

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CHIRIQUÍ**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON  
ENFASIS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICO DE LA MUSTIA HILACHOSA  
(*Thanatephorus cucumeris*) EN LÍNEAS AVANZADAS DE POROTO  
DE GRANOS ROJOS Y NEGROS**

**ALEJO RELLÁN**

**CIP: 4 222 471**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CON ÉNFASIS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2019**

**ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICO DE LA MUSTIA HILACHOSA  
(*Thanatephorus cucumeris*) EN LÍNEAS AVANZADAS DE POROTO  
DE GRANOS ROJOS Y NEGROS**

**TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CON ÉNFASIS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**APROBADO**

\_\_\_\_\_ **ASESOR**

**MSc. Harry Pérez**

\_\_\_\_\_ **JURADO**

**MSc. Simón Vásquez**

\_\_\_\_\_ **JURADO**

**MSc. Pedro Guerra**

**2019**

## DEDICATORIA

Esta tesis para optar por el título de Maestría la dedico a:

**Mi madre** Vilma Vallejos (Q.E.P.D), por todo lo que hizo por mis hermanos y por mí, para que saliéramos adelante.

**Mi esposa** Elizabeth Morales por estar siempre a mi lado motivándome y apoyándome en todo momento.

**Mis hijos** Miguel Ángel y Ramón Alejandro, que son la inspiración que necesita todo padre para seguir hacia adelante y superarse.

**Mis hermanos** con los que compartí una parte de mi vida y que siempre han estado ahí para apoyarme incondicionalmente.

**Mis compañeros** de la maestría, con los que lleve una gran relación tanto personal como profesional.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'R. V.', located in the bottom right corner of the page.

## AGRADECIMIENTO

Gracias Dios mío, por permitirme lograr esta nueva meta en mi vida. Por las bendiciones que me das cada día.

A mi director de tesis M.Sc. Harry Pérez, por la orientación dada a lo largo de este trabajo de investigación.

A mis asesores: M.Sc Simón Vázquez y M.Sc. Pedro Guerra, por los aportes y apoyo para que el trabajo se realizara de forma correcta.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, sede Chiriquí, por la oportunidad de poder seguir superándome. A los profesores y compañeros, gracias por su apoyo y ayuda durante el tiempo de estudio.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por el apoyo logístico y científico, en especial al M.Sc. Emigdio Rodríguez quien lidera el proyecto de mejoramiento genético de granos (poroto), por habernos dado la oportunidad de realizar este trabajo.

Al Dr. Morales por los consejos que nos dio al empezar la investigación, así como al Licenciado Luis Vinda y al agrónomo Francisco Gonzales por su apoyo en el campo.

A todos muchas gracias.

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'R.P.' or similar, written in a cursive style.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE GENERAL .....	iii
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN .....	1
SUMARY .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos .....	5
HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	6
I REVISIÓN DE LITERATURA .....	7
1. EL CULTIVO DE POROTO EN PANAMÁ .....	7
1.1 FENOLOGÍA DEL FRIJOL POROTO .....	9
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	9
1.2 FASES Y ETAPAS DE DESARROLLO DEL FRIJOL POROTO.....	10
1.3 HÁBITOS DE CRECIMIENTO: .....	14
2. MUSTIA HILACHOSA .....	15
2.1 EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD .....	16
2.2 CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD .....	18
2.3 AUDPC .....	18
2.4 AUDPS .....	20
3. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL CULTIVO DEL POROTO ..	20
3.1 TEMPERATURA.....	21
3.2 RADIACIÓN SOLAR .....	23
3.3 PRECIPITACIÓN.....	24

II MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA .....	26
1.1. DATOS CLIMATOLÓGICOS.....	27
2. MATERIAL GÉNÉTICO.....	27
3. DISEÑO EN CAMPO .....	28
4. TOMA DE DATOS EN CAMPO.....	29
4.1 TOMA DE DATOS PARA REGISTRAR FASES FENOLÓGICAS .....	29
4.1.1 TOMA DE DATOS DE CRECIMIENTO DE VAINAS .....	30
4.2 TOMA DE DATOS DE AVANCE DE LA ENFERMEDAD .....	30
5. COSECHA .....	32
5.1 ÍNDICE DE COSECHA .....	32
5.2 COSECHA EN CAMPO .....	32
6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE DATOS.....	34
6.1 VARIABLES DEL ESTUDIO .....	35
III RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
1. ANÁLISIS DE VARIANZAS. ECAR ROJO Y NEGRO.....	37
2. TEST DE DUNCAN.....	41
3. REGRESIÓN LOGÍSTICA PARA SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD .....	46
3.1 GRAFICOS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ENFERMEDAD .....	50
3.2 VALORES RESIDUALES.....	52
4. DATOS METEOROLÓGICOS Y AVANCE DE LA ENFERMEDAD .....	53
5. FASES FENOLÓGICAS.....	55
6. DESARROLLO DE VAINAS.....	56
7. PLANTAS EMERGIDAS LÍNEAS DE ECAR ROJO Y NEGRO. ....	59
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
1. CONCLUSIONES .....	65
2. RECOMENDACIONES.....	66
V. BIBLIOGRAFÍA .....	67

## INDICE DE CUADROS

Cuadro I Producción de poroto de los últimos cinco años agrícolas en Chiriquí. ....	8
Cuadro II Clasificación taxonómica del frijol poroto ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ).....	9
Cuadro III. Etapas de desarrollo fenológico del frijol poroto .....	11
Cuadro IV. Hábitos de crecimiento del frijol poroto .....	14
Cuadro V. Líneas utilizadas para la investigación. Líneas avanzadas de ECARs rojos y negros.....	28
Cuadro VI. Análisis de varianza para AUDPC y AUDPS.....	39
Cuadro VII. Análisis de varianzas. ECAR rojo y negro .....	40
Cuadro VIII. Prueba de rango múltiple de Duncan ECAR rojo .....	42
Cuadro IX. Prueba de rango múltiple de Duncan ECAR negro .....	43
Cuadro X. Modelo logístico ECAR rojo y criterios estimados para comparar el ajuste del modelo.....	48
Cuadro XI. Modelo logístico ECAR negro y criterios estimados para comparar el ajuste del modelo.....	49
Cuadro XII. Análisis de Correlación, progreso de la enfermedad en el tiempo en relación a Pptacum, Radacum y TT. ECAR rojo. ....	54
Cuadro XIII. Análisis de Correlación, progreso de la enfermedad en el tiempo en relación a Pptacum, Radacum y TT. ECAR negro .....	55
Cuadro XIV. Fases fenológicas en dds ECARs rojo .....	57
Cuadro XV. Fases fenológicas en dds ECARs negro .....	57
Cuadro XVI. Tiempo térmico en la morfología de ECAR rojo y negro.....	62
Cuadro XVII. Comparación de rendimientos, entre líneas sobresalientes y desarrollo de la enfermedad.....	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las diferentes fases y etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de frijol poroto (IICA 2009).....	11
Figura 2. Localización geográfica de ensayo y mapa de zonas de vida de Panamá según Holdridge (1979).....	26
Figura 3. Diseño experimental BCA con tres repeticiones.....	29
Figura 4. Fases fenológicas, elongación de vainas, aparición y desarrollo de la enfermedad .....	31
Figura 5. Cálculo de Índice de cosecha, cosecha de ensayos, conteo de granos y prueba de humedad de granos. ....	33
Figura 6. Cálculo de Materia seca.....	34
Figura 7. Gráfico de Test de Duncan para AUDPC ECAR rojo.....	44
Figura 8. Gráfico de Test de Duncan para AUDPS ECAR rojo.....	44
Figura 9. Gráfico de Test de Duncan para AUDPC ECAR negro.....	45
Figura 10. Gráfico de Test de Duncan para AUDPS ECAR negro.....	45
Figura 11. Gráfico de valores estimados para avance de la enfermedad a través del tiempo de las líneas ECAR rojo.....	50
Figura 12. Gráfico de valores estimados para avance de la enfermedad a través del tiempo de las líneas ECAR negro.....	51
Figura 13. Gráficos de dispersión de residuales ECAR rojo.....	52
Figura 14. Gráficos de dispersión de residuales ECAR negro.....	53
Figura 15. Longitud de vainas ECAR rojo.....	58
Figura 16. Longitud de vainas ECAR negro.....	58
Figura 17. Box plot plantas por parcelas y el rango Inter cuartil de variación. ECAR rojo .....	60
Figura 18. Box plot plantas por parcelas y el rango Inter cuartil de variación. ECAR negro .....	60
Figura 19. Efecto diferencial del tiempo térmico en ECARs rojos y negros.....	63

