endémicas como de reciente aparición.

En el 2007, al finalizar el Proyecto Internacional Colaborativo Bean/Cowpea CRSP (Título XII) se dejó a disposición de los investigadores de la Estación Experimental de Arroyo Loro en San Juan una colección de semillas de habichuela producto de cruces de frijol con amplia base genética. A partir de esta colección se podría obtener una diversidad de líneas de coloración variada que de ser evaluadas y desplegadas en las zonas de producción garantizarían la durabilidad de la resistencia a factores bióticos y abióticos y la sostenibilidad de la producción en el cultivo a pesar de las limitantes ya mencionadas. De esto último, trata el presente proyecto.

En el presente trabajo se tuvo como meta la evaluación y selección de las mejores líneas con las características agronómicas y comerciales adecuadas bajo condiciones de alta presión de enfermedades en la zona de San Juan. El proyecto contó con la colaboración del Dr. James Beaver de la Universidad de Puerto Rico, recinto de Mayagüez, quien desarrolló las poblaciones de cruces múltiples que incluyeron la base genética de la colección criolla 'Pompadour', como fuente para adaptación a las condiciones ambientales locales. Los logros obtenidos en este proyecto fueron: 1) La liberación de la variedad negra "DPC-40 IDIAF", resistente a los virus VMDAF (Virus del Mosaico Amarillo del Frijol), VMCF (Virus del Mosaico Común del Frijol) y VMNCF (Virus del Mosaico Necrótico Común del Frijol) y obtenida durante el período final del proyecto; 2) el rescate y renovación de las variedades criollas 'rojo moteada' de la colección 'Pompadour' ampliada; 3) la publicación digital, disponible en la red, del primer compendio del manejo integrado del cultivo en la República Dominicana y 4) la obtención de cinco líneas de color blanco con altos niveles de productividad y resistencia a los virus VMDAF, VMCF y VMNCF, y los hongos que causan roya y mildiú polvoso.

Estas líneas pueden ser utilizadas como fuentes de resistencia genética para programas locales o internacionales de mejoramiento varietal ó para siembra directa por los productores de la región para consumo directo o para la industria de enlatados.



1.0 Introducción

2.0 Estrategia de Ejecución
de las Actividades

3.0 Resultados Logrados

4.0 Conclusiones

5.0 Recomendaciones

Anexos

1.0 INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La habichuela o frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo básico para la seguridad alimentaria en la República Dominicana, ya que aporta un 35% de proteínas y es fuente importante de energía (340 cal/100 g). Esta leguminosa es la fuente más barata y accesible para suplir la deficiencia de micro nutrientes y vitaminas, lo cual es una amenaza para la salud de las poblaciones empobrecidas de Latinoamérica y el Caribe (Rondini et al. 2012). A pesar de los logros tecnológicos alcanzados con la ayuda de proyectos colaborativos como el Bean/Cowpea CRSP, finalizado en el 2007, la producción y productividad nacional ha decrecido por causas diversas, tales como: el uso de semilla de baja calidad, falta de un programa nacional de multiplicación de semillas de variedades puras, la apertura de importaciones masivas por el tratado DR-CAFTA que coinciden con el período de cosecha local, y los problemas fitosanitarios, entre otros.

Actualmente, el cultivo del frijol se encuentra en una situación de alta vulnerabilidad a limitantes bióticas presentes en el país, ya que se ha incrementado la siembra de variedades de tipo 'pinto', 'negra' y 'yacomelo', introducidas desde el Canadá y Estados Unidos, a la provincia de San Juan para competir con el mercado de importación. Estas variedades han sido desarrolladas en otras latitudes diferentes de la República Dominicana, por lo que no poseen genes de adaptación o resistencia; o bien incapaces de expresarse en el ambiente de San Juan, lo que las hace más susceptibles a las principales plagas y enfermedades que prevalecen en la zona y otras zonas de producción de frijol en el país.

A la siembra con estas variedades importadas se le agregan los efectos del cambio climático y la introducción de cultivos alternativos hortícolas que favorecen altas poblaciones de insectos portadores de enfermedades y la ocurrencia de nuevas enfermedades y razas patogénicas más agresivas que han sido reportadas (Godoy et al. 2003, 2004; Araya, 1996; Jochua et al. 2008).

La estrategia más práctica y viable para propiciar que la siembra de frijol sea una actividad rentable y más competitiva, es el despliegue de genes de resistencia en variedades mejoradas, o sea, el control genético que es uno de los componentes del manejo integrado más efectivo para el control de las enfermedades del frijol. Las variedades mejoradas con genes de resistencia son de fácil adopción por los productores locales, además, contribuyen a reducir los costos de producción y proteger el medio ambiente al reducirse la necesidad de pesticidas y mano de obra.

Las principales enfermedades del frijol en el país han sido documentadas por Arias et al. (2003), Arnaud-Santana et al. (1991); Coyne et al. (2003), Godoy-Lutz et al. (1996), Saladín (1994) y Segura et al. (2002). De éstas se han seleccionado tres enfermedades consideradas entre las más limitantes, que han causado pérdidas millonarias en la región de Centro América y el Caribe, Choto et al. (1993). Entre éstas se señala el Virus del Mosaico Dorado Amarillo del Frijol (VMDAF) causado por una especie de virus del género Begomovirus (ICTVdB, 2006) que es transmitido de manera semi-persistente y persistente (la transmisión ocurre 15 días o más después de la adquisición) por dos biotipos de la mosca blanca Bemisia tabaci (Saladín y Morales, 2000).

El virus del Mosaico Dorado Amarillo del Frijol (VMDAF): es la enfermedad de mayor impacto económico, ya que en años de infestación severa, en la década de los 90, las pérdidas del cultivo se estimaron en US\$30 millones (valor de un dólar en 1994= RD\$12-13.00) (Saladín, 1994). En los últimos años, el VMDAF se ha manejado por medio de un paquete tecnológico que incluye el cambio de fecha de siembra y la veda a hospederos del insecto vector (Coyne et al. 2003). Sin embargo, la ocurrencia de brotes de VMDAF en el Valle de San Juan (VSJ) en el 2006 y 2008 ponen de manifiesto la debilidad en el cumplimiento de estas medidas, ya que las nuevas tendencias del mercado internacional inducen a los productores locales a sembrar cultivos hortícolas. Muchos de estos hortícolas son hospederos del insecto vector del VMDAF y, se siembran en los periodos de veda, además, ellos siembran variedades de habichuela susceptibles hasta en tres períodos de siembra, en vez de uno, que es lo que se recomienda para reducir las poblaciones de la mosca blanca.

En los últimos años se ha logrado un control más efectivo del VMDAF por medio de la resistencia genética. La fuente de resistencia más desplegada a esta enfermedad ha sido por medio de un gen recesivo bgm-1 derivado de un cultivar nativo de México que condiciona una resistencia parcial al virus (Blair & Beaver, 1993).

Raíz negra: otra enfermedad importante es el Virus del Mosaico Necrótico Común del Frijol (VMNCF), del grupo de patógenos llamados potyvirus, que junto al Virus del Mosaico Común del Frijol (VMCF) son virus de importancia cuarentenaria. El VMCF posee cuatro razas y el VMNCF posee tres, ambos son naturalmente transmitidos por áfidos de una manera no persistente, y también por semilla lo que hace que estén distribuidos a nivel mundial (Morales, 1998). Dos tipos de síntomas se pueden inducir por estos virus dependiendo de la combinación hospedero-genotipo-virus: mosaico y necrosis sistémica ("raíz negra"). En base a muchos estudios se ha determinado que las razas del VMNCF son más virulentas que las del VMCF.

El Virus del Mosaico Necrótico Común (VMNCF): causa síntomas como achaparramiento de la planta afectada, mosaico en las hojas, reducción en el número y tamaño de las hojas, número de semillas por vainas, disminución del tamaño y peso de las semillas en variedades que no poseen el gen dominante I. Cuando las variedades poseen este gen, el virus induce una reacción de hipersensibilidad de necrosis sistémica conocida como la “raíz negra” (Morales, 1989; Allen et al. 1998). En 1999 se detectó por primera vez la sintomatología conocida como “raíz negra” en parcelas de productores del Valle de San Juan y dos años más tarde se reportó la ocurrencia de los mismos síntomas en otras zonas de producción de frijol en Elías Piña, Azua, San Rafael del Yuma y en Haití.

En las cosechas de frijol del 2001-2003 se estimaron pérdidas de un 100% en campos de multiplicación de la variedad Arroyo Loro Negro en seis localidades de la provincia de San Juan (Segura et al. 2002). Para las cosechas 2002-2004 se eliminaron 5 toneladas de semillas básicas infectadas con el VMNCF con fines de reducir la diseminación del mismo (Godoy et al. 2004). Debido a la aparición de esta enfermedad se redujo el área de siembra de variedades de tipo negro como la “Arroyo Loro Negro” en todas las zonas de producción del país.

Las medidas de control con insecticidas que fueron desplegadas fueron inefectivas y costosas debido a la capacidad del vector en adquirir y transmitir el virus en menos de 30 segundos (Morales, 1998). Para el 2010, todas las variedades comerciales locales e introducidas eran susceptibles al VMNCF.

Roya del frijol: La tercera enfermedad de importancia económica en el frijol es la roya causada por un hongo llamado *Uromyces appendiculatus* que causa epidemias periódicas en el Valle de San Juan, reduciendo la productividad del frijol entre 8 y 33 libras/tarea (de 60–240 Kg/ha), en variedades rojo moteado como la “PC-50” y “Pompadour Checa” (Arias et al. 2002) y entre 14 y 70 libras por tarea (100-500 kg/ha) en las variedades de coloración negra y blanca (datos sin publicar por los autores). Cuando la enfermedad es severa y ocurre temprano en el ciclo, aumenta la evapotranspiración del cultivo, por lo que se requiere mayor frecuencia de riego (Duniway & Durbin, 1971; Tissera & Ayres, 1986). Se ha visto que, a veces, durante el crecimiento del frijol los productores aplican fungicidas sistémicos, los cuales son aplicados tanto como preventivos así como curativos, en dosis y frecuencia que sobrepasan las recomendaciones de los fabricantes. Esta práctica aumenta los costos de producción, y puede causar fototoxicidad en algunas de las variedades locales; además de otros efectos no deseados en el ambiente. Las variedades de tipo ‘rojo moteado’ como la “PC-50” y “Pompadour checa” fueron resistentes a las razas de roya predominantes durante la década de 1980, pero la resistencia ha sido superada por poblaciones de roya más virulentas identificadas en años recientes.

Para el manejo de la roya en los países tropicales se recomienda la resistencia genética ya que es más barata y ambientalmente amigable (Mmbaga et al. 1996).

En los últimos años, debido a las innovaciones en las metodologías de selección basadas en los estudios del genoma de habichuela, el equipo de mejoradores de frijol de Puerto Rico, Centroamérica y el Caribe ha obtenido líneas avanzadas de alta productividad y coloración variada con genes múltiples a enfermedades como las antes mencionadas (Beaver et al. 2003, 2011; Prophete et al. 2014). Estas líneas, que en adición contienen parte de la base genética para factores abióticos, como baja fertilidad, sequía y altas temperaturas, han sido evaluadas en el Valle de San Juan donde predominan una diversidad de plagas y enfermedades en adición a los virus endémicos y la roya. Es importante destacar, que las líneas de mejor comportamiento obtenidas en este proyecto serán desplegadas para ampliar la base genética del cultivo que ha sido erosionada en los últimos años y por eso algunas variedades importadas y criollas muestran debilidades frente a plagas y sequías. Este trabajo ayudará a superar esta situación.



1.2 JUSTIFICACIÓN

El cultivo del frijol común es importante desde el punto de vista social y económico en la Región Suroeste, ya que abarca más de 35,000 productores e involucra unos 100,000 trabajadores anualmente en la región (SEA-IICA-CNC, 2007). Durante el período del cultivo se siembran más de 198,000 tareas (12,500 ha) y se estimula la economía, ya que se generan unos RD\$1,000 millones en la provincia de San Juan (Manuel Matos, presidente Comité Agropecuario Unitario, comunicación personal). Durante los últimos años, el frijol ha sido menos rentable por varios factores entre los que se encuentra la vulnerabilidad a las enfermedades y a la siembra de variedades tipo 'pinto' y 'yacomelo' (cranberry), que se trajeron para competir con el mercado importador de esos tipos de frijoles. Estos hechos han aumentado el riesgo a pérdidas totales en parcelas de productores pequeños y medianos. Un ejemplo es la pérdida ocurrida en la cosecha del 2006, cuando un 60% de las plantaciones en la zona sur del Valle de San Juan fueron totalmente destruidas por el VMDAF (Espinosa, 2006), perdiéndose unas 25 toneladas de granos y la inversión en insumos y en el dinero de los productores (Manuel Matos, comunicación personal).

La provincia de San Juan, debido a su ubicación geográfica y a las condiciones agroecológicas, social y económicas ha sido tradicionalmente la región de mayor producción de leguminosas como el frijol. En San Juan se siembra el 58% de frijol para consumo y un 80 % de la semilla que se siembra en todo el país (Arnaud et al. 1996; SEA-IICA-CNC, 2007). La provincia tiene un potencial para suplir de alimentos a Haití, cuyo mercado representa un intercambio (balanza comercial) favorable a la República Dominicana por un valor de US\$ 1,047.7 millones (Ruiz, 2014). La demanda de frijol de varios tipos de granos y semilla, especialmente negras, se ha incrementado a raíz de los desastres naturales y otros factores que limitan la producción de alimentos en Haití. En el 2009, la República Dominicana exportó 20 toneladas de habichuelas negras hacia Haití con un potencial de aumento a éste u otras islas del Caribe (Rubens, 2009). Una oferta continua de nuevas variedades mejoradas de frijol contribuiría a una mayor capacidad competitiva de los productores locales, mayor rentabilidad y la producción de frijol más inocuo y ambientalmente amigable.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo General

Aumentar la productividad, ayudar a estabilizar la producción y reducir la dependencia de pesticidas en el cultivo de la habichuela en la República Dominicana.

Objetivos Específicos

- a) Evaluación en vivero de líneas élite avanzadas de habichuelas con genes de resistencia bajo condiciones de alta presión de enfermedades y estrés abiótico (sequía, pobre fertilidad de suelos y otros).
- b) Evaluación de los rendimientos de líneas seleccionadas en parcelas de productores y en la Estación Experimental de Arroyo Loro.
- c) Liberación de la variedad de habichuela negra "DPC-40 IDIAF" con resistencia a los virus VMDAF, VMCF y VMNCF.



2.0 ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

2.1 Evaluación en Viveros

Se instalaron seis ensayos en la Estación Experimental de Arroyo Loro (EEAL) del IDIAF, ubicada en San Juan de la Maguana, los cuales fueron sembrados el 17 de Noviembre de 2010. Los tratamientos estaban constituidos por 28 líneas del tipo 'rojo moteado', 20 líneas 'blanca', 16 líneas 'pinto', 'cranberry' ('yacomelo') y 'blanca', 10 líneas 'rojo moteado' con resistencia al mosaico dorado amarillo, 8 líneas 'pinto' y la colección criolla 'Pompadour' para ser multiplicada. Estos viveros fueron establecidos con la finalidad de evaluar la tres enfermedades mencionadas anteriormente en los antecedentes.

Todos los materiales genéticos, excepto la colección criolla, procedieron del Programa de Mejoramiento Caribeño que ejecuta el Dr. James Beaver de la Universidad de Puerto Rico- Mayagüez. Estos materiales son líneas avanzadas desarrolladas por medios de alta tecnología para diversos genes y son simultáneamente evaluadas en Honduras y Haití con respecto a resistencia a las enfermedades como Roya y para una enfermedad conocida como Mancha Angular.

Las líneas de habichuela más arriba mencionadas fueron previamente evaluadas en Honduras para roya y mancha angular. La combinación de estos genes confieren resistencia a diversos virus, hongos, bacterias e insectos. Como variedades testigos (susceptibles de enfermarse) se incluyeron los tipos 'rojo moteados': "PC-50", "JB-178" y "Santa Fe"; blanca: "Morales" y "Verano"; 'pinto': "Kodiak", "Stampede" y "Belmidad-22"; 11 líneas en F9 para la evaluación de 'blanca y negra' y como testigo "Morales" y "Verano"; y "Aiiwi Wiriti", "Shania", "Loreto" y "Zorro" como testigos 'negros'; estas tres últimas fueron agregadas en el 2012.

Los viveros experimentales se sembraron bajo un diseño de bloques completamente al azar con 5 repeticiones. Las evaluaciones de enfermedades se realizaron bajo condiciones naturales y se colocaron hileras dispersoras con semilla de material negro infectadas con el Virus del Mosaico Necrótico Común del Frijol (VMNCF), otras hileras con plantas enfermas con mezclas de 'pinto' susceptibles a roya fueron inoculadas (asperjadas) desde la primera hoja con una dilución estándar de esporas de roya en agua destilada y un producto surfactante llamado Tween 20®. Esto último con la finalidad de tener presente las enfermedades que se deseaban evaluar en las líneas y variedades.

Para asegurar la fuente del virus del mosaico dorado amarillo se sembraron esparcidores de plantas susceptibles entre bloques en la parcela para evaluar la incidencia a esta enfermedad.

Para evaluar las enfermedades fungosas o bacterianas de acuerdo a su aparición se utilizó una escala de evaluación la cual se basó en una escala del 1 al 9 donde el uno (1) significa sin síntomas visibles de la enfermedad, el 3 con 5% del área foliar infectada, 5 con 10% infectada; el 7 con 25% infectada y el 9 con 50% o más infectada (Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987).

Para la evaluación de roya se utilizó la escala modificada de Cobb (Staveley, 1985) basada en el tamaño de la pústula y su concentración por centímetro cuadrado de hoja, donde: 1 significa Inmune, sin síntomas visibles; el 2 con punto necrótico o amarillo sin esporulación; el 3 con el signo de Uredinia menor a 300 μm día; 4 con el signo de Uredinia entre 300 - 500 μm día; el 5 con Uredinia entre 501 - 800 μm día; y el 6 con Uredinia mayor de 800 μm día. Las enfermedades de los virus, mosaico dorado amarillo y el mosaico necrótico común se evaluaron en base a número de plantas enfermas y la incidencia en base al % de plantas infectadas por parcela. Se cosecharon diez plantas por parcela por bloque para los cálculos de variables de reproducción. Las cosechas se realizaron los días 14, 17, 20 y 25 del mes de febrero de 2011 de acuerdo al periodo de maduración del tipo de habichuela.

Los viveros se sembraron de nuevo en los períodos de otoño de 2011-2012 y en el otoño de 2012-2013, y a partir de este último se seleccionaron las líneas de mejor comportamiento ante las enfermedades que se desarrollaron durante estos períodos de siembra. Las evaluaciones de los materiales de color negro fueron incluídas a partir del 2011 cuando se recibieron de la Universidad de Puerto Rico, incluyendo la variedad "DPC-40 IDIAF" como testigo. El establecimiento de los ensayos y la metodología de evaluación fueron similares a la descrita anteriormente.



Evaluación de enfermedades durante el desarrollo del cultivo. Estación Arroyo Loro, San Juan.

2.2. Evaluación de los Rendimientos

Para la evaluación final de los rendimientos se seleccionaron seis líneas de tipo 'rojo moteado', dos 'pinto', seis tipo 'blanca' y cuatro 'negra' excluyendo los testigos. Se instalaron dos ensayos en la localidad de Macotillo (comunidad de Sabana Alta, municipio de San Juan de la Maguana) y en la Estación Experimental de Arroyo Loro (EEAL); se evaluaron conjuntamente las líneas de tipo 'rojo moteado' y 'pinto' y en otro las líneas de tipo 'blanca' y 'negra' de acuerdo a su origen, ya que el número de líneas se redujo en base al comportamiento en los años anteriores en base a su reacción a las enfermedades. Es decir, líneas experimentales de habichuela que se enfermaron el año anterior fueron descartadas para ser estudiadas al siguiente.

Los ensayos fueron sembrados el 7 y 20 de Noviembre de 2013, respectivamente. Las líneas fueron seleccionadas en el período 2010-2011 y 2012-2013 en base a su reacción a enfermedades y su productividad ante éstas. La unidad experimental consistió de cuatro hileras de 3 m de largo (30 semillas/hilera). Los ensayos se ubicaron en suelo franco arcilloso arenoso de baja fertilidad y se aplicó la fórmula 16-20-0+5S a razón de 50 lb/ta (360 kg/ha) al momento de la siembra. Se hizo una aplicación adicional de sulfato de amonio 25 lb/ta (180 kg/ha) y sulfato de zinc 50 g/ha 20 días después de la siembra para suplementar deficiencias y lento desarrollo vegetativo que experimentó el cultivo sembrado en esa zona del campo de la EEAL y una finca de productor en Macotillo, respectivamente.

En la EEAL, se colocaron hileras dispersoras con semilla de material negro infectadas con Virus del Mosaico Necrotico Común del Frijol (VMNCF), otras hileras esparcidoras con mezclas de "Pinto" susceptibles a roya fueron inoculadas desde las primeras hojas con una dilución estándar de esporas de roya en agua destilada y Tween 20®. Para asegurar la fuente del virus del mosaico dorado amarillo se sembraron esparcidores de plantas susceptibles para evaluar la incidencia a esta enfermedad entre bloques en la parcela.

En Macotillo las evaluaciones de enfermedades se realizaron bajo condiciones naturales y no se realizaron inoculaciones o siembra de plantas enfermas infestadas. Para la determinación de los rendimientos y sus componentes se cosecharon treinta plantas por parcela por bloque en ambas localidades.

Las cosechas en Macotillo se realizaron los días 28 de enero y 7 de febrero de 2014 y en la EEAL se realizaron 4 y 14 de febrero de 2014 de acuerdo al período de maduración de variedades o tipos de habichuela.

2.3. Liberación de Variedad de Habichuela Negra “DPC-40 IDIAF”

Para la liberación de la variedad “DPC-40 IDIAF” se estableció una parcela demostrativa de 10 tareas (0.629 ha) en la Estación Experimental Arroyo Loro, a esta parcela se le dieron todas las labores de manejo recomendadas similar al indicado para los ensayos. En preparación para la liberación de la variedad “DPC-40 IDIAF” se elaboró un documento, el cual contiene las informaciones sobre las características botánicas, agronómicas y a enfermedades y datos de producción a nivel semicomercial y comercial. Este documento se entregó a los participantes en el día de campo y también al Departamento de Semillas del Ministerio de Agricultura, organismo encargado de registrar las variedades.



3.0 RESULTADOS LOGRADOS

3.1 Evaluación de Viveros para el Primer Año: 2010-2011

En el primer año, 2010, se evaluaron seis ensayos con frijoles rojo-moteados, pintos, "Great Northern", y líneas blancas. Todos estos ensayos fueron ejecutados en la Estación Experimental Arroyo Loro. Durante el período del crecimiento del cultivo la enfermedad que ocurrió a nivel de todos los ensayos fue el mildiú polvoso. Esta enfermedad, por lo general, aparece al final del cultivo sin ocasionar reducción evidente en la producción. Para el período 2010-2011, sin embargo, el desarrollo de esta enfermedad empezó durante el crecimiento de las hojas causando un 100 % de infección en las líneas más susceptibles en respuesta a las condiciones ambientales de moderada a alta humedad relativa y temperaturas que fluctuaron entre 11-33 °C y baja luminosidad. Las condiciones ambientales previas al cultivo, por otro lado, no condujeron al desarrollo de la población de moscas blancas trasmisoras del virus VMDAF o áfidos que son los transmisores de los virus VMCF y VMNCF que producen las enfermedades que serían evaluadas durante este período. El mildiú polvoso, ocupó la mayor parte de la superficie de la hoja al inicio del desarrollo vegetativo lo que impidió el establecimiento de la roya y el posterior desarrollo de sus síntomas y signos (pústulas).

La alta incidencia y severidad de mildiú registradas durante el período de floración y llenado de vainas, que en algunos casos causó defoliación prematura, afectaron la producción en muchos casos por debajo de las líneas testigos en los ensayos con los tipos 'pinto', 'Great Northern' y 'rojo moteado' que son de origen Andino. Lo contrario se observó en el ensayo con líneas blancas de origen mesoamericano que mostraron altos niveles de resistencia al mildiú polvoso. Algunas de estas líneas blancas mostraron altos niveles de resistencia a roya y otras a roya y bacteriosis a la vez en Arroyo Loro.

Las líneas 'rojo moteado' obtenidas a través del cruce con "PR9745-140/BRB-198" con genes de resistencia bgm-1 fueron las más susceptibles al mildiú polvoso en términos de síntomas. La defoliación, que es el síntoma más severo en esta enfermedad ocurrió durante el llenado de vainas y esto se reflejó también en la producción, ya que hubo diferencia significativa entre éstas y las variedades comerciales testigos. Las variedades que presentaron una defoliación severa fueron eliminadas y discontinuadas para usar en los ensayos del año siguiente debido a su alta vulnerabilidad y predisposición a la defoliación, que por lo general ocurre también a altos niveles de infección por roya.