# **ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICO DE LA MUSTIA HILACHOSA (*Thanatephorus cucumeris*) EN LÍNEAS AVANZADAS DE POROTO DE GRANOS ROJOS Y NEGROS**

## **RESUMEN**

Con el objeto de evaluar el comportamiento genético, agronómico y de epifitias de mustia hilachosa en líneas avanzadas de frijol poroto de granos rojos y negros, se realizó una investigación en el área productora de Renacimiento (Río Sereno); en terrenos del IDIAP, utilizándose líneas avanzadas de los Ensayos Centroamericanos de Adaptación y Rendimiento (ECARs) rojos y negros. Los análisis a datos obtenidos como, ANAVA, Test de medias de Duncan, Correlaciones y Regresión Logística (RL), mostraron, efectos de factores climáticos del área en estudio y de la enfermedad conocida como mustia hilachosa en las líneas avanzadas de los ECARs rojo y negro. La RL ajusto apropiadamente a los datos obtenidos, logrando gráficos tipos sigmoideos, descriptivos y predictivos del avance de la enfermedad en las líneas en estudio. Presentaron resultados más altos de Rendimiento Comercial las L2 (BCR 122-67), L12 (BCR 122R-2) en los ECAR rojo de 37% y 36%, (900 y 800 Kg ha<sup>1</sup> promedio) en relación a los de más bajos rendimientos y en los ECAR negro los L1 (PR 1423-55), L14 (131S 7910-36) con 41% y 30% (1,000 y 600 Kg ha<sup>1</sup> promedio) de diferencia con respecto a los más bajos. Los resultados de AUDPC y AUDPS mostraron significancia entre las líneas tanto de los ECAR rojos como negros, siendo las L16 (Rojo de seda) y L9 (RSMC 17512-8) en los rojos y las L10 (PR 1423-170) y L6 (BCN 111-60) en los negros. los que marcaron un mayor valor con respecto a la enfermedad.

**PALABRAS CLAVES:** epifitias, AUDPC, AUDPS, Regresión logística.

## SUMMARY

In order to evaluate the genetic, agronomic and epiphytic behavior of hilarious mustia in advanced lines of red and black beans, an investigation was carried out in the Renacimiento production area (Río Sereno); in IDIAP lands, using advanced lines of Central American Adaptation and Performance Tests (ECARs) for the Red and Blacks. Analyzes to data obtained such as ANAVA, Duncan means test, Correlations and Logistic Regression (LR), showed, to effeccts of climatic factors of the study area and of the disease known as hilarious mustia with the advanced lines of the red and black ECARs. The LR appropriately adjusted the data obtained, achieving sigmoid, descriptive and predictive graphs of the disease progression in the lines under study. The highest Commercial Performance results were from L2 (BCR 122-67), L12 (BCR 122R-2) in the Red ECAR of 37% and 36%, (average 900 y 800 Kg ha<sup>1</sup>) in relation to the lowest yields, and in the black Ecar the L1 (PR 1423-55), L14 (131S 7910-36) with 41% and 30% (average 1,000 y 600 Kg ha<sup>1</sup>) of difference from the lowest. AUDPC and AUDPS results showed significance between treatments of both red and black ECARs, with L16 (Silk red) and L9 (RSMC 17512-8) being red and L10 (PR 1423-170) and L6 (BCN 111-60) being black. those who marked a greater value with respect to the disease.

KEY WORDS: epiphytes, AUDPC, AUDPS, Logistic regression.

## INTRODUCCIÓN

En Panamá, el consumo per cápita de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris*) es de 1.5 a 2.0 kg (consumo nacional de 8 mil toneladas). Para abastecer esa demanda se debe importar el 10.8%, que equivale a 867 toneladas de poroto comercial (Contraloría General de la República, 2016, MIDA 2017). La producción de frijol poroto para el año agrícola 2016-2017 fue de 7 136 toneladas; sembradas en 3 287 hectáreas con un rendimiento promedio de 2.17 toneladas por hectárea (MIDA 2017). Esta leguminosa es desarrollada por pequeños productores, en una agricultura de bajos insumos, poca tecnología, sin mecanización, con bajos rendimientos y altos costos en la producción (Rodríguez *et al* 1997).

La investigación del cultivo de poroto en Panamá, al igual que en otros países, se ha basado en seleccionar líneas parentales promisorias con adaptación a la zona, adecuado rendimiento, tipo de grano y resistentes a enfermedades como la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*); contribuyendo al mejoramiento de la producción comercial (Rodríguez *et al.* 1997, Delgado *et al* 2013, Ríos *et al* 2014). El Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), ha generado variedades de poroto resistente a la mustia hilachosa que han mejorado la producción nacional reduciendo tanto los costos en la producción y un apropiado abastecimiento a los consumidores de este importante grano en el país (Rodríguez *et al* 1999). Sin embargo; se hace necesario un conocimiento adecuado de las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo de poroto durante su ciclo de vida, al igual que los efectos que pudiesen generar factores climáticos (temperatura,

radiación, precipitación, otros) y enfermedades como la mustia hilachosa en este agro negocio.

El estudio generará información general de los elementos relacionados al desarrollo de epifitias de mustia hilachosa en frijol poroto, a saber; comportamiento agronómico de adaptación y rendimiento en líneas avanzadas de frijol de granos rojos y negros pertenecientes a los ensayos centroamericanos (ECAR´s), seguimiento epidemiológico de la mustia hilachosa y la relación de los principales componentes ambientales que prevalecen en la localidad de Río Sereno, distrito de Renacimiento. La información integral obtenida beneficiará directamente al equipo técnico transdisciplinario involucrado en las actividades de investigación y desarrollo, transferencia y difusión a los agricultores de frijol poroto y sus comunidades.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento agronómico de adaptabilidad, rendimiento y de epifitias que se generen de la mustia hilachosa en líneas avanzadas de frijol poroto de granos rojos y negros pertenecientes a los ensayos (ECAR´s).

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el comportamiento epidemiológico de la mustia hilachosa en líneas avanzadas de frijol de granos rojos y negros de los ensayos (ECAR´s).
- Describir la dinámica de crecimiento y desarrollo fenológico de líneas avanzadas de frijol de granos rojos y negros de los ensayos (ECAR´s), en relación a los factores climáticos que se generan en el área de Río Sereno.
- Contribuir a la selección de líneas avanzadas de frijol poroto de granos rojos y negros de los ensayos (ECAR´s), por características agronómicas, de resistencia a mustia hilachoso y potencial de rendimientos comerciales.

## **HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Ho<sub>1</sub>: No existe variabilidad entre el comportamiento agronómico de adaptación y rendimiento de las líneas avanzadas de granos rojo y negro y las epifitias de la mustia hilachosa.

Ho<sub>2</sub>: No existe relación entre el comportamiento agronómico de adaptación y rendimiento de las líneas avanzadas de granos rojo y negro, las epifitias de la mustia hilachosa y los factores climáticos del área en estudio.

Ha<sub>1</sub>: Existe variabilidad entre el comportamiento agronómico de adaptación y rendimiento de las líneas avanzadas de granos rojo y negro y las epifitias de la mustia hilachosa.

Ha<sub>2</sub>: Existe relación entre el comportamiento agronómico de adaptación y rendimiento de las líneas avanzadas de granos rojo y negro, las epifitias de la mustia hilachosa y los factores climáticos del área en estudio.