Desarrollo de mildiú polvoso en el follaje y vainas de líneas de habichuela tipo rojo moteadas susceptibles. Lugar: Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan.



Defoliación prematura en líneas susceptibles del tipo 'Pinto' causada por mildiú polvoso en la Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan.

Otra enfermedad que se desarrolló durante el período 2010-2011, aunque de manera tardía, fue la bacteriosis común que afectó algunos de los tipos 'rojo moteado', 'pinto' y 'Great Northern', los cuales también fueron muy susceptibles al mildiú polvoso, por lo cual fueron eliminados. Aunque los niveles de incidencia del VMDAF y el VMNCF fueron mínimos para una evaluación completa, las líneas que mostraron síntomas de raíz negra o dorado amarillo fueron excluidas para los estudios de años siguientes

3.2 Resultados Segundo Año: 2011-2012

Los resultados de las evaluaciones correspondientes a los cuatro ensayos para evaluar el comportamiento de líneas 'rojo moteado', 'blanco', 'negro', 'pinto' y 'Great Northern' combinados, fueron también ejecutados en la Estación Experimental Arroyo Loro (EEAL). Al igual que en el período de crecimiento del cultivo del 2010/2011 la enfermedad más prevalente en todos los ensayos fue el mildiú polvoso. Para noviembre de 2011, las condiciones ambientales previas al cultivo, tales como temperaturas moderadas y alta pluviometría no fueron favorables a un mayor desarrollo de poblaciones de moscas blancas ni de áfidos, ni para la expresión de síntomas de las enfermedades transmitidas por ellos.

Los datos de severidad del mildiú y la producción de las líneas de diferentes coloraciones de los períodos 2010-2011 y 2011-2012 fueron analizados estadísticamente y se encontró que a altos niveles de la enfermedad se registran bajos niveles de productividad, como era de esperarse.

Las líneas 'rojo moteado' obtenidas a través del cruce con la línea de habichuela codificada como "PR9745-140/BRB-198" con genes de resistencia bgm-1 a mosaico dorado amarillo del frijol y las de tipo 'pinto' y 'Great Northern' fueron las más susceptibles al mildiú. La defoliación, que es el síntoma más severo del mildiú, ocurrió durante el llenado de vainas y esto se reflejó también en la producción ya que hubo diferencias significativas entre éstos y las variedades comerciales testigos.

3.3 Resultados del Tercer Año: 2012-2013

Los resultados de las evaluaciones correspondientes a los cuatro ensayos, con un número menor de líneas, para evaluar el comportamiento de líneas blancas, negras, rojo moteado y pinto fueron realizados en la EEAL y las líneas fueron sembradas en noviembre de 2012. Durante este período se continuó evaluando la reacción a los parásitos obligados que causan la roya y el mildiú, esta última la más predominante, al igual que en los dos períodos anteriores. La mayor incidencia de la roya se presentó en las líneas y variedades de origen mesoamericano de color negro y algunas líneas de color blanco, sin embargo, el desarrollo de las mismas ocurrió en el período post floración y durante el llenado de vainas, por lo que su efecto no fue significativo. No se observó el desarrollo de enfermedades virósicas en las parcelas experimentales. A partir de este año se hizo una selección más estricta para solo seleccionar las mejores líneas evaluadas durante los tres periodos anteriores.

3.4 Evaluación de Rendimientos

Los resultados correspondientes a la evaluación de los rendimientos de las líneas seleccionadas como las de mejor comportamiento están resumidos en los anexos 1 al 4. Contrario a los tres años anteriores, las enfermedades virósicas tales como el mosaico dorado amarillo y el mosaico necrótico común presentaron una mayor incidencia en todas las parcelas experimentales en la EEAL. Allí se utilizaron bordes esparcidores con plantas ya enfermas que promovían las infestaciones de virus si las condiciones climáticas favorecían la diseminación y aumento de las poblaciones de insectos transmisores, respectivamente.



*Síntomas de necrosis de planta
causados por el virus del Mosaico
Necrótico Común en variedades
susceptibles criollas negras.
Estación Experimental de Arroyo
Loro, San Juan.*

Igualmente, se observó una mayor incidencia de roya aunque al igual que el año anterior las más afectadas fueron las variedades testigo de origen mesoamericano de color negro y blanco, las cuales también desarrollaron un tamaño mayor de las pústulas con abundante esporulación.

Para las líneas rojo moteado y pinto no se obtuvo ninguna relación entre la roya y la producción, ya que el desarrollo de la misma fue mínimo y la sintomatología se observó durante el llenado de vaina, es decir, muy tarde para dañar al cultivo.

Las altas temperaturas registradas durante el verano del 2013 contribuyeron a un aumento de la población de áfidos y moscas blancas y la subsecuente transmisión de los virus que causan el Mosaico Dorado Amarillo y el Mosaico Necrótico Común durante el desarrollo del cultivo. En años anteriores, no había sido posible la evaluación de las líneas de habichuela a estas enfermedades debido a la baja presión de la enfermedad durante el período de crecimiento y desarrollo.



Pústulas de roya en hojas de una variedad susceptible blanca. Estación Experimental de Arroyo Loro, San Juan.

Las líneas de habichuela experimentadas que mejor comportamiento presentaron en cuanto a enfermedades y producción fueron las líneas de color blanco codificadas como PR0806-80, 81, 82, 83, 84 y 85 obtenidas de los cruces de líneas múltiples entre PR0301-181/ BelmidakRMR12.



Líneas de habichuela blanca que mostraron la mejor adaptación y resistencia a los virus del mosaico dorado amarillo, mosaico necrótico, así como al mildiú polvoso y a la roya durante los períodos del cultivo 2010-2014.

3.5. Resultados de la Liberación DPC-40 IDIAF

Con los fondos de este proyecto se celebró un día de campo el 4 de febrero del 2010 en la Estación Experimental Arroyo Loro en San Juan para la liberación de la variedad "DPC-40 IDIAF". En este día de campo se destacó que esta variedad es la primera de todos los cultivos locales que se obtiene con la utilización de herramientas biotecnológica para acelerar el proceso de mejoramiento genético y obtener una variedad con características deseadas por los consumidores y productores. Los genes de resistencia de la variedad de habichuela fueron obtenidos de cruces realizados por el Dr. Jim Beaver de la Universidad de Puerto Rico.

La variedad fue denominada "DPC-40 IDIAF", en homenaje póstumo al Doctor Dermot Coyne, investigador de la Universidad de Nebraska, quien lideró el proyecto Bean/Cowpea CRSP (Título XII) de la Agencia de Cooperación Internacional de los Estados Unidos de América (USAID) y quién colaboró y contribuyó al desarrollo agrícola dominicano por más de 27 años.

También, con la variedad DPC-40, es la primera vez, a nivel de toda la región de Centro América y el Caribe, que se obtiene un material resistente a tres virus de la habichuela simultáneamente, estos son: Virus del Mosaico Común, Virus del Mosaico Dorado Amarillo y Virus del Mosaico Necrótico Común. Estos dos últimos, han sido responsables de pérdidas millonarias en la siembras de habichuela en la República Dominicana. Desde el 2010 al 2014 se sembraron más de 10,000 tareas (625 ha) de esta variedad en San Juan, con promedio de producción de 1.80 a 3.21 qq/ta (1309-2327 kg-ha) bajo manejo agronómico recomendado (E. Arnaud, asesor del Comité Agropecuario Unitario, comunicación personal).

Uno de los éxitos de esta variedad en el Valle de San Juan ha sido la producción de semilla destinada para Haití. En ese país, de acuerdo a informaciones provenientes al Departamento Nacional de Semilla, la variedad "DPC 40 IDIAF", tiene el mejor comportamiento productivo de las variedades de habichuelas negras sembradas en Haití.

3.6 Discusión de los Resultados

Para aumentar la competitividad del cultivo de la habichuela o frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), en la República Dominicana es necesario desarrollar variedades de mayor productividad con resistencia a factores limitantes de origen biótico (como insectos y enfermedades) y abióticos (por ejemplo sequia y baja fertilidad de suelo).

Durante el período del cultivo del 2010-2014 en este proyecto se evaluaron 76 nuevas líneas de diversas coloraciones o tipos que poseen una o más combinaciones de genes de resistencia a las enfermedades de mayor importancia económica. Durante los estudios se observó una amplia gama de reacciones entre líneas susceptible a resistente a cinco enfermedades de importancia económica de la habichuela como son la Bacteriosis Común, Mildiú Polvoso, Roya, Virus del Mosaico Dorado Amarillo y Virus del Mosaico Necrótico Común. Estas enfermedades se desarrollaron en diferentes períodos con incidencia e intensidad variables. En el primer año, las condiciones ambientales favorecieron el desarrollo de epidemias del mildiú polvoso seguido de bacteriosis, aunque esta última no se observó en los años siguientes.

Al inicio del proyecto el objetivo principal era la evaluación de las enfermedades que causan pérdidas económicas del cultivo como son el VMDAF, VMNF y Roya, endémicas en la zona de San Juan, pero la aparición de epidemias severas de mildiú polvoso por dos períodos consecutivos y con la diversidad genética de las líneas evaluadas fue posible determinar una relación directa entre la severidad de la enfermedad y la producción en las líneas de tipo 'rojo-moteado', 'pinto' y 'yacomelo' del acervo andino. El mildiú polvoso es causado por el hongo llamado *Erysiphe polygoni* y en otros países, en epidemias severas, se han estimado pérdidas de 17-69% de la cosecha (Swartz et al. 1981). Los resultados obtenidos en los años de mayor severidad del mildiú en R.D. se obtuvieron resultados similares a esos en cuanto a porcentajes de pérdidas en las líneas y variedades susceptibles.

Una de las limitantes para la evaluación y selección de resistencia al mildiú por parte de los investigadores es que el hongo como parásito obligado no crece en medio de cultivo, por lo que la producción de inóculo se hace en plantas vivas y las condiciones en el invernadero para su desarrollo y para evaluar la enfermedad requiere de condiciones y equipos especiales para realizar inoculaciones artificiales (Leitao et al. 2013)

En el caso de la roya se han caracterizado 14 genes y se tiene un mapa genético de su localización en los cromosomas (Kelly et al. 2003; Kelly, 2004; Miklas et al. 2006; Singh & Schwartz, 2010) y sus respectivos marcadores moleculares, lo que facilitan la selección de plantas resistentes en generaciones tempranas (Miklas et al. 2006).

Durante el período 2013-2014 se registraron mayor número de días con temperaturas mayores de 30° C lo que favoreció la manifestación de síntomas del mosaico dorado amarillo y la necrosis sistémica en las líneas que poseen el gen I solo. Hay un gen llamado gen bc3, el cual confiere resistencia contra todas las razas del Virus del Mosaico Necrótico Común del frijol, enfermedad endémica en la isla de La Hispaniola. Por otra parte, en las parcelas sembradas con las líneas rojo moteadas codificadas como 'PR-0661-77,-80' y 'PR 0808-2' que poseen el gen de resistencia bgm-1 para el Virus del Mosaico Dorado Amarillo del frijol se observaron plantas con sintomatología típica del mismo. En vista de que pasaron tres años purificando estas líneas, se puede especular la presencia de otro virus o el desarrollo de nuevas cepas del mismo que se sobrepongan a la resistencia de este gen bgm-1. Por tanto, se recomienda dar seguimiento a esta situación.



Síntomas del Virus del Mosaico Dorado Amarillo en hojas y vainas frijol susceptible. Estación Experimental Arroyo Loro, San Juan.

Durante los cuatro periodos de evaluación, de todas las líneas evaluadas, solo cinco de coloración blanca mostraron altos niveles de resistencia a las enfermedades mildiú polvoso, roya, mosaico dorado amarillo y mosaico necrótico común. Estas líneas fueron obtenidas del cruce de las líneas codificadas como "PR0301-181" con "BelmidakRMR 12" y poseen las combinaciones de genes que confieren resistencia a la roya, mosaico común, mosaico necrótico común y mosaico dorado, respectivamente.

En cuanto a la resistencia mostrada al mildiú polvoso se desconoce la fuente de la misma que puede estar relacionada al origen del acervo genético mesoamericano. Estas líneas son de hábito IIa y florecen entre 43-46 días después de la siembra con una producción promedio de 2.20 a 3.00 qq/ta (1587-2168 kg/ha) bajo condiciones experimentales en la Estación Experimental de Arroyo Loro y de 1.56 a 2.11 qq/ta (1137-1530 kg/ha) en suelos con baja fertilidad y poca aplicación de tecnología en Macotillo. Estas líneas estarán disponibles como fuente de resistencia para los programas de mejoramiento nacional e internacional así como para los productores de la región suroeste de la R.D.

En adición a la obtención de estas líneas resistentes se obtuvieron otros productos importantes de este proyecto como fueron:

- a) La liberación de la variedad negra “DPC-40 IDIAF”, resistente a los virus VMDAF, VMCF y VMNCF.
- b) El rescate y renovación de la colección de habichuela “Pompadour” ampliada.
- c) Y la publicación digital disponible en la red del primer compendio sobre el manejo integrado del cultivo en la República Dominicana.

Tablas conteniendo ejemplos de las evaluaciones de líneas y variedades en cuanto a tolerancia frente a enfermedades y el rendimiento respectivo se presentan en los anexos 1 al 4 del presente documento. Datos completos de las evaluaciones de campo correspondientes a los cuatro años de evaluación se encuentran en el informe final de este proyecto disponible en el CONIAF.



Características agronómicas desplegadas por la variedad “DPC-40 IDIAF”, resistente a los virus VMDAF, VMCF y VMNCF, en parcelas experimentales en la provincia de San Juan.



Distribución de semilla de la variedad "DPC-40 IDIAF" del programa "Rapid Bean Technology Dissemination" de la Universidad de Michigan, EUA.

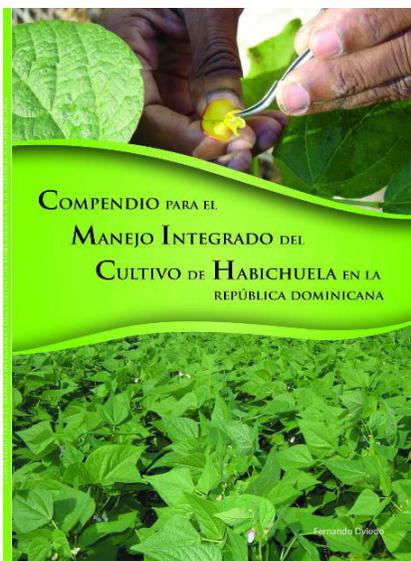
4.0 Conclusiones

1. Se determinó que existe una relación inversa entre la presencia de la enfermedad mildiú polvoso y la producción de habichuelas por lo que esta enfermedad puede causar pérdidas en años de alta infestación.
2. Igualmente, se determinó una relación inversa durante el periodo del estudio a la roya y la productividad en líneas de coloración blanco y negro que son las más susceptibles a la misma.

3. Entre todas las líneas evaluadas el mejor comportamiento a enfermedades y producción correspondió a las líneas de color blanco codificadas como PR0806-80, 81, 82, 83, 84, 85 procedente del cruce múltiple entre “PR0301-181/BelmidakRMR12”. Estas líneas mostraron resistencia a la roya, el mildiú polvoso, mosaico común, mosaico necrótico común y mosaico dorado amarillo. Debido a la alta susceptibilidad a una o más enfermedades, especialmente las causadas por virus, no se recomienda la utilización de germoplasma de la misma base genética evaluada en este proyecto para el programa de mejoramiento local. Sin embargo, si se incorporan nuevas metodologías de mejoramiento, unida a la selección asistida por marcadores moleculares, las líneas blancas procedentes del cruce múltiple entre “PR0301-181/BelmidakRMR12” pueden ser fuente de resistencia múltiple para el mejoramiento de variedades tipo yacomelo, pinto o rojo moteado para el mercado local y de exportación.

4. Mediante la ejecución de este proyecto se liberó la variedad de coloración negra “DPC-40 IDIAF”, siendo la primera variedad liberada a nivel de Centro America y el Caribe con resistencia a tres de los principales virus de importancia económica del cultivo de habichuela.

5. Con el financiamiento de este proyecto se pudo completar y publicar en la página web del IDIAF el primer compendio del manejo integrado del cultivo en la República Dominicana en versión digital. Esa publicación está disponible en la siguiente dirección de internet: <http://www.idiaf.gov.do/publicaciones/dpublicaciones.php?recordID=349>



Portada del documento digital “Compendio para el manejo integrado del cultivo de la habichuela en la República Dominicana”. Noviembre 2013. Autor principal: Ing. Fernando Oviedo. Co-autores: Dra. Graciela Godoy de Lutz, Ing. Juan Arias e Ing. Yony Segura.

6. En base a los resultados obtenidos en este proyecto y como consecuencia de los efectos del cambio climático, durante el periodo de siembra de habichuela se recomienda que las líneas o variedades que se liberen para siembra en la República Dominicana y Haití posean genes múltiples para enfermedades, especialmente que incluyan aquellas causadas por virus u hongos que causan pérdidas significativas en productividad.

5.0 Recomendaciones

- Promover ante las asociaciones de productores e instituciones ligadas al sector agrícola, el despliegue de la “DPC-40 IDIAF” y de las líneas de color blanco PR0806-80, 81, 82, 83, 84 y 85 obtenidas en esta investigación con resistencia a roya, mildéu polvoso, mosaico dorado amarillo y necrótico común en las zonas de mayor riesgo como las de la Región Suroeste.
- Recomendar a los investigadores el uso de la variedad “DPC-40 IDIAF”, la colección “Pompadour” renovada, y las líneas blancas como fuente de resistencia a las enfermedades antes mencionadas en cruces para mejoramiento varietal en la República Dominicana y Haití.
- Continuar con evaluaciones del material genético en el cultivo de la habichuela para sustituir las variedades comerciales por nuevas variedades con resistencia a las enfermedades evaluadas durante este estudio.
- Promover y distribuir a las instituciones públicas y privadas incluyendo bibliotecas, páginas web y centros de documentación agrícola, el documento titulado Manejo Integrado del Cultivo de la habichuela en la República Dominicana, para que el mismo sea la referencia para la adopción de prácticas agrícolas para aumentar la productividad y competitividad del cultivo en la República Dominicana.



ANEXOS

Período 2013-2014

Anexo 1 Comportamiento de líneas rojo-moteadas y pintas sembradas en noviembre de 2013 en ensayos en la Estación Experimental de Arroyo Loro, San Juan, República Dominicana.

Líneas	Color	BCMNV ³	BGYMV ⁴	Mildiú polvoso ¹	Roya ²	% Roya	Vainas/planta	Semillas/vaina	Peso (g/ 100 semillas)	Rend. ⁵ (kg/ha)
JB-178	RM	0	7	5	3,2	2	10.33	3.43	45.25	1717.30
Kodiak	P	2	2	6	4c,3,5	5	9.98	3.35	34.98	1890.13
PR-0661-77	RM	5	1	6	2	0.5	10.55	3.55	29.50	1481.85
PR-9745-232	RM	0	0	7	2,3	1	9.43	3.63	29.70	1306.75
PR-0808-2	RM	6	4	7	2,3	5	11.05	3.73	33.50	1465.50
PT-34	P	0	0	8	2	0.5	9.98	3.60	34.70	1925.08
PR-0661-76	RM	3	0	8	2,3	0.5	9.78	3.33	29.23	1401.88
Belmidak-22	P	0	13	6	2,3	0.5	10.68	3.58	39.28	1848.58
PR-0661-80	RM	2	4	6	2	0.5	10.40	3.63	30.23	1231.58
PT-48	P	0	0	5	3,4	1	9.83	3.48	30.28	1522.63
PR-0661-74	RM	3	0	5	2	0.5	9.60	3.48	28.93	1238.65
PC-50	RM	0	16	5	2,3	1	10.83	3.70	38.65	1947.58
Media							10.2	3.5	28.1	1581.5
DMS (0.05)							2.30	1.06	3.85	543.30
CV (%)							9.12	12.20	4.61	13.84

Mildiú polvoso (*E. polygoni*) escala de evaluación que se basa de 1-9 donde 1= Sin síntomas visibles de la enfermedad, 3= 5% del área foliar del trifolío infectado, 5= 10% infectada 7= 25% infectada y 9≥= 50% infectada (Schoonhoven et al. 1987) 2 Roya evaluación basado en tamaño de la pústula (1= Inmune, sin síntomas visibles, 2 = Punto necrótico o amarillo sin esporulación, 3= Uredinia < 300 μm día, 4= Uredinia 300 - 500 μm día, 5= Uredinia 501 - 800 μm día, 6= Uredinia > 800 μm día) C= halo clorótico. Evaluación de % de roya basada en la escala modificada de Cobb (Staveley, 1985) que estima número de pústulas por cm² de la hoja. 4 BGYMV: virus del mosaico dorado amarillo. 3 BCMNV: virus de mosaico necrótico común del frijol. Incidencia de BGYMV y BCMNV se refiere a número de plantas infectadas por plantas totales en parcela. Tipos: RM= rojo moteados, P=pintos. 5 Rendimientos equivalentes al 14% de humedad.

Anexo 2 Comportamiento de líneas negra y blanca sembradas en noviembre de 2013 en ensayos en la Estación Experimental de Arroyo Loro, San Juan, República Dominicana

Líneas	Color	Roya ¹	% Roya	BCMNV ²	BGYMV ³	Vainas/planta	Semillas/vaina	Peso (g/100 semillas)	Rend. ⁴ (kg/ha)
Zorro	N	4c,5c,5,4	25	14	1	13.1	5.3	15.7	1373.7
PR-0806-80	B	2	0.5	0	0	12.7	4.7	18.7	1587.7
Morales	B	3,4c,5	20	1	0	11.8	5.1	19.5	1687.9
PR-0806-82	B	2	0.4	0	0	16.4	6.2	18.7	1836.3
Aiifi-Wiriti	N	4c,5c,3	15	3	6	9.5	5.2	18.2	1389.5
PR-1165-20	N	4c,5,3	0.5	1	0	12.8	5.4	18.2	2132.5
PR-0806-85	B	2	0.5	0	0	15.1	5.1	20.8	2024.7
PR-0806-81	B	2	0.5	0	0	15.4	5.5	18.4	1805.6
PR-1165-17	N	4c,3,5	5	4	0	12.1	5.8	18.2	2043.2
DPC-40	N	4c,5,3	15	0	0	11.3	5.7	19.4	1518.8
PR-1165-18	N	2,3	1	5	0	10.5	4.9	19.2	1847.6
PR-0806-84	B	2	0.5	0	0	13.9	5.8	19.6	1873.8
PR-0806-83	B	2	0.5	0	0	13.6	5.6	19.1	2168.4
Verano	B	5c,6c,4,5	25	3	0	13.1	5.3	19.4	1910.6
Media						12.3	5.4	18.8	1800.0
DMS (0.05)						3.0	1.23	1.6	354.3
CV (%)						16.2	15.9	6.0	13.8

¹ Roya evaluación basado en tamaño de la pústula (1= Inmune, sin síntomas visibles, 2 = Punto necrótico o amarillo sin esporulación, 3= Uredinia < 300 µm día, 4= Uredinia 300 - 500 µm día, 5= Uredinia 501 - 800 µm día, 6= Uredinia > 800 µm día) C= halo clorótico. Evaluación de % de roya basada en la escala modificada de Cobb (Staveley, 1985) que estima número de pústulas por cm² de la hoja). ³ BGYMV: virus del mosaico dorado amarillo. ² BCMNV: virus de mosaico necrótico común del frijol. Incidencia (%), BGYMV y BCMNV se refiere a número de plantas infectadas por plantas totales en parcela. B=blanco, N=negro. ⁴ Rendimientos equivalentes al 14% de humedad.

Anexo 3. Comportamiento de líneas negras y blancas sembradas en noviembre de 2013 en ensayos en la localidad de Macotillo, San Juan, República Dominicana.

Líneas	Color	Roya ¹	% Roya	BCMNV ²	BGYMV ³	Vainas/planta	Semillas/vaina	Peso (g/ 100 semillas)	Rend. ⁴ (kg/ha)
Zorro	N	4c,5c,5,4	3	6	1	14,2	5,3	18,2	1257,2
PR-0806-80	B	2	0,5	0	0	13,9	5,6	20,2	1316,5
Morales	B	3,4c,5	0,5	0	0	13,8	5,2	22,2	1256,2
PR-0806-82	B	2	3	0	0	13,5	5,0	21,1	1137,6
Aiifi-Wiriti	N	4c,5c,3	5	3	2	10,7	5,4	24,6	1081,9
PR-1165-20	N	4c,5,3	0,5	0	0	10,3	4,9	21,9	1059,8
PR-0806-85	B	2	0,5	0	0	14,3	5,3	22,8	1475,3
PR-0806-81	B	2	1	0	0	15,6	5,9	20,6	1532,6
PR-1165-17	N	4c,3,5	7	3	0	11,1	5,5	23,2	1195,3
PR-1165-18	N	2,3	2	0	0	13,9	5,4	22,8	1548,1
PR-0806-84	N	2	0,5	0	0	14,6	4,9	22,1	1670,3
PR-0806-83	B	2	0,4	0	0	14,9	5,3	22,2	1491,6
Verano	B	5c,6c,4,5	10	3	0	14,9	5,9	21,7	1520,3
Media						13,3	5,3	21,8	1317,3
DMS (0.05)						3.9	1.39	1.91	476.3
CV (%)						20,5	18,2	6,1	25,2

¹ Roya evaluación basado en tamaño de la pústula (1= Inmune, sin síntomas visibles, 2 = Punto necrótico o amarillo sin esporulación, 3= Uredinia < 300 µm día, 4= Uredinia 300 - 500 µm día, 5= Uredinia 501 - 800 µm día, 6= Uredinia > 800 µm día) C= halo clorótico) Evaluación de % de roya basada en la escala modificada de Cobb (Staveley, 1985) que estima número de pústulas por cm² de la hoja. ³ **BGYMV**: virus del mosaico dorado amarillo. ² **BCMNV**: virus de mosaico necrótico común del frijol. Incidencia (%) de BGYMV y BCMNV se refiere a número de plantas infectadas por plantas totales en parcela. B=blanco, N=negro. ⁴ **Rendimientos** equivalentes al 14% de humedad.

Anexo 4. Comportamiento de líneas rojo moteadas y pintas sembradas en noviembre de 2013 en ensayos en la localidad de Macotillo, San Juan, República Dominicana.

Líneas	Color	Mildiú polvoso ¹	BCMNV ²	BGYMV ³	Vainas/planta	Semillas/vaina	Peso(g/100 semillas)	Rend. ⁴ (kg/ha)
JB-178	RM	3	0	1	6.0	3.4	41.9	995.6
Kodiak	P	5	0	0	11.8	4.3	39.2	1424.3
PR-0661-77	RM	4	0	0	8.8	3.5	33.7	1124.9
PR-9745-232	RM	3	0	0	9.0	3.8	33.9	1268.0
PR-0808-2	RM	3	0	0	8.3	3.4	39.5	1231.6
PT-34	P	5	0	0	10.7	3.7	37.5	999.5
PR-0661-76	RM	4	0	0	8.2	3.6	33.2	1156.1
Belmidak-22	P	4	0	0	9.9	3.8	39.1	1270.6
PR-0661-80	RM	3	0	0	9.2	3.5	34.7	1252.8
PT-48	P	6	0	0	9.7	3.5	35.7	904.3
PR-0661-74	RM	3	0	0	8.3	3.6	31.9	877.0
PC-50	RM	5	0	0	7.6	3.6	45.4	1797.2
Media					8.9	3.6	34.8	1191.8
DMS (0.05)					2.7	0.63	3.4	383.2
CV (%)					21.2	11.9	6.3	22.5

¹Mildiú polvoso (*E. polygoni*) escala de evaluación que se basa de 1-9 donde 1= Sin síntomas visibles de la enfermedad, 3= 5% del área foliar del trifolío infectado, 5= 10% infectada 7= 25% infectada y 9≥= 50% infectada (Schoonhoven et al. 1987). ³BGYMV: virus del mosaico dorado amarillo. ² BCMNV: virus de mosaico necrótico común del frijol. Incidencia de BGYMV y BCMNV se refiere a número de plantas infectadas por plantas totales en parcela. RM= rojo moteado, P= pinto. ⁴ Rendimientos equivalentes al 14% de humedad.



Campo experimental de habichuela

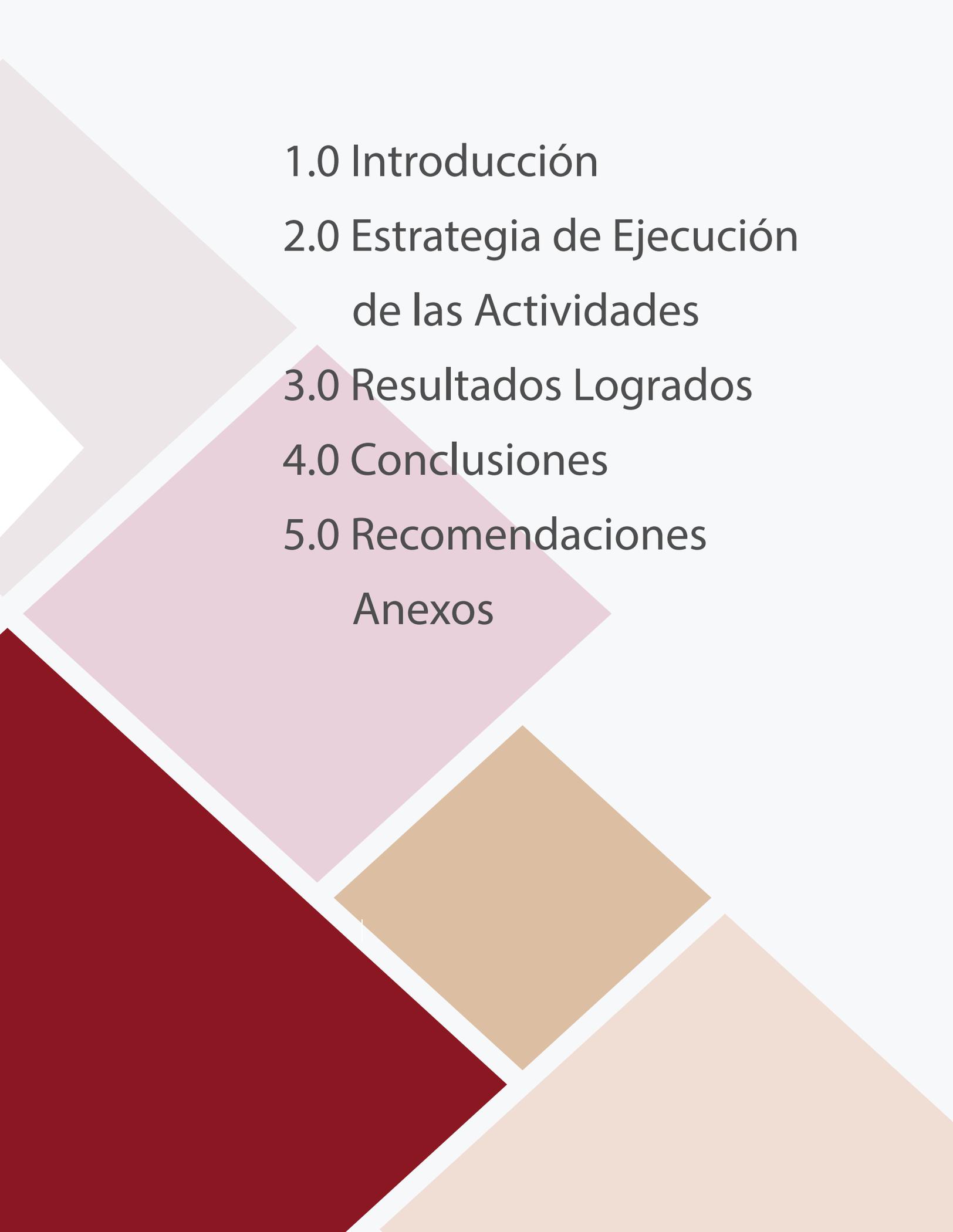
Diagnostico de la Calidad Sanitaria de la Semilla de Habichuela y Guandul en San Juan



Autores
Ing. Yoni Segura
Dra. Graciela Godoy de Lutz
Ing. Juan Arias

Resumen Ejecutivo

El frijol y el guandul son las leguminosas comestibles más importantes de la República Dominicana. La provincia de San Juan es la principal productora de granos y semilla de estos cultivos. Desde el 2004 el Ministerio de Agricultura transfirió a las asociaciones de productores de esta provincia la responsabilidad de la multiplicación y sanidad de la semilla de estas leguminosas, lo cual es una gran responsabilidad. Brotes epidémicos de enfermedades causados por virus, bacterias y hongos, han causado pérdidas económicas en ambos cultivos en los últimos años, especialmente en la Región Suroeste. La productividad se ha reducido en los últimos años por causa, en gran parte, a plagas y enfermedades, muchas de ellas de reciente introducción. La mayoría de estos patógenos son transmitidos vía semilla y han sido detectados e identificados en campos de productores de habichuela y de guandul. El presente proyecto muestra los resultados de los estudios de muestreos de semilla básica en los almacenes de productores o estatales, así como también de las comercializadoras de semilla en San Juan con la finalidad de detectar cual es la realidad de las enfermedades transmitidas por semilla. Del 2010 al 2013, en este proyecto, se muestrearon 130 lotes de semillas de habichuela de coloración variada y 22 lotes de guandul en almacenes de productores, comercializadoras y del Ministerio de Agricultura. En esta investigación se detectaron patógenos de importancia económica en un 66% de lotes de semillas de habichuela y en un 50 % de lotes de semillas de guandul. La germinación de la semilla fue afectada por la presencia de patógenos, de 37-100% en habichuela y 59-92% en guandul. Estos resultados indican que los lotes de semilla de habichuela y guandul examinados por este proyecto del 2010-2013 sobrepasaron los límites de niveles de patógenos permitidos de acuerdo a las normas internacionales de multiplicación de semilla básica. Las buenas prácticas de manejo del cultivo y la aplicación de procedimientos para la multiplicación de semillas sanitariamente aceptables son recomendadas para reducir la alta incidencia de enfermedades que se encontraron.



1.0 Introducción

2.0 Estrategia de Ejecución
de las Actividades

3.0 Resultados Logrados

4.0 Conclusiones

5.0 Recomendaciones

Anexos

1.0 INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

El frijol común *Phaseolus vulgaris* L. y el guandul *Cajanus cajan* (L.) Millsp. son las leguminosas comestibles más importantes de la República Dominicana y se siembran en una mayor extensión en la Región Suroeste. El Valle de San Juan (VSJ) es la zona de producción de frijol más importante; en éste se produce el 58% de frijol para consumo y un 80 % de la semilla que se siembra en la R.D. (Arnaud et al. 1997; SEA-IICA-CNC, 2007). El período de siembra del frijol para semilla es del 5 de noviembre al 15 de diciembre (Arnaud et al. 1996), lo cual coincide con las siembras comerciales del cultivo. La producción abarca a todas las variedades comerciales de coloración variada y la semilla se destina a todas las zonas productoras del país. El mercado de semillas con variedades de coloración negra incluye a Haití cuya demanda ha aumentado debido a los múltiples problemas alimentarios y de abastecimiento de insumos en el vecino país.

En pasadas décadas, la producción de semilla era responsabilidad del Departamento de Semilla de la Secretaria de Estado de Agricultura con asiento en San Cristóbal, donde operaba un laboratorio para análisis de calidad y sanidad de las semillas para varios cultivos. A partir del 2004, la responsabilidad de la producción de semillas de leguminosas, especialmente frijol, fue transferida al Consorcio Agropecuario Unitario (CAU) con sede en San Juan y que agrupa unas 16 asociaciones. El CAU realiza esta actividad bajo un esquema de pignoración en el que se toma en consideración la selección de las semillas adecuada a nivel de campo, basado en las características fenotípicas y de uniformidad genética de la variedad. Ni el CAU u otra compañía del sector privado llevan a cabo un programa de "certificación de semillas" enmarcado en los esquemas y protocolos internacionales para la producción de semillas de calidad. Además, el CAU no cuenta con laboratorios especializados para análisis de la calidad total o certificación de semillas. La supervisión del CAU de los campos de producción de semillas es de apenas el 40% del área de producción de las semillas producidas en la zona (José Adames Comas, comunicación personal). Eso quiere decir que aproximadamente un 60% de la semilla sembrada se queda sin supervisión profesional para su producción, y así llega a los agricultores.

La presencia de patógenos como hongos, bacterias y virus que son transmitidos vía semilla constituye una seria limitante a la productividad de cualquier cultivo. Muchas de las enfermedades importantes de las leguminosas son transmitidas vía semilla por lo que el examen sanitario de las mismas reduciría la diseminación de patógenos y los riesgos de pérdidas económicas (Aftab et al. 2005). Entre los hongos patógenos que se transmiten vía semilla y que pueden reducir el desarrollo de las plantas de frijol en sus inicios se encuentran generos llamados *Phomopsis*, *Sclerotium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, y *Macrophomina* entre otros (Allen et al. 1998; Schwartz et al. 2005). Los últimos cuatro géneros citados pueden causar podredumbre de las semillas antes o durante la germinación y tizones en plántulas de leguminosas (Schwartz et al., 2005). El hongo *Collectotrichum lindemuthianum* causante de la antracnosis en el frijol es eficientemente transmitido en las semillas (Allen et al. 1996; Schwartz et al. 2005).

Otros patógenos de importancia económica y cuarentenaria son las bacterias *Xanthomonas* y *Pseudomonas* (Gitaitis y Walcott, 2007). Ambas causan pérdidas considerables en la producción y calidad de las semillas. *Xanthomonas* ha causado daños severos a la producción de habichuela en el país, especialmente en períodos de alta pluviometría (Coyne et al. 2003). Debido al impacto que causan las enfermedades bacterianas, porque no existen medidas de control adecuadas y pocas fuentes de resistencia, se recomienda el manejo de estas enfermedades con programas de prevención, mediante la siembra de semillas certificadas (libres de bacterias) (Gitaitis y Walcott, 2007; Schwartz, et al., 2005). En cuanto a la transmisión de virus por semillas de frijol, los principales son el virus del mosaico común, el mosaico necrótico común y mosaico del pepino, todos de distribución mundial en zonas frijoleras y que reducen la producción y calidad de las semillas de leguminosas y otros vegetales (Aftab et al. 2005). Cuando estos virus se establecen en las zonas frijoleras son diseminados de manera secundaria por insectos chupadores como los áfidos a otros cultivos hortícolas o a malezas que sirven de reservorio donde permanecen sin producir síntomas hasta la próxima siembra (Morales, 1988; Brunt et al. 1996: ICTVdB, 2006a; 2006b).

Debido al impacto que causan las enfermedades causadas por bacterias y virus, el hecho que no existen medios de control efectivos y son pocas las fuentes de resistencia, se recomienda el manejo de estas enfermedades con programas de prevención con siembra de semillas certificadas (Schwartz et al. 2005; Verma y Sharma, 1999).

Además, la semilla de mala calidad puede introducir una enfermedad devastadora o nuevas razas de patógenos a otras regiones donde no existen. La semilla infectada también tiene una longevidad de almacén más reducida además de un mayor riesgo de contaminarse con otros microbios y reducir su valor nutricional (Charya y Ready, 1979; Maury et al. 1998). Por ejemplo, en 1999 se detectó un potyvirus, el virus del mosaico necrótico común (VMNCF). La fuente del virus se encontró en lotes de semillas básicas distribuidos por la SEA (Segura et al. 2002). En el 2003, lotes de un total de 10,000 qq de semillas contaminadas fueron eliminadas de los almacenes del Ministerio de Agricultura (antigua Secretaria de Agricultura) por recomendaciones del equipo de Protección Vegetal de la Estación Experimental de Arroyo Loro debido a que los focos de infección inicial fueron detectados en parcelas de producción de semillas en VSJ. Se recomendó el monitoreo regular para detectar su presencia en lotes de semillas (Godoy et al. 2004).

Debido a un aumento de las enfermedades del tallo y la raíz del frijol en el VSJ se incluyó en la recomendación para el monitoreo de patógenos en las semillas la inclusión de protocolos para la detección de hongos que son los principales causantes de esta sintomatología. En el 2006 y 2007, con un modesto financiamiento del CAU se muestrearon unos 56 lotes de semillas de frijol de variedades locales e importadas en los almacenes de San Juan. Los resultados del 2006 mostraron que 43 % de los lotes presentaron niveles de un 86% de contaminación con los hongos *Macrophomina phaseolina*, especies de *Pythium* y *Fusarium* y *Rhizoctonia solani* subgrupos AG-2-2 y AG-4. Ese mismo año, durante el periodo del cultivo, se observó la ocurrencia de brotes de podredumbre carbonácea causada por *M. phaseolina* en parcelas de productores en 4 localidades y de mustia hilachosa causada por *R. solani* en 10 localidades de las provincias de San Juan y Azua causando pérdidas

de plantas o pudrición de vainas y manchado de granos respectivamente (Segura et al. 2007). Estos brotes epidémicos fueron asociados a la fuente de semillas distribuidas por el CAU en esas zonas.

En el 2007 el 100% de los lotes examinados contenían semillas que generaron de 2-30% de plántulas con necrosis a nivel de los cotiledones o en la base del tallo causado por los hongos antes mencionados. Se detectaron al menos dos lotes con semillas infectadas por el VMNCF y VMCF (Segura et al. 2007). La presencia de estos patógenos en las semillas aumenta la vulnerabilidad del cultivo y se une a otros factores de alto riesgo para disminuir la productividad.

Otra de las leguminosas de importancia económica es el guandul (*Cajanus cajan* L.) del cual en la provincia de San Juan se siembra un 35% de la producción nacional y un 16% de la producción es destinada a material de siembra (Manuel Matos, comunicación personal). El guandul es importante para la industria y para la exportación llegándose a obtener ingresos por más de US\$1,916,038 en el año 2012 con un volumen exportado de 1,650,352 kilos. Hay que agregar que para el periodo 2007-2012 se exportaron, en promedio, 959,096 kilos con un valor FOB de US\$887,709 (Ministerio de Agricultura 2014). Actualmente este cultivo sólo satisface la demanda nacional, pero las exportaciones se han reducido en más de un ciento por ciento (Cedano, 2006). La productividad y sostenibilidad del guandul es amenazada por la vulnerabilidad de las variedades comerciales locales a las plagas y enfermedades.

Las nuevas variedades de guandul son genéticamente más uniformes y de mayor productividad, sin embargo, no poseen genes de resistencia a las plagas y las enfermedades que las afectan. Los hongos patógenos de mayor importancia en la región del Caribe son especies de *Rhizoctonia*, *Phoma*, *Phomopsis*, además de *Botryodiplodia theobromae* y *Fusarium semisectum* que afectan la germinación en campo y *Colletotrichum cajani* que causa antracnosis y cuyas pérdidas pueden alcanzar hasta un 87% de vainas infectadas han sido reportadas en Puerto Rico (Varma y Langerat, 1987; Charya y Ready, 1979). En la República Dominicana se ha afectado la producción debido a la introducción de la mosca asiática del guandul *Melanagromyza obtusa*, (Malloch) (Diptera:Agromyzidae), la diseminación de la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *cajani* (Kulkarni, Patel & Abhyankar 1950) Vauterin, Hoste, Kersters & Swings 1995 (Godoy et al. 1997) y las especies de hongos *Colletotrichum* y *Fusarium* limitan los rendimientos y afectan la calidad del grano.

La amplia distribución de estas enfermedades puede estar relacionada con la informalidad en el esquema de producción de semillas de guandul de calidad, que en los últimos años es inexistente. Las semillas de guandul se obtienen por lo general de la última cosecha propia o comercialmente en mercados y/o almacenes de ventas de granos, por lo que las semillas son de baja calidad en cuanto a su pureza varietal, características físicas y la presencia de organismos patógenos. Este es uno de los factores responsables de los bajos rendimientos e incremento en el costo de producción en el cultivo de guandul (Cedano, 2006).

1.2. Justificación

Debido a sus características agroecológicas y climáticas, la provincia de San Juan es la más importante productora de granos y semillas de leguminosas, como son el frijol común (*P. vulgaris*) y el guandul (*C. cajan*). La actividad económica generada por estos cultivos abarca más de 35,000 productores e involucra unos 100,000 trabajadores anualmente en la región (SEA, 2007). Actualmente el Comité Agropecuario Unitario (CAU) ha seleccionado un grupo de productores que destinan unas 5,000 tareas para producción de semilla de habichuela que es supervisado por técnicos miembros que inspeccionan los campos de producción para mantener la pureza varietal y algunos aspectos de la producción aceptable de semillas, pero no cuentan con el apoyo especializado ni la infraestructura necesaria para monitorear la sanidad de la misma. La producción de semillas de guandul apenas empieza a desarrollarse por productores miembros del CAU y se multiplican semillas básicas en la EEAL.

El análisis de semillas de las leguminosas sería una medida preventiva para evitar la diseminación de virus tales como el potyvirus (VMNCF), que causó la destrucción total en muchas fincas de producción en el Valle de San Juan (VSJ) y San Rafael del Yuma entre 1999-2003 (Arias et al. 2003) y la amenaza de la introducción de los virus llamados Cucumber Mosaic Virus (CMV) y el virus del bronceado de la hoja del tomate (TSWV) al VSJ. Estos dos virus son transmitidos dentro de la semilla o por insectos y patógenos a todas leguminosas y solanáceas (Brunt et al. 1996; ICTVdB, 2006a; 2006b; 2006c).

La metodología empleada en este proyecto se espera contribuyan a impedir la introducción de nuevos patógenos o variantes, a reducir la diseminación de los patógenos de importancia económica y aumentar la disponibilidad de semilla de calidad, y así reducir costos de producción y pérdidas en la cosecha, aspectos críticos para la sostenibilidad y rentabilidad del frijol y guandul en San Juan. La disponibilidad de material de siembra fitosanitariamente limpio agregaría más valor al nascente mercado de semillas hacia Haití iniciado con el respaldo de agencias internacionales como la FAO y USAID e instituciones locales como el IDIAF y el CAU. Este proyecto, además, permitirá actualizar los conocimientos sobre la calidad de la semilla de habichuela y guandul en el valle de San Juan.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo General

Reducir la diseminación de patógenos de importancia económica transmitidos a través de las semillas de habichuela y guandul, y aumentar la disponibilidad de semillas de calidad sanitaria de ambos cultivos para su multiplicación.

Objetivos Específicos

Identificar patógenos de importancia económica transmitidos vía semillas en habichuela y guandul y seleccionar lotes y/o fuente de semillas con niveles mínimos aceptables de infección/infestación de patógenos (virus, bacterias u hongos).

2.0 ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

2.1. Actividad 1. Muestreo de Semilla

Se colectaron lotes de semillas de diferentes localidades de los almacenes ambientados (temperatura $\pm 5^{\circ}\text{C}$) del Ministerio de Agricultura (MA), ubicados en el Km. 11 en la Carretera San Juan-Azua y de los almacenes de distribuidores de semilla de San Juan de la Maguana. Cada lote o cantidad específica de semillas identificable físicamente, representé un productor, finca o localidad. Para las leguminosas (habichuela y guandul) se estimó un máximo de 100 sacos de 45 Kg cada uno para representar un lote. El muestreo de lotes se realizó en base a las normas de muestreo para análisis de la Agencia Oficial de Analistas de Semillas (AOSA), que recomienda la toma de cinco muestras elementales para lotes menores de 500 kg. Las muestras fueron colectadas al azar con un calador tipo puñal y se mezclaron para obtener una mezcla global homogénea a partir de la cual se obtuvo la muestra oficial para envío al laboratorio, cuyo peso fue de aproximadamente 2 Kg (AOSA, 1999; ISTA, 1999).

Las muestras de semillas fueron llevadas al laboratorio en fundas de papel y se midió el porcentaje de humedad con un medidor de humedad electrónico (marca mini GAC® Plus, Dickey-John, Auburn, Illinois, USA) y luego fueron guardadas en cajas plásticas con cierre hermético en el cuarto frío del banco de germoplasma de la Estación Experimental Arroyo Loro para su posterior análisis. Las muestras en el laboratorio que representan lotes individuales, consistieron en porciones de 200 semillas cada una para análisis de virus y bacteria, y 200 para hongos en general. Se utilizaron métodos similares para examinar semillas de frijón y guandul.



Muestreo en lotes de semillas en almacenes de productores



Desarrollo de plántulas en el invernadero de la Estación Experimental Arrollo Loro.

2.2. Actividad 2. Siembra en Invernadero

Submuestras de 200 semillas fueron sembradas en el invernadero de la EEAL en tarros plásticos que contenían una mezcla de arena y vermiculita (1:1 v/v) pasteurizada. Las plantas se regaron cada 3 días y se les aplicó insecticida (Dimetoato Cheminova, BASF Corporation, Drexel Chemical Co.), a dosis y frecuencia para mantener el invernadero libre de insectos. La evaluación de la germinación y desarrollo de plántulas sintomáticas a nivel del hipocotilo y cotiledones se determinó a los 7 y 14 días después de la nacencia.

Las plántulas que presentaron síntomas como lesiones necróticas o acuosas fueron examinadas en el laboratorio a nivel microscópico y por crecimiento en medio de cultivos.

2.3. Análisis de Semillas en el Laboratorio

Para la detección de hongos en las muestras de semillas en laboratorio se hizo una inspección visual con el estereoscopio para observar la presencia de cuerpos fructíferos tales como acérvulo, picnidio, peritecios, masas de esporas secas o esclerocios. Submuestras de 200 semillas se desinfectaron con Clorox™ 12% y fueron lavadas tres veces con agua esterilizada. Las semillas se colocaron en placas de Petri plásticas estériles y se mantuvieron en el frízer (temperatura de 4°C) por 12 horas. Este proceso promovió el desarrollo de hongos patógenos y minimizó la germinación de la semilla; luego se analizaron los lotes de semillas por un método llamado “blotter test” en un proceso de incubación donde brotaban los hongos si estaban presentes.