# I REVISIÓN DE LITERATURA

## 1. EL CULTIVO DE POROTO EN PANAMÁ

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) leguminosa de grano, importante para el consumo humano, es utilizado en las dietas de poblaciones en Centroamérica y Sudamérica al igual que en Panamá, por su contenido en aminoácidos (lisina y triptófano), minerales esenciales (hierro, cobre y zinc) y fitoquímicos (antioxidantes y flavonoides). En su composición presenta hasta un 70% de proteínas en comparación con la proteína animal que se le da un valor de 100%; por lo que se considera un producto clave en la seguridad alimentaria. (FAO 1999, Avalos 2001, Ulloa *et al* 2011, Delgado 2013).

En Panamá la producción de frijol poroto para el año agrícola 2016-2017 fue de 7 136 toneladas; sembradas en 3 287 hectáreas con un rendimiento promedio de 2.17 toneladas por hectárea. Con un consumo per cápita anual de 1.5 a 2.0 kg; el consumo nacional reflejado es de 8 mil toneladas; sin embargo, para abastecer esa demanda se debe importar el 10.8%, lo que equivale a 867 toneladas de poroto comercial. (Contraloría General de la República, 2016, MIDA 2017). En los últimos cinco años la producción en Chiriquí ha variado tanto en superficie sembrada como en la cosechada, teniendo su mejor producción el año 2012-2013 y la más baja 2014-2015. (Cuadro I)

**Cuadro I Producción de poroto de los últimos cinco años agrícolas en Chiriquí.**

<b>Años</b>	<b>Ha Sembradas</b>	<b>Ha Cosechadas</b>	<b>Producción en Ton.</b>
2017-2018	1891.41	1890.16	5689.51
2016-2017	2352.78	2216.71	4524.30
2015-2016	2441.67	2440.47	6749.94
2014-2015	2278.22	1033.53	2174.60
2012-2013	2688.74	2687.29	8022.44

Fuente (MIDA 2017)

Existen en Centroamérica y el Caribe programas de investigación como el PIF (Programa de Investigación en Frijol), el cual tuvo sus inicios en 1988 en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, Honduras, orientado a la generación de variedades mejoradas de frijol con mejores adaptaciones agronómicas y una mejor productividad en comparación a las variedades comerciales utilizadas. (Rosas 2013). Se estableció una estrategia de mejoramiento para incrementar la resistencia a enfermedades y tolerancia a factores abióticos como sequías altas temperaturas y suelos con baja fertilidad que limitan su productividad. (Rosas 2013). Dentro de este programa (PIF) existen los ensayos centroamericanos de adaptación y rendimiento (ECAR), con los que se quiere generar, distribuir y evaluar líneas mejoradas de frijol rojo y negro para diversas condiciones de producción. En Panamá al igual que en otros países Centroamericanos se pretende con dichos ensayos facilitar la validación, disseminación y adopción de nuevas variedades mejoradas y con ello fortalecer la colaboración de la investigación en frijol bajo un esquema de red. (Rodríguez *et al* 2012)

## 1.1 FENOLOGÍA DEL FRIJOL POROTO

El frijol poroto es una planta herbácea anual perteneciente a la familia de las fabáceas (cuadro I), la cual pasa por diversas etapas o eventos biológicos de crecimiento y desarrollo. En ella se registran cambios en tamaño, morfología, composición química y hormonal. (CIAT 1986, CENTA 2008, INTA 2009), dando como resultado distintas etapas de desarrollo de la planta, las cuales están influenciadas por factores de genotipo como hábito de crecimiento (Tipo I, II, III y IV), ambiente (temperatura, luz, precipitación, otros) y edáficos (fertilidad de suelo, condiciones físicas). (Tapia *et al* 1988, Ventura 1991)

### CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

**Cuadro II Clasificación taxonómica del frijol poroto (*Phaseolus vulgaris*)**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabeacea
Subfamilia	Faboideae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Vulgaris</i>
Nombre botánico	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Nombre común	fréjol, fríjol, poroto, habichuela, judía, ejote, alubia, caraota