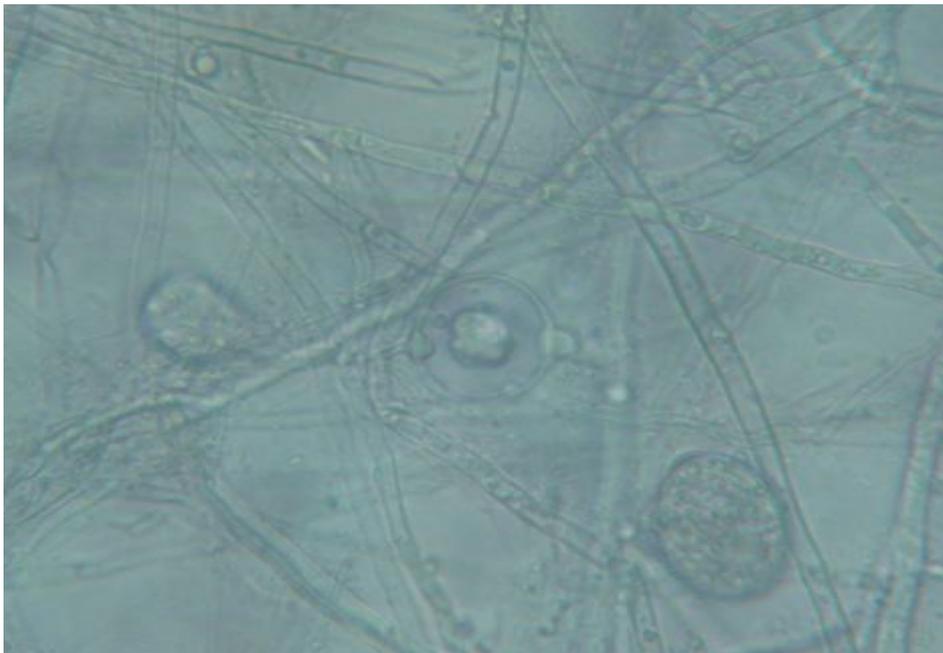


Crecimiento del hongo Aspergillus spp. sobre semillas de habichuela en papel blotter

Después de la incubación, se observaron las semillas bajo el estereoscopio para observar lesiones necróticas, cuerpos fructíferos o esporulación. El “blotter test” es un método estándar para la detección de un mayor número de especies de hongos (McGee, 1992) en cultivos de leguminosas tales como el guandul (Charya y Ready, 1979). Para la identificación de los hongos se hicieron montajes microscópicos y se utilizaron claves taxonómicas ya publicadas (Watanabe, 2011) y otras disponibles en internet (British Mycological Society, 2013; Hodge, 2005; Mycosis Study Group, 2007).



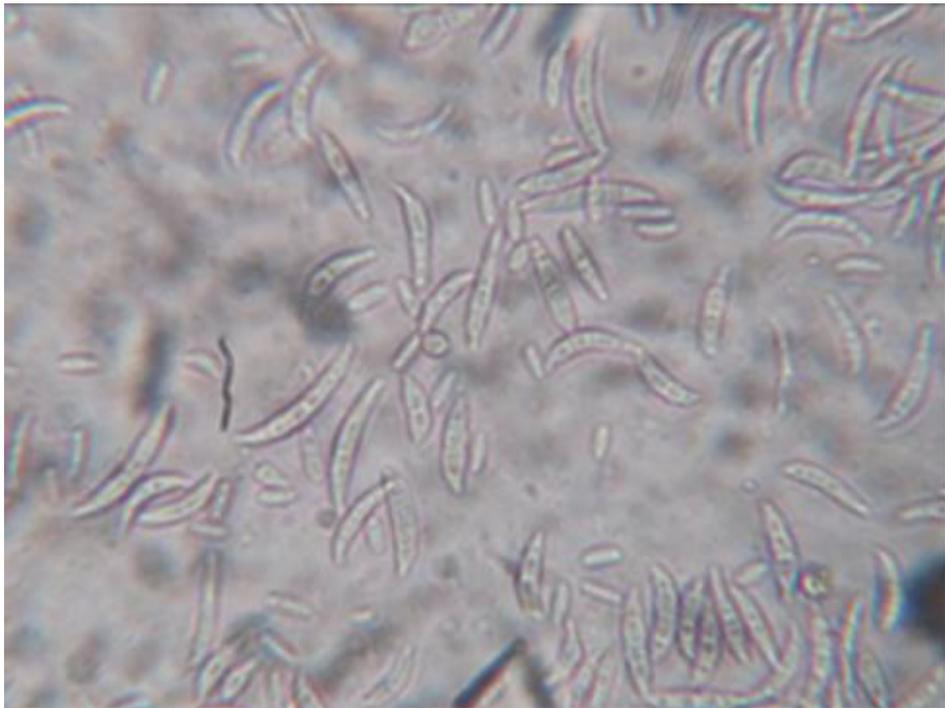
Germinación de muestra de semilla en papel blotter.



Vista al microscópio de Esporangias y Oogonia del hongo Pythium ultimu



*Micelio del hongo *Fusarium solani* en semillas de habichuela.*



*Vista al microscopio de macro y microconidias del hongo *Fusarium solani**

2.4. Análisis de Bacterias

Para el análisis de bacterias se utilizó una metodología conocida como DAS-ELISA para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Xap) utilizando un kit comercial de la compañía AC Diagnostics, Inc. USA. Para más detalles ver informe original de este proyecto en el CONIAF.



Equipo DAS ELISA para identificar presencia de potyvirus y bacterias

2.5. Detección de Virus

Para la detección de virus del tipo potyvirus se utilizaron los métodos del “grow out” y serología con un kit comercial (compañía AC Diagnostics, Inc., USA) por el método TAS-ELISA (Triple antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay). El procedimiento similar al DAS-ELISA original con la diferencia de que usan dos enzimas en vez de una.

2.6. Método del “grow out”

Consistió en sembrar submuestras de 200 semillas en el invernadero por un período de tres o más semanas donde se observaron los síntomas causados por estos virus. Las plantas con síntomas de mosaico o enrollamiento de la hoja (posible virus) se colectaron y sus hojas fueron procesadas para el análisis serológico TAS-ELISA a razón de 10 hojas/ 4 submuestras/lote siguiendo las recomendaciones del fabricante. Parte de las hojas con síntomas se trituraron en agua destilada en un mortero esterilizado y se inocularon mecánicamente en las unifolias expandidas y se mantuvieron en el invernadero hasta observar el desarrollo de sintomatología y determinación de la raza del virus.

2.7 Identificación Molecular de Hongos no Reportados Anteriormente en Habichuela y Guandul

Dos tipos diferentes de muestras sospechosas (aislados) se colectaron de semillas germinadas de guandul en papel blotter y uno de plántulas de habichuelas con necrosis del tallo para su identificación molecular precisa a nivel de especie. Estos aislados de hongos no fue posible identificar usando las claves taxonómicas disponibles en este estudio. En el caso de los aislados del guandul se transfirieron 24 aislados a placas de Petri y se incubaron por 48 horas en la oscuridad a 25°C. Más adelante, utilizando técnicas de identificación de ADN estas muestras fueron clasificadas en el laboratorio.

3.0 RESULTADOS LOGRADOS

3.1 Análisis de Germinación de Lotes de Habichuela

En esta investigación se encontró que la germinación de la semilla de habichuela fluctuó entre 37-100% aunque solo el 11.5% de los lotes presentaron valores por debajo del 80%. El 40.5% de los lotes examinados dieron origen a plantas con síntomas de necrosis en el tallo o marchitamiento total de las plántulas causadas por uno o más hongos de importancia económica. Este porcentaje se considera muy alto. Los hongos de mayor incidencia en los lotes de habichuela fueron *Rhizoctonia solani*, *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium solani* y *Pythium ultimum*. Estos hongos causaron síntomas característicos en plántulas de habichuela en las pruebas de patogenicidad. Con el método "blotter test" para determinar hongos asociados a la pre-emergencia de semillas de habichuela se pudieron obtener aislados de *F. solani* pero no de los demás detectados a partir de síntomas que se manifestaron en la plántula desarrollada en el invernadero. Sin embargo, con este método si se pudo observar un abundante crecimiento del hongo *Aspergillus fumigatus* y *Aspergillus niger* que se originaron de semilla desinfectada superficialmente.

En cuanto a la incidencia de potyvirus solo se detectó la presencia de VMCF y VMNCF por medio de TAS-ELISA y el test "grow out" en el 13% de lotes de semilla de habichuela negra pero no en las de otra coloración.

De 37 lotes de habichuela seleccionados en el 2012 para análisis de bacteria por DAS-ELISA el 10 % de las mismas contenían la bacteria *Xanthomona axonopodis* pv. *phaseoli*.

3.2 Análisis de germinación de lotes de guandul

En los estudios relacionados a guandul, se encontró que la germinación de la semilla de guandul en los 22 lotes examinados fluctuó entre 50-95% aunque la mitad de los lotes presentaron valores por debajo del 80%. En cuanto al análisis de hongos patógenos del guandul los resultados indican que el 50 % contenían al menos un hongo patógeno de importancia económica.

Los hongos de mayor incidencia en los lotes fueron: *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium equiseti*. Este último fue identificado a nivel de especie. Al igual que en los análisis de semillas de habichuela con el método del papel "blotter" se detectaron especies de *Aspergillus* que se originaron a partir de la semilla desinfectada superficialmente. En los lotes de semillas de guandul no se realizaron análisis de virus o bacteria.



Desinfección de semilla al inicio de las pruebas



Síntomas de necrosis del tallo asociados a varios hongos en el invernadero

3.3. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

El presente estudio revela que las semillas de habichuela y guandul, examinadas en el período 2010-2013, mostraron altos niveles de patógenos de importancia económica que sobrepasan los límites permitidos, de acuerdo a las normas de multiplicación de semilla básica (AOSA, 1999). El porcentaje de germinación en algunos lotes de ambas leguminosas estuvo por debajo del 80% que es el valor mínimo aceptable para germinación de leguminosas (David, 1998).

Los valores extremos en la germinación, puede estar relacionados con las condiciones de almacenamiento inadecuado o con limitaciones en la infraestructura utilizadas como almacenes. Por otro lado, la presencia en ambas leguminosas, de las especies de *Aspergillus* y otros como *Rhizopus*, *Mucor*, *Penicillium*, que son hongos saprofitos y producen micotoxinas, puede estar asociadas a la contaminación durante la cosecha y al almacenamiento bajo condiciones de alta temperatura y humedad no regulada, lo que puede afectar la integridad física de las semillas y el desarrollo de plantas sanas (Aftab et al. 2005; Zaidi, 2013).

La presencia de hongos patógenos tales como *Rhizotonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium solani* y *P. ultimum* asociados a semillas de habichuela pueden reducir la germinación y el rendimiento del cultivo especialmente bajo condiciones favorables a epidemias además de favorecer su diseminación a otras regiones (Allen, 1998; Araya et al. 2013; Ellen et al. 1996; Membreño et al. 2001; Montoya y Castaño, 2009; Schwartz, 2005). Estos hongos pueden sobrevivir por mucho tiempo en el suelo asociados a residuos de cosecha, materia orgánica, malezas, etc. (Allen, 1998) y contaminar las vainas maduras durante el proceso de cosecha y limpieza en el campo.



Prueba de patogenicidad con aislamientos de *Rhizoctonia solani*.



Microesclerocios de *Macrophomina phaseolina*



Síntomas en plántulas causados por *Macrophomina phaseolina*

En este estudio se reporta por primera vez el hongo *Lasiodiplodia pseudotheobromae* causante de podredumbre o necrosis del tallo de plántulas de habichuela de todas las coloraciones. Ésta es una especie relativamente nueva y está reportada como causante de muerte regresiva o podredumbre del tallo en *Mangifera indica*, *Citrus spp.*, *Coffea sp.*, y *Eucalyptus sp* (Zhao et al. 2010).



Síntomas en plántulas de habichuela causados por *Lasiodiplodia pseudotheobromae*



Prueba de patogenicidad con aislamientos de *L. pseudotheobromae*.

En cuanto a virus, sólo se detectó la presencia de potyvirus en lotes de semillas de habichuela de coloración negra aunque estos virus pueden ser llevados en las semillas de todo tipo de habichuela. Aunque en años anteriores los niveles de infestación de lotes de semillas fue mayor, la detección de éstos indica el grado de mezclas durante la multiplicación y manipulación de las semillas ya que las variedades Arroyo Loro Negro y DPC-40 IDIAF son uniformemente puras y poseen los genes que impiden la replicación de potyvirus dentro de la planta y por lo tanto su transmisión a través de su descendencia (Godoy-Lutz et al. 2010).



Síntomas de mosaico común en invernadero

Aunque sólo se pudo analizar el 28% de los lotes de semilla de habichuela para la bacteria *Xanthomona axonopodis* pv. *phaseoli* ésta fue detectada en baja proporción en habichuela de las cuatro coloraciones muestreadas. Las condiciones ambientales y bajo riego controlado durante el periodo de multiplicación de semillas en San Juan durante el invierno no favorecen el desarrollo de la bacteria ni la expresión de síntomas, pero ya que no hay un nivel mínimo aceptable para esta bacteria (Swartz, 2005), la misma debe ser cuidadosamente monitoreada, ya que si las semillas infectadas se siembran en zonas de alta pluviometría pueden ocurrir epidemias que afecten la producción y calidad del grano (Coyne et al. 2003).

En cuanto a las semillas de guandul se presenta una situación similar con relación a la germinación y presencia de hongos patógenos y saprófitos. Los hongos de mayor incidencia fueron *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* y *F. equiseti*, este último se aísla por primera vez en semillas asintomáticas. *Fusarium equiseti* y *Colletotrichum gloeosporioides* son agentes causales de la podredumbre de la vaina y las semillas de guandul y pueden producir pérdidas considerables en este cultivo (Segura et al. 2010).

El hongo *Fusarium equiseti*, al igual que *R. solani* y *M. phaseolina*, habita en el suelo y puede infectar semillas, tubérculos y frutos de diversas especies de plantas aunque también este hongo tiene la capacidad de producir micotoxinas en granos almacenados (Goswami et al. 2008). Ya que en ambas leguminosas se aislaron hongos, potyvirus y la bacteria *Xanthomona ap* que pueden contaminar las semillas durante el crecimiento de la planta o al momento de la cosecha. Se hace necesario aplicar las normativas tendente a minimizar la contaminación durante la cosecha y manipulación de las semillas en el campo e incentivar la implementación de cosecha mecanizada que asegura la producción de semillas limpias.

Presencia de *Fusarium equiseti* y *Aspergillus spp.* en semilla guandul



Colonia de *Fusarium equiseti* en medio de cultivo



Las semillas de calidad con niveles mínimos aceptables de patógenos es un prerrequisito indispensable para la implementación de un esquema de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) (Díaz, 2008). La utilización de semillas de calidad libre de patógenos es esencial para aumentar la competitividad de las leguminosas en la República Dominicana ya que se reducen los costos de producción, se minimiza la aplicación de pesticidas y las pérdidas de plantas y se asegura la producción y productividad de estos cultivos.

Es importante destacar que en el informe final de este proyecto, disponible en CONIAF, se presentan las tablas y estadísticas completas de estas investigaciones, entre ellas: descripción de los lotes de semilla de habichuela y guandul estudiados durante el periodo 2010-2013; porcentaje de germinación de 130 lotes de semilla de habichuela examinadas durante los años 2010-2013 en San Juan; porcentaje de germinación de 22 lotes de semilla de guandul estudiadas durante los años 2010 al 2013; niveles de infección de patógenos asociados a síntomas post-emergencia de semillas de habichuela (variedad habichuela/

patógeno encontrado); niveles de infección de patógenos asociados a síntomas post-emergencia de semillas de guandul (variedad guandul/patógeno encontrado). También se encuentran las figuras que muestran los experimentos de campo y de laboratorio y que dan soporte a los resultados de este proyecto.

4.0 CONCLUSIONES

- Las semillas de habichuela y guandul de lotes disponibles durante el periodo 2010-2013 contenían uno o más patógenos (hongos, potyvirus, bacterias) a niveles que sobrepasan los límites permitidos en las semillas básicas de leguminosas.
- La germinación de las semillas de habichuela y guandul de lotes disponibles durante el periodo 2010-2013 presentó niveles por debajo del 80% que es el mínimo aceptable para las leguminosas.
- La semilla de la habichuela de coloración negra de lotes disponibles durante el periodo 2010-2013 contenía potyvirus aunque a niveles mínimos.
- *Lasioidiplodia pseudotheobromae* y *Fusarium equiseti* son hongos reportados en una investigación por primera vez en nuestro país como patógenos de habichuela y guandul, respectivamente.

5.0 RECOMENDACIONES

- Se debe de monitorear la presencia de patógenos en las semillas de leguminosas antes del período de siembra para eliminar lotes infestados por éstos y así reducir el riesgo de una reducción de producción en períodos que favorezcan el desarrollo de epidemias.
- Se debe disponer de un laboratorio con personal especializado y tecnología de punta en la provincia de San Juan para un análisis masivo y simultaneo de semilla de especies de leguminosas, y otros cultivos, con fines de detección temprana de hongos, bacteria o virus y remoción de lotes infestados y así contribuir con la disponibilidad de semillas sanas para la producción de leguminosas.



ANEXOS

Anexo 1. Ejemplo de datos sobre 20 lotes semilla de habichuelas examinada en este estudio del 2010-2013 en San Juan

Lote	Localidad	Variedad	Coloración	Fuente
1	Pedro Corto	Yacomelo	Cranberry	Almacenes de productores
2	Desconocido	Buena Vista	Rojo moteado	Almacenes privados
3	Desconocido	Buena Vista	Rojo moteado	Almacenes privados
4	Desconocido	José Beta	Rojo moteado	Almacenes privados
5	Pedro Corto	Arroyo Loro Negro	Negra	Almacenes de productores
6	Macotillo	DPC-40 IDIAF	Negra	Almacenes de productores
7	Km. 11	Arroyo Loro Negro	Negra	Ministerio de Agricultur
8	Pedro Corto	Blanca Paw	Blanca	Almacenes de productores
9	Pedro Corto	Blanca Perla	Blanca	Almacenes de productores
10	Los Rincones	Arroyo Loro Negro	Negra	Almacenes de productores
11	Las Charcas de María Nova	Arroyo Loro Negro	Negra	Almacenes de productores
12	Las Charcas de María Nova	Arroyo Loro Negro	Negra	Almacenes de productores
13	Las Charcas de María Nova	Yacomelo	Cranberry	Almacenes de productores
14	Los Rincones	Arroyo Loro Negro	Negra	Almacenes de productores
15	Estación Exp. Arroyo Loro	Blanca San Juan	Blanca	Ministerio de Agricultur
16	San Juan	Buena Vista	Rojo moteado	Almacenes de productores
17	Buena Vista	Arroyo Loro negro	Negra	Almacenes de productores
18	Las Charcas de María Nova	Arroyo Loro negro	Negra	Almacenes de productores
19	Las Damas	Arroyo Loro Negro	Negra	Almacenes de productores
20	Las Damas	Arroyo Loro Negro	Negra	Almacenes de productores

Nota: datos completos (130) en el informe final de este proyecto; esto es solo una muestra de 20 entradas.

Anexo 2. Ejemplo de 22 datos sobre lotes semilla de **guandul** examinada en este estudio del 2010-2013 en San Juan

Lote	Localidad	Variedad	Fuente
1	Desconocido	UASD	Almacenes privados
2	Desconocido	UASD	Almacenes privados
3	Desconocido	UASD	Almacenes privados
4	Desconocido	Blanco	Almacenes privados
5	Desconocido	Blanco 237	Almacenes de productores
6	Estación Exp. Arroyo Loro	UASD	IDIAF
7	Estación Exp. Arroyo Loro	IDIAF Primor	IDIAF
8	Estación Exp. Arroyo Loro	IDIAF Navideño	IDIAF
9	Estación Exp. Arroyo Loro	UASD	Almacenes privados
10	Barranca	UASD	Almacenes de productores
11	Desconocido	UASD	Almacenes privados
12	Desconocido	UASD	Almacenes privados
13	Desconocido	UASD	Almacenes de productores
14	Estación Exp. Arroyo Loro	UASD	IDIAF
15	Desconocido	Blanco	Almacenes privados
16	Desconocido	Blanco 237	Almacenes privados
17	Santomé	UASD	Almacenes de productores
18	Desconocido	IDIAF Primor	Almacenes de productores
19	Estación Exp. Arroyo Loro	IDIAF Navideño	IDIAF
20	Desconocido	UASD	Almacenes privados
21	Desconocido	UASD	Almacenes privados
22	Desconocido	UASD	Almacenes privados

Anexo 3. Estándares Específicos Para Campos de Multiplicación de Semilla de Frijol Común de Acuerdo a la Asociación Oficial de Agencias de Certificación de Semillas (AOSCA)

Relación-Máximo Permitido de Plantas			
Factor	Básica	Registrada	Certificada
Otras variedades	1:2000	1:1000	1:500
Otras clases	Ninguna	1:2000	1:1000
Enfermedades			
Mosaico Común	Ninguna	1:200	1:100
Antracnosis	Ninguna	1:10,000	1:1000
Tizones Bacterianos	Ninguna	Ninguna	1:10,000
Marchitamiento	Ninguna	1:10,000	1:5000
Relación basada en los Estándares Genéticos y de Cultivos de la Asociación Oficial de Agencia de Certificación de Semillas, 1999.			

Anexo 4. Ejemplo de porcentaje de germinación de 38 lotes de semilla de **habichuela** examinada en este estudio y muestreadas del 2010-2013, San Juan

Lote	Variedad	% de germinación
1	Yacomelo	94
2	Buena Vista	93.5
3	Buena Vista	98
4	José Beta	98.5
5	Arroyo Loro Negro	97.5
6	DPC-40 IDIAF	98.5
7	Arroyo Loro Negro	37
8	Blanca Paw	99
9	Blanca Perla	98.5
10	Arroyo Loro Negro	54.5
11	Arroyo Loro Negro	91
12	Arroyo Loro Negro	94.5
13	Yacomelo	92
14	Arroyo Loro Negro	91
15	Blanca San Juan	50
16	Buena Vista	98
17	Arroyo Loro negro	98.5
18	Arroyo Loro negro	99.5
19	Arroyo Loro Negro	55.5
20	Arroyo Loro Negro	74
21	Yacomelo	56
22	Arroyo Loro Negro	70
23	Arroyo Loro Negro	97.5
24	Arroyo Loro Negro	94.5
25	DPC-40 IDIAF	99
26	Yacomelo	86.5
27	José Beta	95.5
28	Buena Vista	95
29	Arroyo Loro Negro	93.5
30	Yaconin	88
31	Yacomelo	78.5
32	Buena Vista	85
33	José Beta	92.5
34	Arroyo Loro Negro	89
35	Arroyo Loro Negro	86
36	Arroyo Loro Negro	91
37	Yacomelo	92
38	Arroyo Loro Negro	98

Nota: datos completos (130) en el informe final de este proyecto; esto es solo una muestra de 38 entradas.