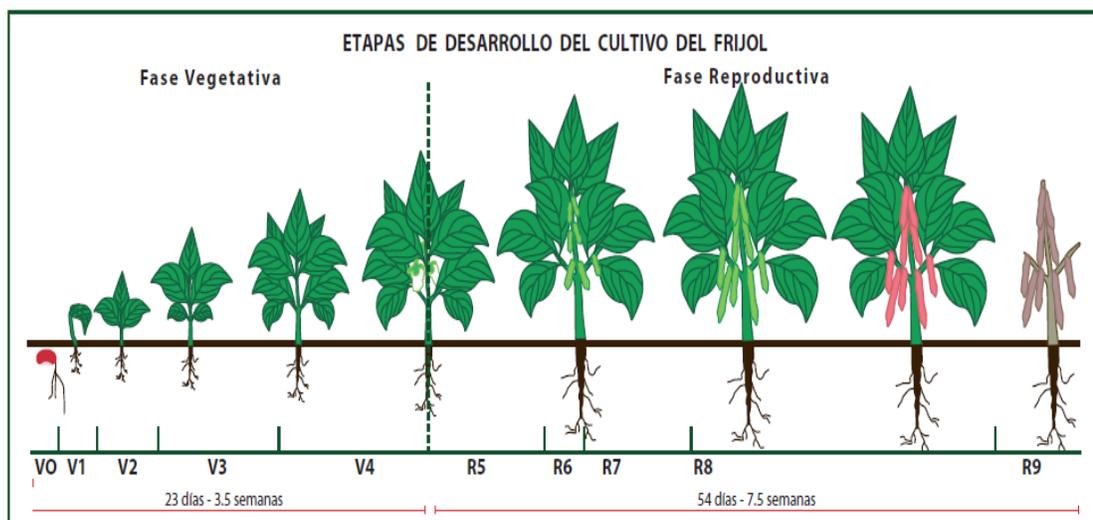
Fuente: (Ochoa 2012)

## **1.2 FASES Y ETAPAS DE DESARROLLO DEL FRIJOL POROTO**

Las plantas de poroto evidencian diez etapas fenológicas (Fig. 1), de las cuales cinco son vegetativas y cinco reproductivas (cuadro II), presentan hábitos de crecimiento determinado e indeterminado. (CIAT 1986, Ventura 1991, Rodríguez *et al* 1997, Ravelero 2006, CENTA 2008)

### **FASES:**

- Fase vegetativa: empieza cuando la semilla tiene condiciones favorables para germinar, es en esta fase donde se forman todas las estructuras vegetativas de la planta, la cual necesita para llegar a su fase reproductiva que empieza con la aparición de los botones florales y racimos florales. (CIAT 1986, Rodríguez *et al.* 1997, IICA, 2009)
- Fase reproductiva: su inicio se da con los primeros botones y racimos florales y culmina cuando el grano alcanza la madurez necesaria para su cosecha. (CIAT 1986, Rodríguez *et al.* 1997, IICA, 2009)



**Figura 1. Esquema de las diferentes fases y etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de frijol poroto (IICA 2009).**

### **Cuadro III. Etapas de desarrollo fenológico del frijol poroto**

- V<sub>0</sub> Se da inicio a la fase de germinación. La semilla absorbe humedad dando como resultado procesos biológicos que permiten que la radícula se convierta en raíz primaria; luego aparecen raíces secundarias y terciarias, prolongándose el hipocótilo, y observándose los primeros cotiledones en la superficie del suelo.
- V<sub>1</sub> Cuando el cincuenta por ciento de la población sembrada ha emergido, las plántulas aparecen al nivel de suelo, el hipocótilo se endereza y crece hasta alcanzar su tamaño máximo. Las hojas primarias, aparecen y se despliegan, las láminas se separan y abren en su totalidad.
- V<sub>2</sub> Cuando el cincuenta por ciento de las plantas presenta las hojas primarias desplegadas, se produce su apertura y crecimiento, quedando totalmente

extendidas en posición horizontal, estas hojas son simples (unifoliadas), opuestas ambas colocadas en el mismo nudo, segundo del tallo principal.