Anexo 5. Porcentaje de germinación de 22 lotes de semilla de **guandul** examinada en este estudio y muestreadas del 2010-2013, San Juan

Lote	Variedad	% de germinación
1	UASD	82
2	UASD	78
3	UASD	90
4	Blanco	71
5	Blanco 237	76
6	UASD	85
7	IDIAF Primor	92
8	IDIAF Navideño	95
9	UASD	74
10	UASD	75
11	UASD	80
12	UASD	60
13	UASD	82
14	UASD	50
15	Blanco	80
16	Blanco 237	61
17	UASD	77
18	IDIAF Primor	82
19	IDIAF Navideño	89
20	UASD	92
21	UASD	66
22	UASD	59

Anexo 6. Niveles de infección de patógenos asociados a síntomas post-emergencia de semillas en 30 lotes de **habichuela** examinados en este estudio

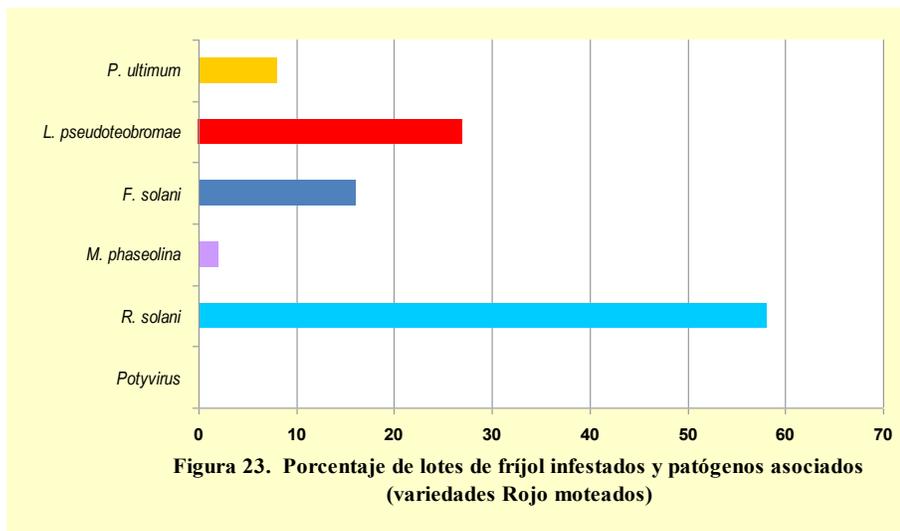
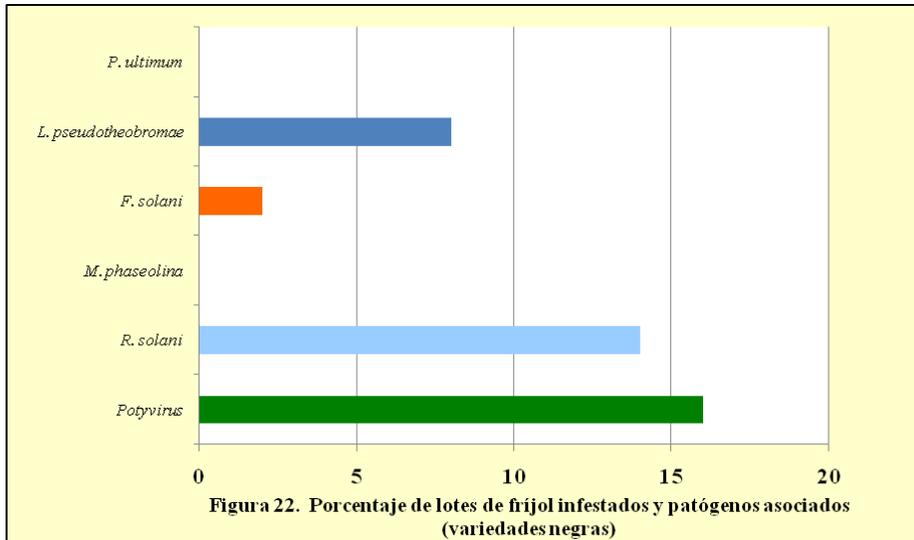
Lote	Variedad	Patógenos en niveles > 0.01%		
		Hongos	Potyvirus	Bacteria
1	Yacomelo	<i>L. pseudotheobromae</i>	-	+
2	Buena Vista	<i>L. pseudotheobromae</i>	-	-
3	Buena Vista	<i>L. pseudotheobromae</i>	-	-
4	José Beta	Ninguno	-	+
5	Arroyo Loro Negro	Ninguno	-	+
6	DPC-40 IDIAF	Ninguno	+	-
7	Arroyo Loro Negro	Ninguno	-	-
8	Blanca Paw	<i>R. solani</i>	-	-
9	Blanca Perla	<i>L. pseudotheobromae</i>	-	+
10	Arroyo Loro Negro	Ninguno	-	-
11	Arroyo Loro Negro	<i>L. pseudotheobromae</i>	-	-
12	Arroyo Loro Negro	Ninguno	-	-
13	Yacomelo	<i>L. pseudotheobromae</i> <i>R. solani</i>	-	-
14	Arroyo Loro Negro	Ninguno	-	-
15	Blanca San Juan	Ninguno	-	-
16	Buena Vista	<i>L. pseudotheobromae</i> <i>F. solani</i> <i>R. solani</i>	-	-
17	Arroyo Loro negro	Ninguno	-	-
18	Arroyo Loro Negro	Ninguno	+	-
19	Arroyo Loro Negro	Ninguno	+	-
20	Arroyo Loro Negro	<i>L. pseudotheobromae</i>	+	-
21	Yacomelo	<i>L. pseudotheobromae</i> <i>R. solani</i>	-	-
22	Arroyo Loro Negro	<i>L. pseudotheobromae</i>		-
23	Arroyo Loro Negro	<i>R. solani</i>	+	-
24	Arroyo Loro Negro	<i>L. pseudotheobromae</i> <i>R. solani</i>	-	-
25	DPC-40 IDIAF	Ninguno	-	-
26	Yacomelo	<i>R. solani</i>	-	-
27	José Beta	Ninguno	-	-
28	Buena Vista	Ninguno	-	-
29	Arroyo Loro Negro	Ninguno	-	-
30	Yaconin	<i>L. pseudotheobromae</i> <i>R. solani</i>	-	-

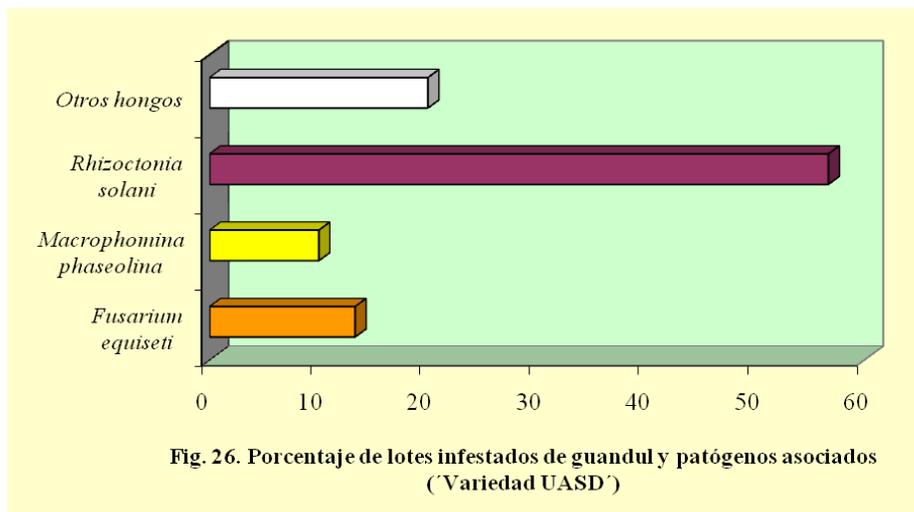
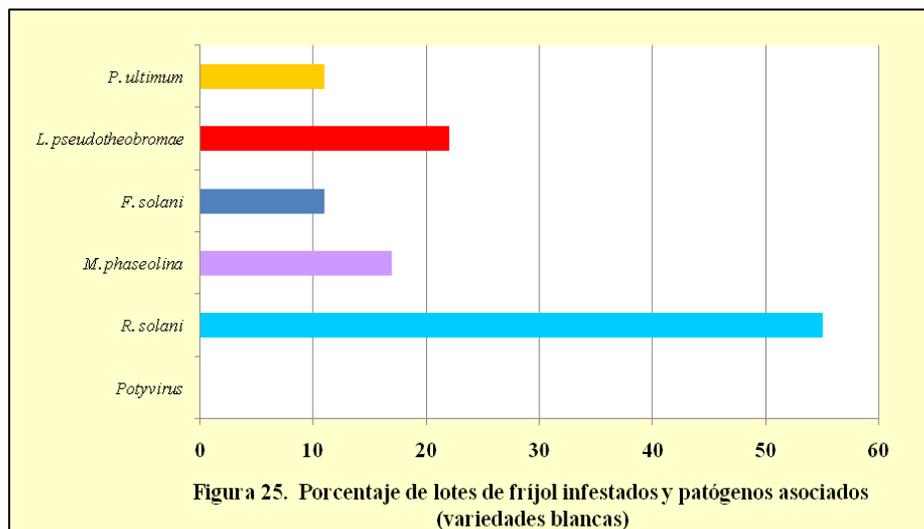
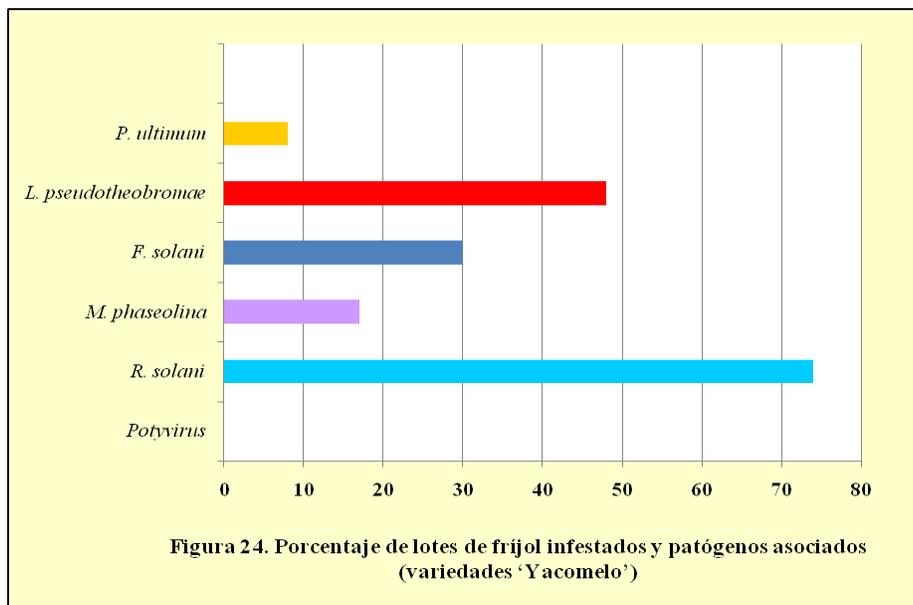
Nota: datos completos (130) en el informe final de este proyecto; esto es solo una muestra de 30 entradas.

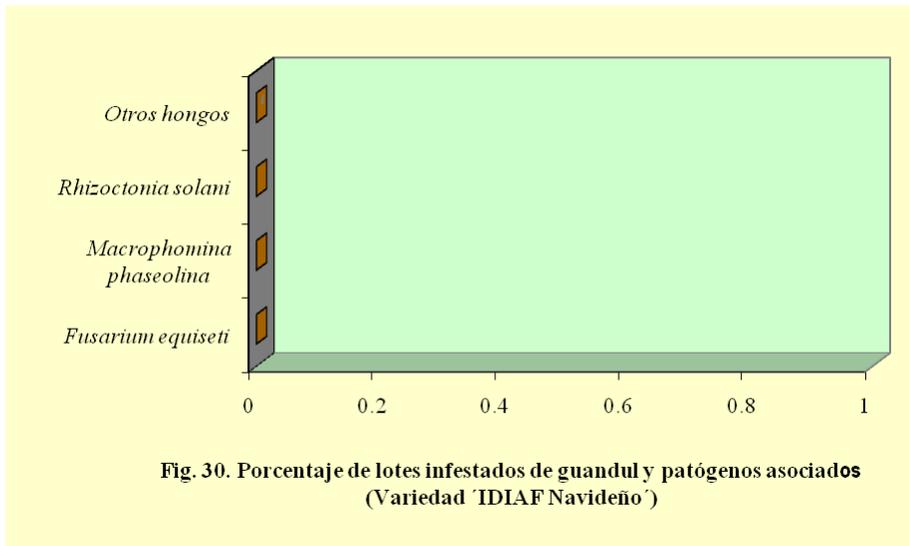
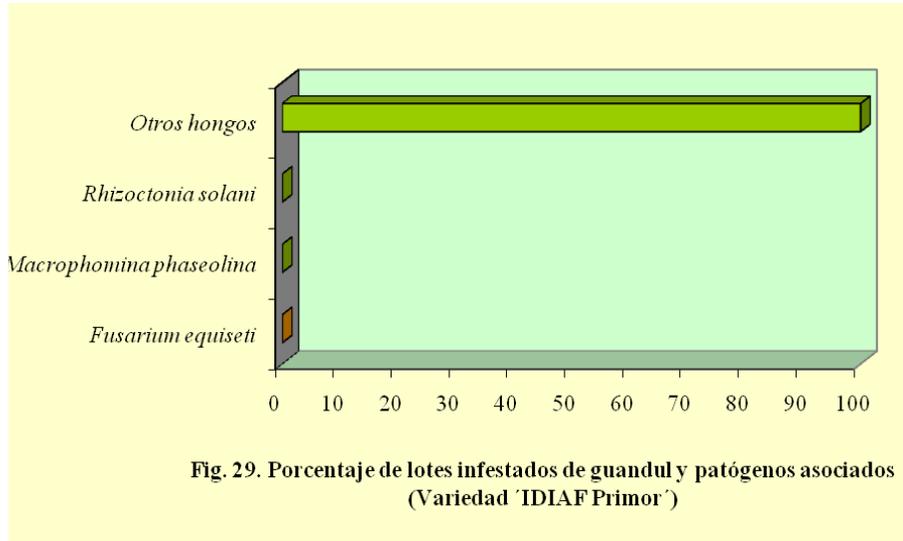
Anexo 7. Niveles de infección de patógenos asociados a síntomas post-emergencia en 22 lotes semillas de **guandul** examinados en este estudio

Lote	Variedad	Hongos patógenos en niveles > 0.01%
1	UASD	<i>M. phaseolina</i> <i>R. solani</i> <i>Aspergillus spp</i>
2	UASD	<i>M. phaseolina</i> <i>Aspergillus spp</i>
3	UASD	<i>Aspergillus spp</i>
4	Blanco	<i>Aspergillus spp</i>
5	Blanco 237	<i>Aspergillus spp</i>
6	UASD	<i>Aspergillus spp</i>
7	IDIAF Primor	<i>Aspergillus spp</i>
8	IDIAF Navideño	<i>Aspergillus spp</i>
9	UASD	<i>Aspergillus spp</i>
10	UASD	<i>R. solani</i> <i>Aspergillus spp</i>
11	UASD	<i>R. solani</i> <i>Aspergillus spp</i>
12	UASD	<i>R. solani</i> <i>F. equiseti</i> <i>Aspergillus spp</i>
13	UASD	<i>Aspergillus spp</i>
14	UASD	<i>M. phaseolina</i> <i>R. solani</i> <i>F. equiseti</i> <i>Aspergillus spp</i>
15	Blanco	<i>Aspergillus spp</i>
16	Blanco 237	<i>R. solani</i> <i>F. equiseti</i> <i>Aspergillus spp</i>
17	UASD	<i>Aspergillus spp</i>
18	IDIAF Primor	<i>R. solani</i> <i>Aspergillus spp</i>
19	IDIAF Navideño	<i>Aspergillus spp</i>
20	UASD	<i>R. solani</i> <i>Aspergillus spp</i>
21	UASD	<i>F. equiseti</i> <i>Aspergillus spp</i>
22	UASD	<i>R. solani</i> <i>F. equiseti</i> <i>Aspergillus spp</i>

Anexo 8. Ejemplo de datos gráficos relacionados a detección de patógenos en función de variedades de habichuela y guandul. Para datos originales ver el informe final del proyecto.









Arriba, trillado de la habichuela en San Juan utilizando caballos; abajo, la misma actividad mediante el uso de trilladora mecánica impulsada por tractor

Desarrollo de Germoplasma de Habichuela, *Phaseolus vulgaris* L., Biofortificada en la República Dominicana



Autores
Ing. Julio Nin
Ing. Ana Mateo
Lic. Juan A. Cueto

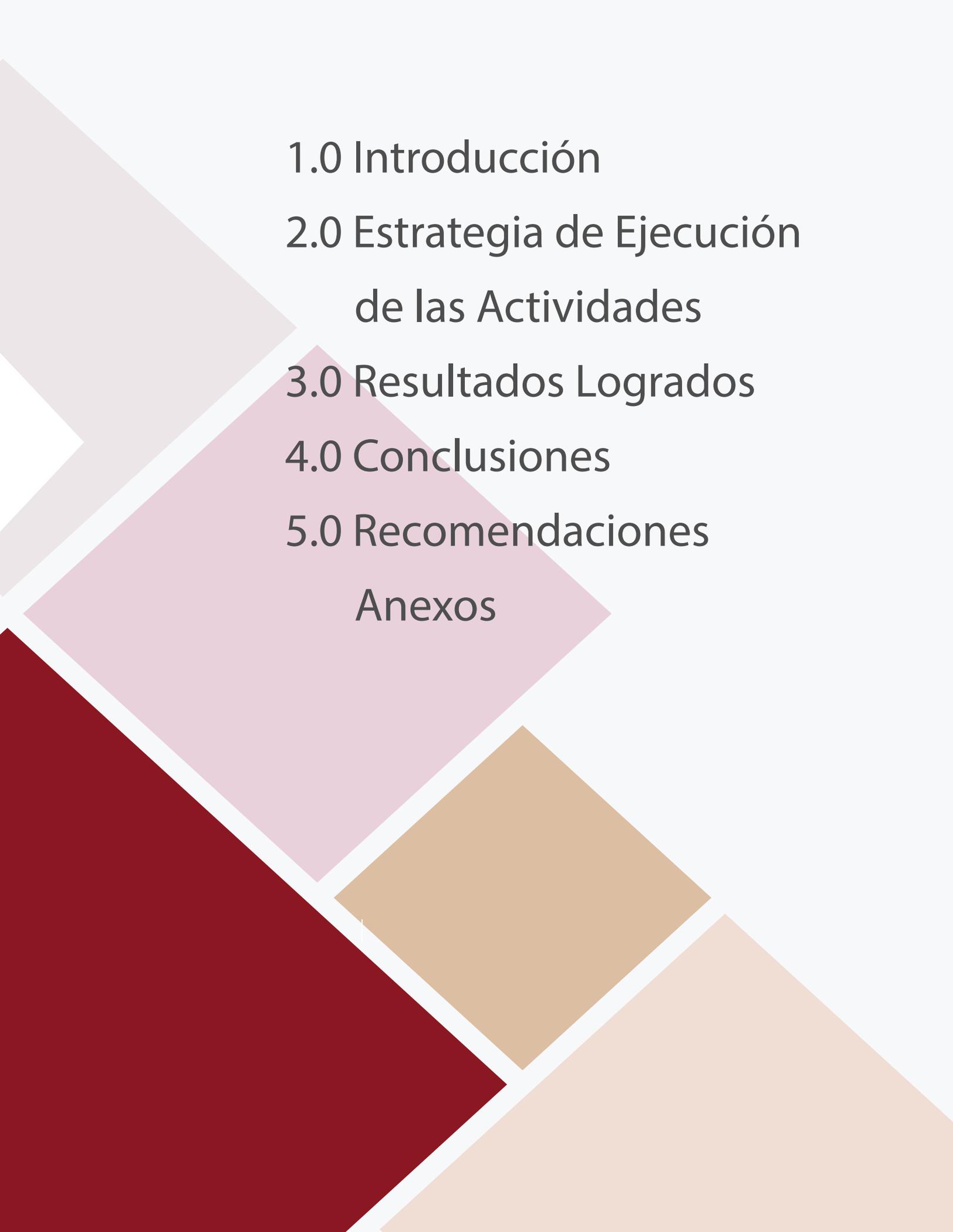
Resumen Ejecutivo

Las deficiencias nutricionales de hierro y zinc son importantes problemas de salud pública. La biofortificación de cultivos como la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) es propuesta como alternativa para combatir estas deficiencias nutricionales. La biofortificación es una iniciativa que es parte de un enfoque integral de sistemas de alimentación que busca reducir la desnutrición. Este enfoque ataca la raíz del problema de la alimentación deficiente en micronutrientes, se dirige a la población más necesitada.

Actualmente, se cuenta con líneas avanzadas de habichuela NUA (Nutrición Andina) que han sido desarrolladas para mejorar los contenidos de Fe y Zn en variedades de color rojo moteado. Estas líneas y otras del programa de mejoramiento local, fueron evaluadas en pruebas agronómicas y de laboratorio desde el 2010 en el proyecto "Desarrollo de germoplasma de habichuela, (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofortificadas en la República Dominicana" ejecutado en la provincia de San Juan y La Vega.

El objetivo de este proyecto fue desarrollar líneas y variedades biofortificadas de habichuela a través de un programa de mejoramiento para la incorporación de genes que produzcan un alto contenido de hierro y zinc en la semilla. Dicho con palabras simples, producir granos de habichuela para consumo humano enriquecidos con hierro y zinc. Este proyecto se desarrolló en dos componentes principales que fueron mejoramiento genético y estudio de preferencia de mercado. Las actividades se iniciaron con los materiales almacenados en el banco de germoplasma que fueron los resultados del proyecto "Obtención de nuevas variedades de habichuela". En cuanto a los principales resultados, las líneas que resultaron con un alto contenido de Fe y Zn expresado en unidades ppm y que fueron comprobados con la repetición en dos años o más fueron: NUA-40B con 67 y 37, NUA-294 con 65 y 42, RD-201197-1 con 65 y 30, NUA-239 con 65 y 32, NUA-367 con 64 y 25, NUA-195 con 61 y 25, NUA-512 con 58 y 37, NUA-145 con 57 y 55, NUA-230-A con 61 y 36 y NUA-289 con 56 y 37 unidades ppm de hierro y zinc, respectivamente. Estos materiales deben incrementarse para incluirlo en ensayos de campo, en los planes sociales del gobierno y en el almuerzo escolar. En el ensayo de rendimiento de frijol rojo del 2013, el testigo: la variedad 'Buena Vista' con rendimiento de 3.37 qq/ta (2,445 kg/ha) superó estadísticamente a la línea NUA-353 con rendimiento de 1.72 qq/ta (1,245 kg/ha). En el ensayo de rendimiento de grano tipo yacomelo. la línea RD-2945 con rendimiento promedio de 2.93 qq/ta (2,124 kg/ha), superó estadísticamente a las líneas RD-2910 y RD-2951 con rendimientos promedio de 2.27 qq/ta (1,644 kg/ha) y 2.23 qq/ta (1,619 kg/ha) respectivamente, En cuanto a los ensayos de rendimiento de líneas de color negro, las líneas SEQ-342-89 y RD-209202-2 con rendimientos promedios de 4.58 qq/ta (3,318 kg/ha) y 4.41 qq/ta (3,194 kg/ha), fueron las que mostraron los mejores rendimientos en comparación con las variedades 'DPC-40' y la importada 'LORETO' con rendimientos de 3.13 qq/ta (2,265 kg/ha) y 2.79 qq/ta (2,021 kg/ha), respectivamente.

El segundo componente sobre Preferencia de los Productores y Comerciantes se desarrolló mediante encuesta a los grupos ya establecidos. En ésta se encontró que los productores de acuerdo a la región tienen preferencia para sembrar un determinado tipo de grano, ya que no se puede decir que muchos de ellos siembren semilla. Este estudio se realizó a nivel nacional en todas las zonas en que se siembra habichuela.



1.0 Introducción

2.0 Estrategia de Ejecución
de las Actividades

3.0 Resultados Logrados

4.0 Conclusiones

5.0 Recomendaciones

Anexos

1.0 INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

HarvestPlus una institución que trabaja sobre el enfoque de habichuela biofortificada consistente en aumentar la concentración de hierro y de zinc en variedades que tengan superioridad agronómica, para lo cual ha evaluado más de 2,000 unidades de semilla del banco de germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), buscando líneas con alto contenido de hierro y zinc. La concentración promedio de hierro de estos frijoles es de 55 mg por kilogramo, pero también sus investigadores han encontrado variedades cuya concentración supera los 100 mg por kilogramo en la semilla.

El CIAT desarrolló variedades de habichuela con más proteínas y micronutrientes, como parte de un trabajo colaborativo con el Programa de Reto HarvestPlus y el proyecto Agrosalud. Con el objetivo de desarrollar habichuela con dos veces el porcentaje de hierro y 40 % más de zinc que las variedades tradicionales de tipo comercial. <http://www.ciat.cgiar.org>.

La biofortificación es una estrategia que busca incrementar la calidad nutricional en cultivos de alto consumo como la habichuela. En este proceso no se involucra en ninguna de sus fases procesos de transformación genética o transgénicos, sólo involucra cruzamientos dirigidos en campo con control de la polinización.

Por parte del CIAT, se han identificado los mecanismos para aumentar el contenido de hierro y zinc en el grano de habichuela común. En un estudio de más de 2,000 variedades de habichuela para minerales, especialmente hierro y zinc se encontró que el contenido de hierro varió de 34 unidades ppm a 89 ppm, con un promedio de 55 ppm. Evaluaciones posteriores identificaron variedades que promediaron hasta 100 ppm en diferentes sitios y épocas de cultivo. En estos análisis las concentraciones de zinc variaron hasta 54 unidades ppm y están asociadas con hierro y calcio altos. Estos valores de hierro y zinc en el grano son dos veces mayores que las variedades corrientes.

1.2. Justificación

La carencia de micronutrientes afecta a unos 500 millones de personas en todo el mundo, muchas veces con efectos devastadores. Quienes padecen deficiencia de hierro pueden presentar un deterioro en su desarrollo mental y físico durante la niñez, lo cual afecta su capacidad de aprendizaje. La insuficiencia de zinc en el régimen alimenticio de un niño conduce a un crecimiento atrofiado y a atrasos en el desarrollo sexual, así como una incapacidad para resistir enfermedades comunes de la niñez como infecciones gastrointestinales y respiratorias. (Blair, 2008).

Un beneficio adicional de cultivar habichuela biofortificada, es el efecto positivo que debe tener en las economías en desarrollo. El proyecto AgroSalud, espera que al usar juntos frijol, yuca, maíz, arroz y batata que han sido biofortificados, se adicione, en promedio, 42 % más de hierro y 28 % más de zinc a los regímenes alimenticios de 16 países de América Latina y el Caribe. Al aumentar la expectativa de vida promedio en estos países, un mayor número de ciudadanos sanos podría contribuir a sus respectivas economías. Pachon, (2007).

La introducción de cultivos biofortificados, es decir, de variedades mejoradas que tengan un contenido más alto de minerales y vitaminas, complementará el trabajo que actualmente se hace en nutrición y proporcionará una forma sostenible y de bajo costo para llegar a la población cuyo acceso a los mercados o a los sistemas formales de atención de la salud es limitado. Las variedades biofortificadas tienen la capacidad de dar beneficios continuos, año tras años, a un costo recurrente inferior al del suministro de suplementos o al de la fortificación en poscosecha. El enfoque de la biofortificación se apoya en principios científicos sólidos. Blair (2008).

El bajo consumo en la dieta alimenticia de hierro y de zinc es una de las causantes de la anemia en la población. Por lo que debe dársele prioridad al mejoramiento genético para la obtención de variedades de habichuela de más alto y estable rendimiento por medio del desarrollo de germoplasma con resistencia o tolerancia a los factores bióticos y abióticos que limitan la producción de este rubro en el país. Las habichuela contienen cantidades significativas de algunos micronutrientes como: ácido fólico, tiamina, zinc, fósforo, magnesio y potasio. El contenido nutricional de las habichuelas hace de ellas uno de los alimentos más importantes para la prevención de muchas enfermedades y padecimientos cardiovasculares, diabetes, sobrepeso y obesidad, estreñimiento, cáncer de colon, estrés y otras. (<http://www:\biofortificacion\elconsumodefríjolenunapoblaciónurbana.htm>).

1.3 Objetivo

Objetivo general:

Desarrollar líneas y variedades biofortificadas de habichuela a través de un programa de mejoramiento mediante la incorporación de genes que produzcan granos con alto contenido de hierro y zinc.

Objetivos Específicos:

- 1- Seleccionar líneas biofortificadas en hierro y zinc.
- 2- Determinar las preferencias de los productores por tipos de granos.
- 3- Difundir los resultados obtenidos.

2.0 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Para cumplir con los objetivos general y específicos se realizaron seis actividades durante la ejecución de este proyecto. Esas actividades fueron: (a) Evaluación del contenido nutricional de líneas y variedades; (b) Viveros de habichuela y pruebas de adaptación; (c) Ensayos de rendimiento; (d) Ensayos de incremento generacional; (e) Pruebas de rendimiento regional y semi-comercial y (f) Encuestas sobre las preferencias de los agricultores. A continuación se ofrecen los detalles sobre estas actividades.

2.1 Resultados 1: Mejoramiento Genético

Actividad 1: Evaluación del Contenido Nutricional de Líneas y Variedades

Las muestras fueron tomadas en los diferentes ensayos instalados en el campo para determinar el contenido de hierro y zinc de las diferentes líneas disponibles en la EEAL, siguiendo la metodología recomendada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que consiste en cosechar las vainas de la parte media de la planta hacia arriba, para evitar la contaminación de tierra por el salpique. El desgrane y limpieza se hace a mano evitando el contacto de las semillas con superficie que contenga hierro.

Fueron seleccionadas 606 muestras de germoplasma local e introducido y enviado al Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI) y el Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA) del IDIAF, para realizar los análisis del grano y determinar el contenido de hierro y zinc, mediante el método de absorción atómica, para luego seleccionar las líneas que posean más de 55 unidades ppm de hierro y 25 ppm de zinc. Las investigaciones se realizaron en la Estación Experimental Arroyo Loro y en fincas de productores, localizadas en San Juan y La Vega.



Toma de muestra en el campo para ser procesada y enviada al laboratorio

Actividad 2: Viveros y Prueba de Adaptación:

Los viveros de adaptación se realizan con la finalidad de conocer las características agronómicas de las líneas en estudios y para descartar en fases tempranas las que presenten características indeseables.

Para el análisis estadístico de los viveros de adaptación y prueba de rendimiento se utilizó el paquete estadístico InfoStat.

2.1 Vivero de Adaptación y Rendimiento de Líneas de Habichuela Rojo Moteado

Fue instalado el 19 de noviembre del 2011 con 29 líneas y un testigo comercial, en diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, surcos de tres metros de largo, con un espaciamiento entre hilera de 0.50 m y 0.10 m entre plantas. Para la variable rendimiento, no se encontró diferencia mínima significativa entre líneas de habichuela. Mientras que en la variable mildiu se encontró diferencia mínima significativa entre los tratamientos, resultando la línea PR-0413-5 resistente, con el menor grado de infestación y la línea RD-21014-106-11 tolerante, con el mayor grado de infestación.

Vivero de Adaptación de
líneas Rojo Moteado en
Arroyo Loro



2.2 Vivero de Adaptación y Rendimiento de Líneas de Habichuela tipo Yacomelo

Se utilizaron 16 líneas y la variedad 'IDIAF Yaconin' como testigo comercial y el ensayo fue sembrado el 19 de noviembre de 2011 con un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. En cuanto a los análisis estadísticos para las variables rendimiento, días a floración y peso de 100 semillas en gramos, no se encontró diferencia estadística mínima significativa entre los tratamientos. Para la variable mildiu, la línea RD-2942 con evaluación de 4 (tolerante), resultó con diferencia estadísticamente significativa al testigo 'IDIAF Yaconin' y la línea RD-2910 con evaluación de 7 (susceptible) en la escala de CIAT.

2.3 Vivero de Adaptación y Rendimiento de Líneas de Habichuela en La Vega

Se establecieron dos ensayos en el mes de julio del 2011, en las secciones de Buena Vista y el Salto en Jarabacoa, provincia La Vega, en las cuales las condiciones ambientales no fueron favorables para el cultivo. Hubo pocas precipitaciones y altas temperaturas, mucho aborto de flores, bajo rendimiento y manchado de grano, lo que no permitió tomar las muestras para determinar el contenido de hierro y zinc en los granos de frijol.

Vivero de adaptación de líneas de
habichuela sembrado en El Salto,
Jarabacoa.

Actividad 3: Ensayos de Rendimiento

Los ensayos de rendimiento se realizan con las mejores líneas seleccionadas de los viveros de adaptación con el fin de conocer el potencial de rendimiento de las líneas y seleccionar las mejores como candidatas a nuevas variedades por sus características agronómicas. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y la variedad 'Buena Vista' como testigo comercial.

3.1 Ensayo de Rendimiento de Líneas de Habichuela Rojo Moteado 2011-2012

Fue sembrado el 19 de noviembre del año 2011, en la Estación Experimental Arroyo Loro. Los análisis estadísticos no mostraron diferencia mínima significativa para las variables rendimiento y días a cosecha. Mientras que para la enfermedad mildiu las líneas RD-209108-16, RD-209108-5 y RD-209108-16, con evaluación de tres en la escala de CIAT, resultaron resistentes y la línea RD-209012-B y el testigo 'Buena Vista' con evaluación de seis, son tolerantes, las demás resultaron iguales entre sí.



Ensayo de rendimiento rojo moteado en la EEAL, 2011

3.2 Ensayo de Rendimiento de Líneas de Habichuela Rojo Moteado 2012-2013

Fue sembrado el 21 de noviembre del 2012 en la Estación Experimental Arroyo Loro con 10 tratamientos y el testigo la variedad 'Buena Vista'. Los análisis estadísticos no mostraron diferencia mínima significativa para la variable rendimiento.



Ensayo de líneas de habichuela rojo moteado, en la Estación Experimental Arroyo Loro, Nov. 2012

3.3 Ensayo de Rendimiento de Líneas de Habichuela Rojo Moteado 2013-2014

Fue sembrado el 20 de noviembre del 2013 en la Estación Experimental Arroyo Loro, con ocho tratamientos y la variedad 'Buena Vista' como testigo. Los análisis estadísticos para las variables rendimiento en kg/ha, peso de 100 granos en gramos, días a cosecha y vainas por plantas mostraron diferencia mínima significativa. Para la variable rendimiento, la variedad, 'Buena Vista' con rendimiento de 3.37 qq/ta (2,445 kg/ha), superó estadísticamente a la línea NUA-353, la cual obtuvo 1.70 qq/ta (1,234 kg/ha), las demás líneas en estudio, fueron iguales entre sí.



Ensayo de rendimiento de líneas de habichuela tipo Rojo Moteado, EE Arroyo Loro, Nov. 2013

3.4 Ensayo de Rendimiento de Líneas de Habichuela tipo Yacomelo 2011- 2012

Fue sembrado el 19 de noviembre del año 2011, en la Estación Experimental Arroyo Loro. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y la variedad 'IDIAF YACONIN' como testigo comercial. Los análisis estadísticos para las variables rendimiento en kg/ha y la enfermedad mildiu no mostraron diferencia mínima significativa.



Ensayo de líneas de habichuela Yacomelo, EE Arroyo Loro, Nov. 2011

3.5 Ensayo de Rendimiento de Líneas de Habichuela tipo Yacomelo 2012- 2013

Fue sembrado el 21 de noviembre del año 2012, en la Estación Experimental Arroyo Loro. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y la variedad 'IDIAF YACONIN' como testigo comercial. Los análisis estadísticos para las variables rendimiento y peso de 100 granos en gramos muestran diferencia estadística mínima significativa. La línea RD-2945 con rendimiento promedio de 2.93 qq/ta (2,124 kg/ha), superó estadísticamente a las líneas RD-2910 y RD-2951 con rendimientos promedios de 2.27 qq/ta (1,644) y 2.23 qq/ta (1,619 kg/ha), respectivamente.



Ensayo de líneas de habichuela Yacomelo, EE Arroyo Loro, Nov. 2011

3.6 Ensayo de Rendimiento de Líneas de Habichuela Negra 2011-2012

Fue sembrado el 19 de noviembre del año 2011, en la Estación Experimental Arroyo Loro. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y la variedad 'DPC-40' como testigo comercial. Los análisis estadísticos para las variables rendimiento en kg/ha, mildiu, peso de 100 granos en gramos y días a cosecha, mostraron diferencias mínimas significativas. Para la variable rendimiento la línea RD-209202-2, con rendimiento de 4.41 qq/ta (3,194 kg/ha), superó estadísticamente al testigo 'DPC-40', la cual obtuvo 3.13 qq/ta (2,265 kg/ha), las demás líneas en estudios, fueron iguales entre sí. En la enfermedad mildiu, la línea PR-99-102-2 resultó ser la más resistente con evaluación de uno en la escala de CIAT, en comparación con las líneas EA-57 y RD-209202-1, las cuales resultaron más afectadas con evaluaciones de 3.0, las demás líneas en estudios, fueron iguales entre sí.



Ensayo de líneas de habichuela negra, EE Arroyo Loro, Nov. 2011

3.7 Ensayo de Rendimiento de Líneas de Habichuela Negra 2012-2013

El ensayo fue sembrado en la Estación Experimental Arroyo Loro el 21 de noviembre de 2012. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y la variedad 'DPC-40' como testigo comercial. Los análisis estadísticos para las variables rendimiento en kg/ha, peso de 100 granos en gramos, días a flor y días a cosecha, mostraron diferencias mínimas significativas. Para la variable rendimiento en kg/ha, la línea SEQ-342-89 con rendimiento de 4.58 qq/ta (3,316 kg/ha) superó estadísticamente al testigo la variedad 'DPC-40' y a la línea SMN-18 con rendimientos de 3.12 qq/ta (2,265 kg/ha) y 3.23 qq/ta (2,342 kg/ha) respectivamente, las demás líneas resultaron iguales entre sí.



Ensayo de líneas de habichuela negra, EE Arroyo Loro, Nov. 2012

3.8 Ensayo de Rendimiento de Líneas de Habichuela Negra 2013-2014

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cuatro surcos de cuatro metros de largo, separados a 0.50 m entre hileras y 0.10 m entre plantas con 13 tratamientos y la variedad 'DPC-40' como testigo comercial. Los análisis estadísticos para las variables rendimiento en kg/ha, peso de 100 granos en gramos, días a flor y días a cosecha y número de granos por vainas, mostraron diferencias mínimas significativas. Para la variable rendimiento en kg/ha, la línea SEQ-342-89 con rendimiento de 3.93 qq/ta (2,850 kg/ha) superó estadísticamente a la variedad importada 'Loreto' con rendimientos de 2.79 qq/ta (2,021 kg/ha). Las demás líneas resultaron iguales entre sí.



Ensayo de líneas de habichuela negra, EE Arroyo Loro, Nov. 2013

Actividad 4: Incremento Generacional 2010-2011

El incremento generacional se realiza para incrementar las poblaciones segregantes, seleccionar las familias y de éstas seleccionar las líneas por las características deseadas para la cual se está realizando el mejoramiento genético.

El 22 de noviembre del 2010 fueron sembradas un total de 856 entradas de genotipos en diferentes generaciones para su renovación y selección del contenido nutricional y la formación de viveros, ensayos de rendimiento y toma de muestras para el análisis del contenido nutricional. De las entradas sembradas, el 30% no germinó por el largo tiempo de almacenamiento y las deficiencias de energía eléctrica del banco de germoplasma. Para el 24 de diciembre fueron sembradas en campo y en casa de malla 134 líneas NUA (nutrición andina) rojo moteado biofortificadas en generación temprana (F4), introducidas del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia.

También se introdujeron 40 líneas de color negro con tolerancia a sequía y alto contenido de hierro (líneas SMN y líneas SEN), de las cuales se destacan por su potencial de rendimiento las líneas SMN-16, SEN-33, SEN-46, SEN-47, SEN-60, así como la línea local RD-209149-AX, con rendimientos 3.22, 3.23, 3.11, 3.36 y 3.45 qq/ta, las cuales son de excelente rendimiento si observamos la fecha de siembra, la cual fue realizada el 24 de diciembre del 2010.

4.1 Incremento Generacional 2011-2012

En el 2011 fueron sembradas el 23 de noviembre en la Estación Experimental Arroyo Loro 444 entradas de genotipos de habichuela en diferentes generaciones y de los diferentes tipos de granos; para su incremento y toma de muestra para el análisis del contenido nutricional.



Evaluación de líneas introducidas del CIAT sembradas el 24-12-2010, EEAL.



Evaluación de líneas introducidas del CIAT, sembradas el 24-12-2011, EEAL.

4.2 Incremento Generacional 2012-2013

Para el 2012, la siembra se realizó el 21 de noviembre en la Estación Experimental Arroyo Loro, en la cual fueron sembradas 221 líneas rojo moteado y yacomelo, así como 137 líneas de grano negro.



Ensayo Incremento generacional de líneas de habichuela de granos negros, EE Arroyo Loro, 2012

4.3 Incremento Generacional 2013-2014

En este caso, la siembra se realizó el 20 de noviembre del 2013, en la Estación Experimental Arroyo Loro en la que se sembraron 232 líneas rojo moteado y yacomelo, así como 67 líneas de grano negro.



Ensayo Incremento generacional de líneas de habichuela de granos negros, EE Arroyo Loro, 2013

Actividad 5: Pruebas de Rendimiento Regional y Semi-comercial

La prueba semi comercial es el último paso para liberar una variedad de habichuela. Se realiza en un área mayor de terreno dándole el manejo similar a como lo realiza el productor en las plantaciones comerciales. Se seleccionan las líneas de los ensayos de rendimiento que presenten las mejores características agronómicas y comerciales.

Para las pruebas semi-comerciales se seleccionaron las mejores líneas que superaron los testigos en los ensayos de rendimiento del proyecto "Obtención de nuevas variedades de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.), en la República Dominicana". En genotipos de granos rojos fueron sembradas las líneas RD-201643-16, RD-209108-26 y RD-209210. En granos negros se utilizaron las líneas RD-209149 y RD-209149-AX.

Las líneas fueron sembradas en el mes de noviembre del 2010 al 2012, en la EEAL y en fincas de productores, localizadas en Suares, La Ceiba y Habanero en San Juan de la Maguana, en parcelas de 300 metros cuadrados por genotipos y utilizando el testigo del productor. Se sembraron con máquinas tiradas por tracción animal; a cada parcela se le aplicó el mismo manejo agronómico que realizó el productor en las diferentes zonas de San Juan.

Los resultados de rendimiento de granos rojos nos indican que las líneas RD-201643-16, RD-209108-26 pueden ser liberadas como nuevas variedades de habichuela de grano rojo moteado, por su potencial de rendimiento, arquitectura, granos comerciales y tolerancia a la roya. En las líneas de granos negros las líneas RD-209149 y RD-209149-AX, con rendimiento superiores a la variedad testigo 'DPC-40' y por su resistencia a la roya y al mosaico dorado pueden ser liberadas como nuevas variedades.



Prueba semi-comercial de genotipos de habichuela rojo moteado, en Habanero, Pedro Corto



Línea de habichuela RD-201643-16

Resultados 2: Determinar las Preferencias de los Productores

A) Encuesta a Productores

El estudio se elaboró sobre la preferencia de los productores y comerciantes, con el objetivo de proporcionar elementos para el proyecto desarrollo de habichuela biofortificada en hierro y zinc, y a la vez determinar las características requeridas en habichuela por los productores y consumidores, ya que es al final a quienes se debe satisfacer.

Se entrevistaron productores de habichuela en las diferentes zonas de San Juan, Higüey, Jarabacoa, Constanza, Independencia, Elías Piña y Neiba. La población se definió en base al número de agricultores de las diferentes asociaciones de productores. Los comerciantes se determinaron en base al comercio ya establecido y con los productores como referencia de a quienes ellos venden. Esta consulta se realizó entre los meses de Agosto a Noviembre 2011. Se realizaron de dos a tres giras a cada localidad, la primera con el fin de estudiar el lugar de trabajo y hacer un sondeo sobre las variables a estudiar y evaluar, y las otras dos con el fin de aplicar la encuesta a los productores de habichuela.

Se investigaron las variedades que más prefieren los productores, los tipos que hay en el mercado de habichuela, los factores que determinan la siembra y las características que se toman en cuenta al momento de la compra, así como la relación entre comerciantes y productores para el mercadeo de las habichuelas.

Para determinar las preferencias de los productores se realizó una encuesta a productores de habichuela en la región suroeste (San Juan, Neiba, Elías Piña- Hondo Valle, Independencia: Duvergé-Puerto Escondido, Postrer Rio y La Descubierta). En el sureste (Higüey y el Seibo) y en el norte (Jarabacoa y Constanza).

B) Metodología

Se aplicaron encuestas a nivel de las principales zonas de producción de habichuela, cuyo tamaño de muestra se determinó estimando proporciones con base en la población de agricultores asociados de cada provincia que produce habichuela. A partir de éstos, se determinó una población total a muestrear de 179 personas por todas las zonas productoras del país; por lo que se hizo una ponderación de acuerdo con el tamaño poblacional en cada región. En el Norte se aplicaron 29 encuestas, en el Este 48 y en el Sur 102.

Una vez definido el tamaño de la muestra se procedió a obtener los nombres de los agricultores, de manera aleatoria, con dos suplentes, en base al listado de agricultores comprendidos en el marco de muestreo y que pertenecen o no a algún grupo de productores.

Las diferentes variables encuestadas fueron:

- a) Informaciones socioeconómicas de los productores
- b) Datos relativos al recurso tierra
- c) Recursos Financieros
- d) Siembra, producción y cosecha

C) Técnicas de Análisis

Se recopilaron los datos a través de un cuestionario el cual fue analizado en Excel y procesado en el paquete estadístico InfoStat. A cada respuesta cualitativa se le asignó un código numérico y las cuantitativas se registraron directamente en sus unidades numéricas correspondientes.

Se analiza el comportamiento de las diferentes variables que están vinculadas a la parte social del productor, forma de tenencia de la tierra, recursos financieros, producción, siembra y comercialización de las habichuelas.

*Aplicación de encuestas a
productores de habichuela en
Puerto Escondido, provincia
Independencia*

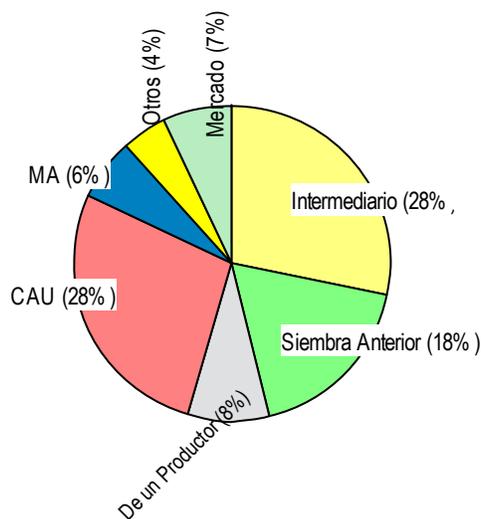


D) Resultados sobre Informaciones Socioeconómicas de los Productores

La edad promedio de los productores es de 51 años, siendo la edad mínima de los encuestados de 22 años y la mayor de 79 años respectivamente, con un número de dependientes promedio de cinco y un máximo de 19 hijos. Con relación al tiempo que tienen trabajando agricultura, el promedio es de 30 años con una mínima de 12 años y un máximo de 63 años y sembrando habichuela se tiene un promedio de 25 años.

E) Resultados sobre Material de Siembra

Cuando se les preguntó a los productores donde adquieren las semillas, encontramos que el 56% adquiere el material de siembra de los intermediarios y del Comité Agropecuario Unitario de San Juan. El 18% de los productores adquieren el material de siembra, de la cosecha anterior. El 8% la adquiere de otros productores, 7% del mercado, el 6% del Ministerio de Agricultura y el 4% prestadas y del mercado.



Resumen de las informaciones de adquisición de material de siembra en porciento (%) de los productores encuestados. Noviembre 2010

3.0 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

1. Los análisis de contenido nutricional indican que los mejores materiales con resultado confirmado con dos ciclos o más con alto contenido de hierro y zinc son: NUA-40B con 67 y 37, NUA-294 con 65 y 42, RD-201197-1 con 65 y 30, NUA-239 con 65 y 32, NUA-367 con 64 y 25, NUA-195 con 61 y 25, NUA-512 con 58 y 37, NUA-145 con 57 y 55, NUA-230-A con 61 y 36 y NUA-289 con 56 y 37 unidades ppm, respectivamente, en comparación con los testigos 'Buena Vista' con 43 y 34 y CAL 96 con 44 y 29 unidades de ppm respectivamente.
2. En los resultados de los análisis de contenido nutricional hay 19 genotipos identificados con alto contenido de hierro y de zinc cuyos resultados deben ser confirmados en vista de que los mismos solo se refieren a un solo ciclo de siembra.
3. En el ensayo de rendimiento de líneas de habichuela rojo moteado del 2013 el testigo la variedad 'Buena Vista' con rendimiento de 3.37 qq/ta (2,445 kg/ha) superó estadísticamente a la línea NUA-353 con rendimiento de 1.72 qq/ta (1,245 kg/ha).
4. Para el ensayo de rendimiento de líneas de habichuela de granos negros, en el 2011-2012, la línea RD-209202-2 con 4.41 qq/ta (3,194 kg/ha) fue superior estadísticamente, al testigo la variedad 'DPC-40' con rendimiento promedio de 3.68 qq/ta (2,665 kg/ha).
5. Para el 2012-2013 en el ensayo de rendimiento negro la línea SEQ-342-89 con rendimiento de 4.58 qq/ta (3,316 kg/ha) superó estadísticamente, al testigo la variedad 'DPC-40' y a la línea SMN-18 con rendimiento promedio de 3.13 qq/ta (2,265) y 3.23 qq/ta (2,342 kg/ha) respectivamente.
6. En el ensayo de rendimiento de líneas de habichuela negra 2013-2014, la línea SEQ-342-89 con rendimiento de 3.93 qq/ta (2,850 kg/ha), fue superior estadísticamente a la variedad importada 'LORETO', la cual obtuvo un rendimiento de 2.79 qq/ta (2,021 kg/ha).

7 . En las pruebas semi-comerciales las líneas rojo moteado RD-209108-26 y RD-201643-16 con rendimientos promedios de 2.48 qq/ta (1,794 kg/ha) y 2.98 qq/ta (2,161 kg/ha) respectivamente, obtuvieron un rendimiento mayor que el testigo la variedad 'Buena Vista', la cual resultó con un rendimiento de 2.24 qq/ta (1,622 kg/ha).

8 . En la prueba semi-comercial de granos negros las líneas RD-209149 y RD-209149-AX con rendimientos de 3.37 qq/ta (2,445 kg/ha) y 3.29 qq/ta (2,382 kg/ha) respectivamente, obtuvieron un rendimiento mayor que el testigo la variedad 'DPC-40', la cual obtuvo un rendimiento de 3.23 qq/ta (2,343 kg/ha).

9 . En el estudio de preferencia a los productores, la edad promedio de los productores es de 51 años y en su gran mayoría no tienen relevo generacional que pueda seguir produciendo.