- V<sub>3</sub> En el cincuenta por ciento de las plantas se despliega una primera hoja compuesta, formada por tres menores (trifoliado), se exhiben completamente abiertas y planas. Estas hojas no alcanzan aún su tamaño máximo, los pecíolos son cortos y se encuentra debajo de las hojas primarias; sin embargo, crecen y luego se sobreponen a estas.
- V<sub>4</sub> En el cincuenta por ciento de las plantas la tercera hoja trifoliada se encuentra totalmente desplegada por debajo de la primera y segunda hoja trifoliada. Aunque es la fase vegetativa más larga, este período es menor en los cultivares de hábito determinado y mayor en las de hábito indeterminado. Culminando con la aparición de los botones florales.
- R<sub>5</sub> Es en esta etapa que empieza la fase reproductiva del cultivo, se desarrollan las ramas secundarias y surgen los primeros botones florales o racimos florales dependiendo del tipo de crecimiento. En ambos tipos de crecimiento la floración está supeditada a factores como genotipo, temperatura, fotoperiodo y otros. Esta etapa termina al iniciar la floración.
- R<sub>6</sub> Con el cincuenta por ciento de la primera flor abierta. El tipo de crecimiento viene a determinar la forma de apertura de las flores de estas plantas por ejemplo las de crecimiento determinado (tipo I) la floración empieza en el último nudo apical del tallo principal y continua de forma descendente, las

de crecimiento indeterminado (tipo, II; II y IV) la floración empieza en las partes bajas de las plantas y prosigue de forma ascendente.

- R<sub>7</sub> Cuando el cultivo presenta el cincuenta por ciento de la primera vaina se puede decir que estamos en esta etapa fenológica. En las variedades con tipo de crecimiento determinado las primeras vainas aparecen en la parte superior de tallos y ramas y luego van apareciendo de forma descendente, las variedades con tipo de crecimiento indeterminado por su parte presentan las primeras vainas en la parte inferior de las plantas para luego ir apareciendo de forma ascendente.
- R<sub>8</sub> El llenado de granos aumenta el volumen de las vainas. Las semillas cambian su color verde y muestran pigmentos característicos para cada variedad primero alrededor del hilum extendiéndose luego a toda la semilla. Esta pigmentación varía tanto para las semillas como para las valvas según sea la variedad.
- R<sub>9</sub> Es la última etapa de desarrollo del cultivo. Inicia cuando el cincuenta por ciento de las vainas pierden su color verde adquiriendo uno rojizo o pigmentado y comienzan a secarse. Las hojas inferiores se tornan amarillas y empiezan a caerse y todas las partes de la planta empiezan a secarse incluyendo las semillas. Cuando las semillas llegan hasta un contenido de humedad de un quince por ciento el cultivo está listo para la cosecha.

---

Fuentes: (CIAT 1986, Rodríguez *et al.* 1997, IICA 2009, Embrapa 2018)

### 1.3 HÁBITOS DE CRECIMIENTO:

El cultivo del poroto presenta diferentes hábitos de crecimiento que es la expresión fenotípica, que la manifiesta al desarrollar diferentes caracteres morfológicos entre los diferentes tipos de crecimiento (cuadro III). (Rodríguez *et al.* 1997, Repinski *et al.* 2012)

#### Cuadro IV. Hábitos de crecimiento del frijol poroto

---

Determinado	Tallo y ramas finalizan en una inflorescencia desarrollada, tallo
Tipo I arbustivo	fuerte con bajo número de entrenudos, altura puede variar entre 30 y 50 cm; el período de floración es más corto y las vainas maduran al mismo tiempo lo que se traduce en una cosecha más temprana.
Indeterminado	Se desarrollan pocas ramas, cortas y en más cantidad que las de Tipo
Tipo II arbustivo	I, el tallo es erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta, tienden a seguir creciendo de manera lenta durante la etapa de floración.
Indeterminado	Las plantas se presentan de manera postrada o semi postrado con
Tipo III postrado	ramificaciones bien desarrolladas. Pueden alcanzar una mayor altura que las plantas de tipo I y II, igual que la longitud de los entrenudos es superior. El tallo como las ramas termina en guías. Algunas plantas desde sus primeras etapas (fase vegetativa) son postradas, otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas. Pueden presentar capacidad trepadora, esto si las plantas cuentan con algún soporte, por lo que se consideran semi trepadoras

Indeterminado      En este tipo de crecimiento el tallo desarrolla una doble capacidad de  
Tipo IV trepador      torsión, que se traduce en habilidad trepadora desarrollando de 20 a  
30 nudos, llega alcanzar dos metros de altura con un soporte  
adecuado. Su etapa de floración es más larga que las de los otros  
tipos, presentándose de manera secuenciada las etapas de floración,  
formación de vainas, llenado de vainas y maduración.