10 . Los productores prefieren sembrar habichuela del tipo rojo (Buena Vista, PC-50 y José Beta), y la elección de una variedad a sembrar está más influenciada por el comercio que por los atributos de las variedades.

11 . Los productores de la provincia de San Juan prefieren sembrar habichuela del tipo rojo moteado y yacomelo en un 90%

12 . Para las provincias Independencia, Bahoruco y Comendador los productores de habichuela prefieren las de grano negro en un 78%.

13 . Los productores de la provincia La Altagracia (Higüey) prefieren la habichuela rojo moteado en un 57%.

14 . Los productores de la Provincia de La Vega prefieren en un 100%, la siembra de habichuela rojo moteado.

15 . Los productores manifestaron que tienen problemas de comercialización, por lo que han generado déficit o superávit de algunas variedades en los mercados a nivel nacional.

4.0 CONCLUSIONES

1. Se analizaron para determinar el contenido de hierro y zinc, 606 genotipos de habichuelas de diferentes colores de grano durante el período 2011- 2014 en San Juan y La Vega.
2. Los análisis de laboratorio arrojaron que 29 genotipos mostraron altos niveles de hierro y zinc. Se confirmó mediante la repetición de los análisis que de los 29 genotipos 10 poseen alto contenido de hierro y zinc, estos fueron :NUA-40B con 67 y 37, NUA-294 con 65 y 42, RD-201197-1 con 65 y 30, NUA-239 con 65 y 32, NUA-367 con 64 y 25, NUA-195 con 61 y 25, NUA-512 con 58 y 37, NUA-145 con 57 y 55, NUA-230-A con 61 y 36 y NUA-289 con 56 y 37 ppm, respectivamente, en comparación con los testigos 'Buena Vista' con 43 y 44 y CAL 96 con 44 y 29 unidades ppm, respectivamente.
3. Las líneas de habichuela evaluadas en los ensayos de rendimiento rojo moteado poseen rendimientos similares al testigo la variedad 'Buena Vista'.
4. Para el ensayo de rendimiento de líneas de habichuela de granos negro, en el 2011-2012 la línea RD-209202-2 con 4.41 qq/ta (3,194 kg/ha) fue superior estadísticamente al testigo la variedad 'DPC-40' con rendimiento promedio de 3.68 qq/ta (2,665 kg/ha).
5. Para el 2012-2013 en el ensayo de rendimiento negro, la línea SEQ-342-89 con rendimiento de 4.58 qq/ta (3,316 kg/ha) superó estadísticamente al testigo la variedad 'DPC-40' y la línea SMN-18 con rendimiento promedio de 3.13 qq/ta (2,265 kg/ha) y 3.23 qq/ta (2,342 kg/ha), respectivamente.
6. En el ensayo de rendimiento de líneas de habichuela negra 2013-2014, la línea SEQ-342-89 con rendimiento de 3.93 qq/ta (2,850 kg/ha) fue superior estadísticamente a la variedad importada 'LORETO', la cual obtuvo un rendimiento de 2.79 qq/ta (2,021 kg/ha).
7. Los productores de las provincias Bahoruco, Independencia y Comendador prefieren las habichuelas de grano negro en 56, 86 y 92%, respectivamente.
8. Los productores de las provincias La Altagracia, San Juan y La Vega prefieren la siembra de habichuela de grano rojo moteado y yacomelo en un 57, 91 y 100%, respectivamente.
9. Los productores de los municipios de La Descubierta y Postrer Rio en la Provincia Independencia mostraron preferencia por los granos blanco en un 13%.

10. Los resultados de la investigación del estudio de mercado indican que en la República Dominicana existe heterogeneidad en la producción de habichuela, lo que permite la existencia de segmentos y nichos de mercado para diferentes tipos, variedades, calidades y presentaciones determinados por los gustos y preferencias de los consumidores.

11. En razón de que los consumidores no son indiferentes a la oferta diversificada de habichuela ni a los cambios en el precio, el incremento de este último provocará la disminución en la cantidad demandada o la sustitución por otros tipos de granos o por alimentos de menor precio.

5.0 RECOMENDACIONES

- Se debe continuar con la búsqueda de genotipos biofortificados, porque quienes padecen deficiencia de hierro pueden presentar un deterioro en su desarrollo mental y físico durante la niñez, lo cual afecta su capacidad de aprendizaje. Así como también continuar con los estudios de mercado de los consumidores tendente a medir los gustos y preferencia de las variedades de habichuela.
- Multiplicar las líneas de habichuela que tienen confirmado el alto contenido de hierro y zinc, para ser incorporadas en los ensayos formales, en los planes sociales del gobierno y en el almuerzo escolar.
- Se deben confirmar los resultados de 19 genotipos faltantes que mostraron alto contenido de hierro y zinc en una única evaluación.
- Como las líneas NUA-512, NUA-145 y NUA-239 tienen alto contenido de hierro y zinc y son de grano color rojo moteado y con características comerciales y buen potencial de rendimiento pueden ser liberadas como variedades. Esto último debe hacerse una vez que las mismas sean validadas en parcelas de productores con la gestión técnica de los propios productores.
- Es necesario dar a conocer a los consumidores las propiedades de las variedades de habichuela que se generan, con el objetivo de que las diferencien no sólo por el color o el tamaño de grano, sino por características intrínsecas tales como el contenido de proteínas, hierro y zinc, lo que permitiría, además, ampliar la cobertura de mercado del cultivo.



ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1 Mejores genotipos con alto contenido de hierro y zinc expresados en ppm cosechados en la Estación Experimental Arroyo Loro, Mayo 2011-2014.

Genotipos	2011		2012		2013		2014	
	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn
NUA-512	111	23	61	24	59	37	57	28
NUA-195	61	25			55	24		
NUA-195-B			58	31	59	32		
NUA-145	138	25			57	55		
NUA-294			64	42	60	45	65	42
NUA-230-A			61	36	62	37		
NUA-40B					57	39	67	37
NUA-367	64	25	78	24			65	25
NUA-122			65	30			56	35
RD-201197-1			65	30	56	35	57	38
NUA-289					56	61	56	37
NUA-239			60	23	65	32		

Anexo 2 Resumen de 19 genotipos con alto contenido de hierro y zinc, sujeto a confirmación en una próxima siembra y envío de muestra al laboratorio, Mayo 2014.

Genotipos	Fe (ppm)	Zn (ppm)
NUA-235	60	23
SMN-19	64	33
SEQ-342-87	58	31
SMN-16	59	38
NUA-289	56	61
NUA-353-A	56	40
RD-2967	61	39
RD-2980	56	69
RD-209149-AX-3	56	38
SMN-9	55	40
SEN-15	55	30
SEN-53	55	34
NUA-174-B	58	32
NUA-408-A	55	32
RD-201761	61	26
RD-209020AX	64	27
NUA-235-A	56	41
NUA-368	58	37
NUA-144	58	46

Anexo 3. Días a flor, días a cosecha, peso de 100 granos en gramos, y rendimiento en kg/ha del Rendimiento Rojo, sembrado en la Estación Experimental Arroyo Loro. San Juan de la Maguana, R.D., Marzo del 2013.

Genotipos	Días a Flor	Días cosecha	Peso de 100 granos en gr.	Rend. kg/ha
NUA-145	36	78	42	1,736
NUA-367	36	76	46	1,779
PR-0413-5	36	77	40	1,814
NUA-512	33	78	49	1,840
NUA-408	32	82	50	1,845
BUENA VISTA*	32	77	52	1,878
NUA-239	36	76	41	1,882
RD-209210-3	34	76	47	1,897
RD-209045-4	35	76	41	1,922
RD-209108-5	33	75	45	2,050
NUA-131	35	81	49	2,160
DMS (0.05%)	1.08	6.26	5.59	619.16

*Testigo

Anexo 4. Días a flor, evaluación a Mildiu, peso de 100 granos en gramos, y rendimiento en kg/ha del Rendimiento Rojo, sembrado en la Estación Experimental Arroyo Loro. San Juan de la Maguana, R.D., Marzo del 2014.

Genotipos	Días a Flor	Días cosecha	Mosaico dorado	Vainas plantas	Granos vainas	Peso de 100 granos en gr.	Rend. kg/ha
NUA-353	34	82	3	6	3	49	1,234
NUA-145	35	82	1	7	3	44	1,657
NUA-239	35	80	2	7	4	45	1,693
NUA-249	34	80	2	8	4	39	1,716
NUA-331-A	32	79	1	8	3	42	1,800
NUA-367	35	81	1	6	4	45	1,942
NUA-512	33	82	2	7	3	53	2,002
YACO J-1	33	80	3	9	4	48	2,052
BUENA VISTA*	31	75	1	7	3	63	2,445
DMS (0.05%)	2.92	6.74		2.14	1.27	11.92	928.88

*Testigo

Anexo 5. Rendimiento Yacomelo, días a flor, días a cosecha, evaluación a Mildiu, peso de 100 granos en gramos y rendimiento en kg/ha sembrados en la Estación Experimental Arroyo Loro. San Juan de la Maguana, R.D., Marzo del 2012.

Genotipos	Días a flor	Días a cosecha	Evaluación Mildiu	Peso de 100 granos en gramos	Rend. kg/ha
RD-209011	31	75	3	44	1,647
RD-209014-B	32	74	4	46	1,727
ND-4540	33	74	5	48	1,741
DAKOTA	32	74	5	53	1,774
RD-209014-4	32	75	5	50	1,807
RD-209014-C-A	32	74	5	46	1,916
RD-209071	31	74	4	48	1,916
CAPRI	32	77	4	46	1,967
YACO IMPORT	32	74	7	47	2,054
IDIAF YACONIN*	31	74	7	52	2,065
DMS (0.05%)	0.385	2.45	2.67	4.97	423.75

*Testigo

Anexo 6. Rendimiento Yacomelo, días a flor, días a cosecha, peso de 100 granos en gramos y rendimiento en kg/ha sembrado en la Estación Experimental Arroyo Loro. San Juan de la Maguana, R.D., Marzo del 2013.

Genotipos	Días a flor	Días a cosecha	Peso de 100 granos en gramos	Rendimiento en (kg/ha)
RD-2951	33	75	47	1,619
RD-2910	33	75	42	1,644
RD-2571	32	75	43	1,688
RD-2586	33	75	47	1,735
RD-2957	33	75	48	1,736
RD-2571	32	78	46	1,809
RD-2911	33	75	49	1,848
IDIAF YACONIN	32	75	47	1,890
RD-2960	32	75	50	1,967
RD-2945	35	75	48	2,124
DMS (0.05%)	1.89	1.15	5.29	439.58

*Testigo

Anexo 7. Rendimiento Negro, días a flor, días a cosecha, evaluación a Mildiu, peso de 100 granos en gramos y rendimiento en kg/ha sembrados en la Estación Experimental Arroyo Loro. San Juan de la Maguana, R.D., Marzo del 2012.

Genotipos	Días flor	Días a cosecha	Evaluación a Mildiu	Peso 100granos gramos	Rend. kg/ha
DPC-40*	37	85	2	20	2,265
AIFI WRITE	36	84	2	22	2,449
RD-209202-3	36	83	2	25	2,546
ICTA-ZAM	36	82	2	25	2,668
RD-209202-1	36	83	3	27	2,688
EA-57	37	87	3	21	2,689
PR-X01-10-152-2A	36	83	3	24	2,769
PR-144-214-16	36	83	2	23	2,773
PR-99-102-2	36	86	2	22	2,878
RD-209002-2	36	85	2	24	3,019
RD-209149-AX	36	83	2	27	3,089
RD-209202-2	35	82	2	29	3,194
DMS (0.05%)	2.34	3.93	0.79	4.38	645.10

*Testigo

Anexo 8. Rendimiento Negro, días a flor días a cosecha, peso de 100 granos en gramos y rendimiento en kg/ha sembrados en la Estación Experimental Arroyo Loro. San Juan de la Maguana, R.D., Marzo del 2013.

Genotipos	Días flor	Días a cosecha	Peso 100granos gramos	Rend. kg/ha
DPC-40*	43	88	19	2,265
SMN18	41	84	31	2,342
RD-29115	43	86	24	2,447
BIO-14-84	42	85	26	2,456
SEN46	39	83	25	2,502
SMN-16	41	87	29	2,673
RD-2958	43	87	25	2,673
SEN-48	36	79	29	2,745
SCN-8	39	82	26	2,760
RD-2961	44	88	21	2,969
SEQ-342-39	43	89	20	2,987
SEQ-342-89	41	89	21	3,316
DMS (0.05%)	3.73	5.82	3.87	892.51

*Testigo

Anexo 9. Rendimiento promedio en kg/ha, qq/ta y contenido de Fe y Zn de pruebas semi-comerciales en cuatro localidades con genotipos de habichuela rojo moteado, en San Juan, Marzo 2011.

Genotipos	Suares	Habanero	Punta Caña	EEAL	Promedio kg/ha	qq/ta	Fe	Zn
RD-209108-26	2,146.7	2,573.0	1,673.1	2,460.7	2,213.4	3.05	51	22
RD-201643-16	1,760.8	2,471.3	1,720.8	2,595.5	2,137.1	2.95	51	21
RD-209210	1,514.3	2,068.6	1,339.3	2,794.1	1,929.1	2.66	54	24
José Beta	2,157.8	2,267.2	n/s	n/s	2,212.5	3.05	62	20
CAL-96	n/s	2,097.0	1,537.6	2,222.3	1952.3	2.69	41	21
PC-50	n/s	n/s	n/s	2,196.7	2,196.7	3.03	52	24
Promedio	1,894.9	2,295.4	1,567.7	2,453.7	2,106.7	2.91		

Nota: n/s:- No siembra

Anexo 10. Rendimiento promedio en kg/ha, qq/ta y contenido de Fe y Zn de dos localidades de prueba semi-comerciales de genotipos de habichuela negra en San Juan, Marzo 2011.

Genotipos	Suares	EEAL	Promedio kg/ha	qq/ta	Fe	Zn
RD-209149	2,670.0	2,710.1	2,690.1	3.71	42	21
RD-209149-AX	1,775.6	2,385.5	2,080.6	2.87	40	22
DPC-40	1,376.7	2,362.0	1,869.3	2.58	40	22
Promedio	1,940.8	2,485.9	2,213.3	3.05		

Anexo 11. Rendimiento promedio en kg/ha, qq/ta y contenido de Fe y Zn de cuatro localidades de pruebas semi-comerciales de genotipos de habichuela Rojo Moteado, en San Juan. Marzo 2012.

Genotipos	Suares	Habanero	EEAL	La Ceiba	Promedio kg/ha	qq/ta	Fe	Zn
RD-209108-26	1,498	1,372	1,440	2,865	1,794	2.48	47	23
RD-201643-16	1,433	1,821	1,914	3,476	2,161	2.98	44	21
José Beta	n/s	1,538	n/s	3,142	2,340	3.23	32	22
Buena Vista*	1,582	n/s	1,663	n/s	1,622	2.24	41	28
Promedio	1,504	1,577	1,672	3,161	1,979	2.73	-	-

*Testigo

Anexo 12. Rendimiento en kg/ha, qq/ta y contenido de Fe y Zn de prueba semi-comercial de genotipos de habichuela negra en San Juan. Marzo 2012.

Genotipos	EEAL kg/ha	qq/ta	Fe	Zn
RD-209149	2,445	3.37	42	21
RD-209149-AX	2,382	3.29	40	22
DPC-40*	2,343	3.23	35	26
Promedio	2,390	3.30	-	-

*Testigo

Anexo 13. Resumen de las informaciones de producción por preferencia de tipos de granos en por ciento (%) de los productores encuestados. Noviembre 2010.

Provincias	Municipios	Yacomelo	Rojo	Negro	Blanco
Bahoruco	Neiba		44	56	
Comendador	Hondo Valle		8	92	
Independencia	Descubierta			88	13
Independencia	Postrer Rio			88	13
Independencia	Puerto Escondido		18	82	
La Altagracia	Higüey		57	43	
La Vega	Jarabacoa		100		
San Juan	San Juan	43	48	9	



Otro de los ensayos en habichuela producido por los investigadores de la Estación Experimental Arroyo Loro



BIBLIOGRAFIA
GLOSARIO
AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFIA

Aftab, M, A. Freeman and T. Bretag. 2005. Seed health testing in Pulse Crops. AG1250. Agriculture Notes. State of Victoria, Department of Primary Industries. 3 pp.

Allen, D.J; R.A. Buruchara and J. B. Smithson. 1998. Diseases of common bean In: The Pathology of Food and Pasture Legumes: Edited by D.J. Allen and J.M Lenne. ICRISAT.

Allen, D.J. & Lenne, J.M. (eds). 1998. The Pathology of Food and Pasture Legumes. CAB International, UK & International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), India. 750 pp.

Araya, C.M. 1996. Pathogenic and molecular variability and telia production of *Uromyces appendiculatus* isolates from the Andean and Middle American centers of domestication of common bean. PhD. Dissertation. University of Nebraska, Lincoln 159 p.

Araya, R, Martínez Umaña, K. López, A, Murrillo, A. 2013. Protocolo para el manejo poscosecha de la semilla de frijol. 1 ed. –Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). San José, Costa Rica, 39 pp.

Arias, J., Godoy-Lutz, G.; Arnaud-Santana, E. & Steadman, J.R. 2002. Estrategias para el manejo de la roya del frijol común basada en la variabilidad patogénica de *U. appendiculatus*. XLVIII Reunión Anual PCCMCA. Boca Chica, Rep. Dominicana

Arias, J.; Segura, Y. & Godoy de Lutz, G. 2003. Epidemiología del virus del Mosaico Necrótico Común del Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Resumen. Primer Congreso Bianual de la SODIAF. Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales. 30 y 31 de Octubre 2003. Santo Domingo, Rep. Dominicana, p.10

Arnaud-Santana, E; A, de los Santos y S. Nova. 1997. Guía práctica para la producción de semillas de habichuelas de buena calidad. Hoja divulgativa No.1-97. Proyecto Cooperativo Titulo XII. Habichuela-Cowpea. República Dominicana.

Arnaud-Santana, E.; Coyne, D.P.; Godoy-Lutz, G.; Beaver, J.S.; Steadman, J.R., 1996. Use of cultural practices to reduce bean golden mosaic damage to dry beans in the Dominican. Annu. Rep. Bean Improv. Coop. 39, 79. Arnaud-Santana, E.; Peña-Matos, E.; Coyne D.P.; Vidaver, A.K. 1991. Longevity of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* in naturally infested dry beans (*Phaseolus vulgaris*) debris. Plant Dis. 75: 952-953.

Association of Official Seed Analysts. 1999. Rules for Testing Seeds. AOSA, Beltsville, MD.

Beaver, J.S.; Godoy Lutz, G.; Steadman, J.R. & Porch Clay, T.G. 2011. Release of 'Beniquez' White Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivar. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 95:237-240.

Beaver, J.S.; Rosas, J.C.; Myers, J.; Acosta, J.; Kelly, J.D.; Nchimbi-Msolla, S.; Misagu, R.; Bokosi, J.; Temple, S.; Arnaud-Santana, E. & Coyne, D.P. 2003. Contributions of the Bean/Cowpea CRSP to cultivar and germplasm development in common bean. Field Crops Research 82: 87-102

Blair, M.W. & Beaver, J.S. 1993. Inheritance of bean golden mosaic resistance from bean genotype A 429. Annu. Rpt. Bean Improv. Coop. 36:143.

Blair, M. 2003. Mejoramiento de la nutrición humana en comunidades pobres de América Latina utilizando maíz (QPM) y frijol común biofortificado con micronutrientes” (en línea). Cali, Colombia, CIAT. Consultado el 12 jun. 2014. Disponible en: http://www.fontagro.org/sites/default/files/prop_03_05.pdf

Blair, M. 2008. Científicos desarrollan frijol para combatir la desnutrición. Agricultura Eco-eficiente para reducir la pobreza: Innovaciones y retos (en línea). Boletín Electrónico No. 2. Consultado el 16 mar. 2009. Disponible en: http://www.ciat.cgiar.org/es/sala_not/boletin_electronico/boletin_02/boletin02_historia2.htm

Brunt, A.A., Crabtree, K., Dallwitz, M.J., Gibbs, A.J., Watson, L. and Zurcher, E.J. (eds.) (1996 onwards). 'Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database. Versión: 20th August 1996.'

Cedano, Juan. 2006. Guía Técnica Cultivo del Guandul.. CEDAF, Santo Domingo. República Dominicana. 84 pp. CEI-RD (Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana). 2011. Perfil económico de la habichuela. Gerencia de Investigación de Mercados Dominicana Exporta. Santo Domingo, República Dominicana. 22 pp.

Charya, M.A.S. and S.M. Ready. 1979. Studies on seed mycoflora of *Cajanus cajan*. Geobios 6: 299-301.
Choto, C.; Rubio, W.; Montenegro, T.; Viana, A.; Ayala, J. 1993 Diagnóstico y monitoreo de limitantes bióticas en el cultivo del frijol en postrera. CDT. CENTA-Profríjol. Izalco. El Salvador. 20 pp.

CIAT (Centro Internacional para la Agricultura Tropical, CO). 2000. Bean Improvement. Highlights 2000. Cali, Colombia.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1987. Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. CIAT, Cali, Colombia.

Coyne, D.P.; Steadman, J.R.; Godoy-Lutz, G.; Gilbertson, R.; Arnaud Santana, E. 2003. Contributions of the Bean/Cowpea CRSP to management of bean diseases. Field Crops Res. 82:155-168.

David, S. 1998. Producing bean seed. Handbooks for small-scale seed producers. Handbook One. Network on Bean research in Africa. Occasional Publication. Series no. 29. CIAT: Kampala, Uganda. 70 pp.

Díaz, Alejandra. 2008. Buenas Prácticas Agrícolas: guía para pequeños y medianos agroempresarios. Tegucigalpa, Honduras. IICA. 58 pp.

Dr.FungusOnline.2007. Mycosis Study Group. Taxonomy and Nomenclature. Disponible en: <http://www.doctorfungus.org/contact/index.php>

Dry Bean Pulses Project (DBPP). Michigan State University. 2012 .Haiti Progress Report IICA

BTD project march-april 2012. 9 p. Consultado el 11 jun. 2014. Disponible en: <http://legumelab.msu.edu/uploads/files/Haiti%20Report%20IICA%20BTD%20Project%20March-April%202012.pdf>

Duniway, J.M. & Durbin, R.D. 1971. Some effects of *Uromyces phaseoli* on the transpiration rate and stomatal response of bean leaves. Phytopathology 61: 114–119.

El Nuevo Diario. 2014. Productores de San Juan denuncian importación irregular de habichuelas. Febrero, 18. República Dominicana. El Nuevo Diario. p. 2. Consultado el 21 feb. 2014. Disponible en: <http://www.elnuevodiario.com.do/app/article.aspx?id=363737>

Espinosa, R. 2006. Mosca blanca causa pérdidas en plantaciones de habichuela. Periódico Hoy, Santo Domingo, Rep. Dom.14 dic. 2006.

Gitaitis, R. and R. Walcott. 2007. The Epidemiology and Management of Seedborne Bacterial Diseases. Annu. Rev. Phytopathol. 45:371–97.

Godoy-Lutz, G.; Arnaud-Santana, E; Arias, J.A. 1997. La Cancerosis del tallo del guandul. Hoja divulgativa 4-97. Proyecto Cooperativo Titulo XII. Habichuela/Cowpea CRSP. CIAS-arroyo Loro Republica Dominicana. 2 pp

Godoy-Lutz, G.; Arias, J.; Steadman, J.R.; Eskridge, K.M. 1996. Role of natural seed infection by the web blight pathogen in common bean seed damage, seedling emergence, and early disease development. *Plant Dis* 80:887–890.

Godoy Lutz, G.; Segura, Y.; Steadman, J.R.; Miklas, P. 2004. Presence of common mosaic necrotic virus in the Dominican Republic: A new challenge for dry beans breeders and growers in the Caribbean region. *Ann. Rep. Improv. Coop* 47: 119-120.

Godoy-Lutz, G.; Steadman, J.R.; Higgins, B. & Powers, K. 2003. Genetic Variation among isolates of the web blight pathogen of common bean based on PCR-RFLP of its ITS-rDNA region. *Plant Dis*.87: 766-771.

Goswami, R.S., Y. Dong, and Z.K. Punja. 2008. Host range and mycotoxin in production by *Fusarium equiseti* isolates originating from ginseng fields. *Can.J. Plant Pathol.* 30: 155-160.

Hodge, K. 2005. The WWW Virtual Library: Mycology. <http://mycology.cornell.edu/HarvestPlus>. Fríjol biofortificado. Consultado el 13 mar 2009. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Disponible en: http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Outputs/Misc_Crop/beanssp.pdf

ICTVdB Management (2006a). 00.057.0.01.007. Bean common mosaic virus. In: ICTVdB - The Universal Virus Database, version 4. Büchen-Osmond, C. (Ed), Columbia University, New York, USA.

ICTVdB Management (2006b). 00.057.0.01.008. Bean common mosaic necrosis virus. In: ICTVdB - The Universal Virus Database, version 4. Büchen-Osmond, C. (Ed), Columbia University, New York, USA.

ICTVdB Management (2006c). 00.011.0.05.003. Tomato spotted wilt virus. In: ICTVdB - The Universal Virus Database, version 4. Büchen-Osmond, C. (Ed), Columbia University, New York, USA.

ICTVdB Management (2006). 00.029.0.03.001. Bean golden yellow mosaic virus. In: ICTVdB - The Universal Virus Database, version 4. Büchen-Osmond, C. (Ed), Columbia University, New York, USA

International Seed Testing Association (ISTA). 1999. International Rules for Seed Testing, Rules 1996. *Seed Sci. Technol.* 24 Suppl.

ISTA, 2007. International Rules for Seed Testing. Annexe to Chapter 7: Seed Health Testing Methods. 7-021: Detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* on *Phaseolus vulgaris*.

ISTA, 2008. International Rules for Seed Testing. Annexe to Chapter 7: Seed Health Testing Methods. 7-006: Detection of *Colletotrichum lindemuthianum* on *Phaseolus vulgaris* (Bean).

Jochua, C.; Amane, M.I.V.; Steadman, J.R.; Xua, X. & Eskridge, K.M. 2008. Virulence diversity of common bean rust pathogen within and among individuals bean fields and development of sampling strategies. *Phytopathology* 92: 401-408.

Kelly, J.; Gepts, P.; Miklas, P.N., Coyne, D.P. 2003. Tagging and mapping of genes and QTL and molecular marker-assisted selection for traits of economic importance in bean and cowpea. *Field Crops Research* 82:135–154.

Kelly, J. 2004. Advances in common bean improvement: some case histories with broader applications. *Acta Horticulturae*. 2004; 637:99–122.

Licata, M. El hierro en la nutrición (en línea). Zonadiet. Consultado 19 ago. 2014. Disponible en: <http://www.zonadiet.com/nutricion/hierro.htm>

Leitão, S.T.; Almeida, N.F.; Moral, A.; Rubiales, D.; Vaz Patto, M.C. 2013. Identification of resistance to rust (*Uromyces appendiculatus*) and powdery mildew (*Erysiphe diffusa*) in Portuguese common bean germplasm. *Plant Breeding* 132: 654–657.

Maury, Y., C. Duby, and R.K. Khetarpal. 1998. Seed certification for viruses. Pp 237-2245. In: A. Hadidi, R.K. Khetarpal and H. Koganezawa (eds). *Plant virus disease control*.

Membreño, J., Zapata, M., Beaver, J. & Smith, R. 2001. "Microflora en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*)". *Agronomía Mesoamericana*, 12: 135-139.

Miklas, P.N.; Kelly, J.D.; Beebe, S.E. & Blair, M.W. 2006: Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding. *Euphytica* 147: 105-131.

Ministerio de Agricultura. 2014. Estadísticas Agropecuarias. Exportaciones de Leguminosas. Disponible en www.agricultura.gov.do/estadisticas/exportaciones-agropecuarias/. Consultado 12-02-2014.

Mmbaga, M.T.; Steadman, J.R.; Eskridge, K.M. 1996. Virulence patterns of *Uromyces appendiculatus* from different geographical areas and implications for finding durable resistance to rust of common bean. *J Phytopathol* 144:533–541.

Montoya-Estrada, C.N y J. Castaño-Zapata. 2009. Microorganismos asociados con granos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad cargamanto blanco *Agronomía* 17: 25 – 35.

Morales, F.J. 1998. Present status of controlling Bean Common Mosaic virus. APS Press: St. Paul, Minnesota.
Morales, F. J. 1989. Bean Common Mosaic: Screening for disease resistance. CIAT, Cali, Colombia. 28 p.

Pachón, H. 2007. Cultivos básicos biofortificados para abordar deficiencias nutricionales y la inseguridad alimentaria nutricional en Latinoamérica y el Caribe. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Congreso Nacional de Nutrición Armenia, Colombia. Consultado el 13 mar 2009. Disponible en: http://www.agrosalud.org/descargas/cultivos_basicos_biofortificados_helena_congreso.pdf Prophete, E.;

Demosthene, G.; Godoy, Lutz, G.; Porch, T. & Beaver, J. 2014. Registration of PR0633-10 and PR0737-1 Dry Bean Germplasm Lines. *Journal of Plant Registrations* (En prensa).

Rondini, E.A.; Barrett, K.G. and Bennink, M.R. 2012. Nutrition and Human Health Benefits of Dry Beans and Pulses, in *Dry Beans and Pulses Production, Processing and Nutrition* (eds). M. Siddiq and M. A. Uebersax), Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. doi: 10.1002/9781118448298.ch14

Rubens, E. 2009. RD tiene 400,000 tareas para habichuelas negras. *Hoy*. Santo Domingo, Rep. Dom. 20 jun.
Ruiz, E. 2014. En el 2013 las exportaciones de RD hacia Haití crecen en 27%. *Diario Libre*. Santo Domingo, Rep. Dom. 27 ene.

Saladín, F. 1994. Alternativas para el manejo integrado en el control del virus del mosaico dorado del frijol en República Dominicana. In: *Mosaico Dorado del Frijol: Avances de investigación*. Memoria del Taller Internacional de Mosaico Dorado del Frijol. Ciudad de Guatemala, Guatemala. Nov. 9-13, 1993.

Saladín, F. & Morales, F.J. 2000. Bean golden mosaic and other diseases of common bean caused by whitefly-transmitted geminiviruses in Latin America. 1960-2000, 40 years of Collaborative Research. CIAT, Cali, Colombia. 169 pp. Schoonhoven, A. Van, & Pastor-Corrales, M.A. (comps.). 1987. Sistema estándar para la evaluación de genoplasma de frijol. Cali, Col., Centro Internacional de Agricultura Tropical. 56 p.

Schwartz, H.F., Katherman, M.J. & Thung, M.D.T. 1981: Yield response and resistance of dry beans to powdery mildew in Colombia. *Plant Dis*. 65: 737-738.

Schwartz, H. F., Steadman, J. R., Hall, R., Forster, R. L. 2005. Compendium of bean diseases (Second Edition). American Phytopathological Society. St. Paul, MN. USA. 109 pp. SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, RD)/ IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura RD)/CNC (Consejo Nacional de Competitividad, RD) 2007. Estudio de la cadena agroalimentaria de habichuela en la República Dominicana. Septiembre, 2007. Santo Domingo, Rep. Dominicana. 53 p.

SEA-IICA-CNC. 2007. Estudio de la cadena agroalimentaria de habichuela en la República Dominicana. Septiembre, 2007. Santo Domingo, Rep. Dominicana. 53 p.

Singh, S.P. & Schwartz, H.F. 2010. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Sci* 50:2199–2223.

Stavelly, J.R. 1985. The modified Cobb scale for estimating bean rust intensity. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 28: 31–32.

Stavelly, J.R. & Pastor-Corrales, M.A. 1994. Roya. In: *Problemas de Producción del Frijol en los Trópicos* (Pastor-Corrales, M.A. and Schwartz, H.F., eds.). 2nd edn. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, pp. 185-225.

Segura, Y.; Arias, J.; Godoy-Lutz, G. & Miklas, P. 2002. Presencia y caracterización del virus del mosaico necrótico común del frijol en parcelas de productores y lotes de semilla básica y artesanal en el Suroeste de la Rep. Dominicana. En: *Memorias de la XLVIII Reunión Anual. Programa Cooperativo Centro Americano para Mejoramiento de Cultivos y animales (PCCMCA)*. Abril 14-20, 2002. Boca Chica, Rep. Dominicana. p. 27.

Segura, Y., J. Arias, y G. Godoy-Lutz. 2007. Calidad fitosanitaria de la semilla de habichuela (*Phaseolus vulgaris*) en el Valle de San Juan. Resumen. Tercer Congreso SODIAF. Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales. 25 y 26 de Octubre 2007. Santo Domingo, Rep. Dominicana, p 7

Segura, Y, J. Arias y G. Godoy de Lutz. 2010. *Colletotrichum gloeosporioides* y *Fusarium equiseti* causan la antracnosis y pudrición del grano del guandul en República Dominicana. Resumen 46ta Reunion Anual Sociedad caribeña de cultivos Alimenticios. 11 - 17 de julio de 2010. Boca Chica Republica Dominicana. p 64

Tissera, P. & Ayres, P.G. 1986. Transpiration and the water relations of faba beans (*Vicia faba*) infected by rust (*Uromyces viciae-fabae*). *New Phytologist*, 102: 385–395.

Trabanco, N.; Pérez-Vega, E.; Campa, A.; Rubiales, D. & Ferreira, J.J. 2012: Genetic resistance to powdery mildew in common bean. *Euphytica* 186: 875-882.

Verma. L.R y R.C. Sharma. 1999. *Diseases of Horticultural Crops*. Indus Publishing Co, Ciudad, India. 731 pp.

Watanabe, T. 2011. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*, Third Edition. CRC Press. Taylor & Francis Group, Ciudad, U.S.A. 426 pp.

Zaidi, R. 2013. Pathogenic response of seed mycoflora associated with cowpea, *Vigna unguiculata*. *Arch. Phytopath. Pl. Protection* 45:1790-1795.

Zhao, J. P., Q. Lu, J. Liang, C. Decock, and X. Y. Zhang, 2010. *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, a new record of pathogenic fungus from some subtropical and tropical trees in southern China. *Cryptogamie Mycologie*. 31: 431-439.

GLOSARIO

AA (Agar Agua): Medio de cultivo en microbiología para crecimiento de hongos que consiste de mezclar Agar (una gelatina vegetal de origen marino) con agua que se solidifica a temperatura ambiente.

ADN: El ácido desoxirribonucleico, abreviado como ADN, es un ácido nucleico que contiene instrucciones genéticas usadas en el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos conocidos y algunos virus, y es responsable de la transmisión de la herencia.

Alelo dominante: en genética el término alelo dominante se refiere al miembro de un par alélico que se manifiesta en un fenotipo, tanto si se encuentra en dosis doble, habiendo recibido una copia de cada padre (combinación homocigótica) como en dosis simple, en la cual uno solo de los padres aportó el alelo dominante en su gameto (heterocigosis).

ALS: gen de resistencia a la mancha angular del frijol causado por *Phaeoisariopsis griseola* Anemias megaloblásticas: Son un grupo de enfermedades que resultan bien sea de la carencia de vitamina B12, de ácido fólico o de una combinación de ambas.

ARC: gen de resistencia al picudo del grano de frijol.

Bacteria: Las bacterias son microorganismos unicelulares procariontes de tamaño microscópico que no tienen el núcleo definido ni presentan, en general, orgánulos membranosos internos. Generalmente poseen una pared celular y ésta se compone de peptidoglicano. Muchas bacterias disponen de flagelos o de otros sistemas de desplazamiento y son móviles. Las bacterias fitopatógenas típicamente colonizan espacios intercelulares en distintos órganos o el xilema de la planta. Muchas secretan toxinas que causan daños celulares, entre ellas enzimas que degradan paredes celulares.

bc2 o bc3: Son genes de resistencia al Virus del Mosaico Necrótico Común del Frijol (VMNCF).

Begomovirus: son virus patógenos de plantas que como grupo poseen una alta gama de hospedantes, infectando plantas dicotiledóneas. El virus requiere como vector a un insecto el cual puede ser la mosca blanca *Bemisia tabaci* o cualquier otra mosca blanca. Este vector permite la rápida y eficiente propagación del virus debido a que puede alimentarse de numerosas plantas.

bgm-1: gen recesivo para resistencia al amarillamiento causado por el Virus del Mosaico Amarillo Dorado del Frijol (VMDAF).

Bgp: gen dominante para resistencia a la deformación de la vaina causada por el VMDAF. **Biofortificación:** Aplicación de técnicas de mejoramiento genético que aprovechan la variabilidad existente en las diferentes variedades de las especies cultivadas respecto a su contenido de micronutrientes, para aumentar ese contenido en las partes comestibles de los cultivos (grano, tubérculo, etc.).

Biotróficos: son parásitos obligados, sólo viven sobre huéspedes vivos, y no se aíslan en medio de cultivo artificial. **Buenas Prácticas Agrícolas:** Es un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas, tendientes a reducir los riesgos físicos, químicos y biológicos en la producción, cosecha y acondicionamiento en la producción agrícola.

Carborundum: Polvo de estructura cristalina usado como abrasivo en inoculaciones de virus y bacterias en plantas.

CBB: del inglés Common Bacterial Blight o tizón bacteriano común.

CNC: Consejo Nacional de la Competitividad de la R.D.

Cruzamiento: reproducción sexual de dos individuos diferentes, que resulta en una prole que se queda con parte del material genético de cada progenitor o padre. Los organismos parientes deben ser genéticamente compatibles y pueden ser de variedades diferentes o de especies muy cercanas.

DAS–ELISA: acrónimo del inglés Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay, ‘Ensayo por Inmunoabsorción Ligado a Enzimas’) DAS (Double Antibody Sandwich). (Ensayo de captura de antígeno y detección mediante inmunocomplejos). Se trata de un ensayo muy empleado en el que se recubre el pocillo con un primer anticuerpo anti-antígeno. Después de lavar el exceso de anticuerpo, se aplica la muestra problema en la que se encuentra el antígeno, que será retenido en el pocillo al ser reconocido por el primer anticuerpo. Después de un segundo lavado que elimina el material no retenido, se aplica una solución con un segundo anticuerpo anti-antígeno marcado. Así, pues, cada molécula de antígeno estará unida a un anticuerpo en la base que lo retiene y un segundo anticuerpo, al menos, que lo marca. Este ensayo tiene una gran especificidad y sensibilidad debido a la amplificación de señal que permite el segundo anticuerpo.

DR-CAFTA: Dominican Republic – Central America Free Trade Agreement, Tratado de Libre Comercio con Centro America y los EEUU.

Endémica: Se aplica a la enfermedad que se desarrolla habitualmente en una región determinada y que no fue traída desde otro país.

Ensayos de rendimiento: se realizan con las mejores líneas seleccionadas de los viveros de adaptación con el fin de conocer su potencial de rendimiento y seleccionar las mejores como candidatas a nuevas variedades por sus características agronómicas. Se siembran en una área experimental mayor que los viveros de adaptación.

Ensayos de incremento generacional: es avance de las diferentes generaciones en poblaciones, familias y líneas. Se realiza para incrementar las poblaciones segregantes, seleccionar las familias y de éstas seleccionar las líneas puras, por las características deseadas para la cual se está realizando el mejoramiento genético.

Espora: es un cuerpo microscópico unicelular o pluricelular que se forma con fines de dispersión y supervivencia por largo tiempo en condiciones adversas, y que generalmente es una célula haploide. La espora es un elemento importante en los ciclos vitales biológicos de plantas, hongos, algas y algunos protozoos, los cuales suelen producir las esporas en estructuras denominadas esporangios con fines de supervivencia y reproducción.

Genes: son unidades que conservan datos genéticos, que se encargan de transmitir la herencia a sus descendientes. . El conjunto de genes pertenecientes a una misma especie se define como genoma, mientras que la ciencia que lo analiza recibe el nombre de genética.

Genotipo: Es la información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.

Genoma: El conjunto de genes de una especie se denomina genoma. Los genes están localizados en los cromosomas en el núcleo celular. **Germoplasma:** El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar a la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético.

Grow out: Los métodos "Grow out" consisten en sembrar en el invernadero o campo una muestra significativa de plantas de cada determinado lote de semilla producida y una vez que se puedan leer los fenotipos completamente, como las características genéticas de pureza y uniformidad del genotipo.

Hierro (Fe): Es un micromineral que interviene en la formación de la hemoglobina y de los glóbulos rojos, como así también en la actividad enzimática del organismo. Dado que participa en la formación de la hemoglobina de más está decir que transporta el oxígeno en sangre y que es importante para el correcto funcionamiento de la cadena respiratoria.

Hongo: son organismos pluricelulares heterótrofos que viven fijo en la tierra o en la superficie en la que crece, generalmente en lugares húmedos; carecen de clorofila, se alimentan principalmente de materia en descomposición y se reproducen de forma sexual o asexual: Los hongos causan enfermedades en plantas son llamados fitopatógenos y también pueden ser definidos por los tipos de esporas que producen y por el método por el cual penetran en la planta.

Hospedero: sinónimo de huésped, hospedador, hospedante y hospedero a aquel organismo que alberga a otro en su interior o lo porta sobre sí, ya sea en una simbiosis de comensal o un mutualista.

IICA: Instituto Americano de Ciencias Agrícolas

I: es un gen dominante que confiere resistencia hipersensible a BCMV

ITS rADN: Es la región espaciadora transcribible interna del ADN ribosómico Esta región se utiliza para estudios taxonómicos de hongos.

Marcadores SCAR: se origina del inglés "Sequence Characterized Amplified Region"), que son fragmentos de ADN (ácido desoxirribonucleico) amplificados por la Reacción de Cadena de Polimerasa (PCR, siglas en inglés), y que por estar ligados a una región génica permiten diagnosticar la presencia de genes de interés para el mejoramiento de la habichuela.

Micotoxina: Son sustancias secundarias tóxicas de composición variada, producidos por organismos del reino fungi (hongos), que incluye setas, mohos y levaduras. El término suele referirse principalmente a las sustancias tóxicas producidas por hongos que afectan a animales vertebrados en bajas concentraciones, sin incluir a las que afectan exclusivamente a las bacterias (por ejemplo, la penicilina) o a las plantas.

NCBI GenBank: National Center for Biotechnology Information (NCBI) GenBank es la base de datos de secuencias genéticas del NIH (National Institutes of Health de Estados Unidos), una colección de disponibilidad pública de secuencias de ADN.

NL3: raza del VMNCF (Virus del Mosaico Necrótico Común del Fríjol)

NL8: raza del VMNCF Papel Blotter: Método para incubación de semilla con papel de filtro humedecido en recipiente o envoltura que evite la pérdida de humedad. Se utiliza para germinación y/o desarrollo de microorganismos asociado a la semilla.

Parasito obligado: es un agente patógeno que solamente puede efectuar su desarrollo sobre un huésped vivo. No puede cultivarse sobre medio artificial.

Partes por millón (ppm): Es la unidad de medida con la que se evalúa la concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc.) que hay por cada millón de unidades del conjunto. Por ejemplo en un millón de granos de arroz, si se pintara uno de negro, este grano representaría una (1) parte por millón.

Patógeno: Un microorganismo, que causa enfermedades en las plantas por medio de disturbios en el metabolismo celular causado por la secreción de enzimas, toxinas, fitoreguladores y otras sustancias y, además, por la absorción de nutrientes de la célula para su propio crecimiento. Los organismos fitopatógenos pueden ser nematodos, bacterias, virus, protozoarios, moluscos y hongos.

Pedigrí: método en mejoramiento de plantas en el cual se seleccionan plantas a partir de la generación F2 y se continua hasta que las progenies no presentan segregación, a partir de esta la selección se hace entre progenies ya que no hay variación genética.

PDA (Papa Dextrosa Agar): Es un medio de cultivo microbiológico que se prepara con caldo de papas y dextrosa. Este es el medio más utilizado para el crecimiento de hongos y levaduras que atacan a las plantas vivas o materia vegetal muerta en descomposición. El agar de patata y dextrosa puede ser suplementado con antibióticos o ácidos para inhibir el crecimiento bacteriano.

Potyvirus: Los potyvirus son virus que infectan plantas y pertenecen a la familia Potyviridae y son transmitidos por más de 200 especies de áfidos. Miembros de este género pueden causar pérdidas significativas en cultivos agrícolas, hortícolas y ornamentales.

Pústula: ver uredinia.

QTL: del inglés Quantitative Trait Loci o loci de caracteres cuantitativos. Reacción en cadena de la polimerasa: También conocida como PCR por sus siglas en inglés (polymerase chain reaction), es una técnica de biología molecular cuyo objetivo es obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN particular, partiendo de un mínimo o molde y se fundamenta en la propiedad natural de los ADN polimerasas para replicar hebras de ADN, para lo cual se emplean ciclos de altas y bajas temperaturas alternadas para separar las hebras de ADN recién formadas entre sí tras cada fase de replicación y, a continuación, dejar que las hebras de ADN vuelvan a unirse para poder duplicarlas nuevamente.

SAP6: marcador SCAR, ligado a un QTL en el cromosoma B8, que se utiliza en la selección para resistencia a CBB.

Secuenciación del ADN: Consiste en un conjunto de métodos y técnicas bioquímicas cuya finalidad es la determinación del orden de los nucleótidos (A, C, G y T) en un oligonucleótido de ADN. La secuencia de ADN constituye la información genética heredable del núcleo celular, los plásmidos, la mitocondria y cloroplastos (En plantas) que forman la base de los programas de desarrollo de los seres vivos.

SR2: marcador del gen bgm-1

SU91: marcador SCAR, ligado a un QTL en el cromosoma B8 B10, que se utiliza en la selección para resistencia a CBB.

SW12: gen codominante para al VMDF. Taq polimerasa: Es una enzima o polimerasa es una ADN polimerasa termoestable obtenida de la bacteria termofílica *T. aquaticus* y se utiliza frecuentemente en la reacción en cadena de polimerasa (PCR), para la ampliación o multiplicación de segmentos cortos de ADN.

Uredinia: plural de uredia que es una estructura parecida a una pústula que se forma a partir del tejido de la hoja infectada por *Uromyces appendiculatus* agente causal de la roya. En la uredia se desarrollan las masas de esporas o uredosporas.

Virus: Los virus son agentes infecciosos submicroscópico acelular que solo puede multiplicarse dentro de las células de otros organismos. Los virus varían en su forma, desde simples helicoides o icosaedros hasta estructuras más complejas. Los virus vegetales se propagan frecuentemente por insectos que se alimentan de su savia, como los áfidos, mosca blanca, etc.

VMCF: Virus del Mosaico Común del Frijol. Potyvirus.

VMNCF: Virus del Mosaico Necrótico Común del Frijol. Potyvirus.

Viveros de adaptación: son ensayos que se realizan con la finalidad de conocer las características agronómicas y tolerancia a las enfermedades de las líneas en estudios, para descartar líneas en fases tempranas que presenten características indeseables. Se realizan en diferentes tamaños de área experimental, dependiendo de la disponibilidad de semillas.

Zinc (Zn): Es un oligoelemento importante que las personas necesitan para mantenerse saludables. Este elemento se encuentra en segundo lugar sólo después del hierro por su concentración en el organismo. Está ampliamente distribuido en diferentes alimentos. El zinc es necesario para combatir las infecciones, los sentidos del olfato y del gusto. Durante el embarazo, la lactancia y la niñez, el cuerpo necesita zinc para crecer y desarrollarse apropiadamente.

AGRADECIMIENTOS

El personal investigador responsable de la ejecución de los tres proyectos presentados en este documento desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones por sus aportes técnicos y administrativo; ellos son:

A la Estación Experimental Arroyo Loro (EEAL), al personal administrativo y de apoyo por su colaboración e interés en el desarrollo de los tres proyectos; en especial al Ing. Fausto Medina, Director del Centro Sur e Ing. Manuel Encarnación, Encargado de la EEAL.

Al Comité Agropecuario Unitario de San Juan, Inc. (CAU), en la persona de su presidente Manuel Matos Pérez por el apoyo brindado en la formulación y desarrollo de estos trabajos.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en la persona del Dr. Steve Beebe, por su desinteresada colaboración y entrega de las líneas biofortificadas NUA, SEN y SMN. Además, a la Dra. Maritza Cuervo del mismo centro.

Al Dr. James Beaver por su apreciada colaboración y orientación en el mejoramiento genético y en el apoyo en el desarrollo de líneas y variedades de habichuela en la República Dominicana.

A los productores Dr. Víctor Matos, Ing. Víctor Rojas Luna, Norberto Madé Ramírez, productores de San Juan en las comunidades de Pedro Corto, Punta Caña, La Ceiba y Habanero por su colaboración en la instalación de parcelas experimentales. Al productor Eddy Robles en Jarabacoa. Mención especial al productor Dr. Eladio Arnaud Santana en la zona de Macotillo.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF), en las personas de los ingenieros Juan Chávez, Gabriel Domínguez y José Cepeda.

Al Director Ejecutivo del IDIAF, Ing. Rafael Pérez Duvergé M Sc. por el interés y apoyo a la realización de estas investigaciones.

Al Comité Técnico del Centro de Tecnología Agrícola (CENTA) compuesto por el Dr. Colmar Serra, Ing. María Cuevas e Ing. Danna de la Rosa por sus sugerencias.

Al personal administrativo de la sede del IDIAF en Santo Domingo y al personal de la Unidad de Planificación del IDIAF compuesto por el Dr. Winston Marte y la Sra. Martha Pérez por su buena disposición y apoyo a la continuidad y finalización de estos proyectos.

Asimismo, al Lic. Juan Cueto por su apoyo y ayuda desinteresada en la instalación y mantenimiento de los ensayos de los proyectos en la Estación Experimental de Arroyo Loro.

Un agradecimiento similar a la Licda. María Frago del Centro de Información y Documentación de la EEAL por su colaboración desinteresada en la preparación de reportes, presentaciones y pósteres.