---

Fuentes: (Rodríguez *et al* 1997, Rosas 2003, CENTA 2008, Repinski *et al.* 2012)

## **2. MUSTIA HILACHOSA**

Identificado hace más de cien años por el fitopatólogo Julius Kühn, el hongo *Rhizoctonia solani*, constituye una especie que afecta a una gran variedad de cultivos en todo el mundo (Pascual *et.al.* 2000, Fernández 2011). Es una de las especies más estudiadas. Estos estudios se han basado en su taxón, dividiéndolo en 14 grupos de anastomosis (AG), que se subdividen en subgrupos según caracteres morfológicos, patológicos, bioquímicos y moleculares. (González 2008).

En la principal zona productora de poroto de Panamá, el distrito de Renacimiento, se presenta la enfermedad conocida como mustia hilachosa (Rodríguez *et al* 2012), causada por el teleomorfo de *Rhizoctonia solani* Kühn (*Thanatephorus cucumeris* [Frank]Donk). (Corrales 1994, Agrios 2005, Garcés 2015). Este produce esporas sexuales conocidas como basidiósporas, lo cual ubica a *T. cucumeris* en la Clase *Basidiomycetes* ubicada actualmente como el phylum *Basidiomycota*. (Torres 2002).

Los primeros síntomas de la enfermedad se presentan en las hojas al contaminarse con basidiósporas (estado sexual), manifestándose inicialmente como manchas redondas y necróticas de color marrón oscuro con centros de color más claro y que luego se van uniendo en una considerable superficie acuosa, creando una fuente de infección (CIAT 1980, Brenes 1996, Infante 2010). Las lesiones se necrosan y las hojas se adhieren formando una telaraña. En pocos días las lesiones invaden todos los órganos foliares incluyendo las vainas y pueden llegar a provocar la muerte de las plantas afectadas (Brenes 1996, Rodríguez *et.al* 2012), las que no mueren pueden producir semilla que se constituirían en inóculo primario de la enfermedad. (Ortiz 2014). Esta enfermedad causa severos daños al cultivo afectando su rendimiento y causando pérdidas económicas al productor (Rodríguez *et al* 2012, Lardizábal 2013, Garcés 2015).

## **2.1 EVALUACIÓN DE LA ENFERMEDAD**

Agrios (2005), indica que “al evaluar las enfermedades, el interés se centra en medir:

- La incidencia de la enfermedad, es decir, el número o proporción de plantas enfermas (el número o proporción de plantas, hojas, tallos y frutos que muestren cualquier tipo de síntomas);
- La severidad de la enfermedad, es decir, la proporción del área o cantidad de tejidos de la planta que está enferma;
- Las pérdidas de producción debidas a la enfermedad, es decir, la proporción de la producción que el agricultor no podrá cosechar debido a que la enfermedad la destruyó directamente o evitó que las plantas la produjeran”.

Autores como Ewing *et al* (2000) y Simko (2002), coinciden en que “para un mejor conocimiento del avance de la enfermedad, se requiere conocer la interacción planta-patógeno en la que se han descrito dos tipos de resistencias de las plantas a los patógenos, como la resistencia cualitativa que es conferida por una serie de genes dominantes que hacen el huésped incompatible con el patógeno y el otro tipo de resistencia que es la cuantitativa que la confiere cierta cantidad de genes; sin embargo, esta suele ser menos definida”.

En epidemiología agrícola se pretende entender los diversos factores que afectan el proceso y diseminación de enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus, etc., en poblaciones de plantas cultivadas. En la mayoría de las enfermedades de plantas, se pueden observar algún tipo de síntomas que permiten contar plantas infectadas o estimar la cantidad de tejido infectado. (Achicanoy 2000, Mora *et al.*2008).

Existen eficaces herramientas epidemiológicas; como la curva de progreso de la enfermedad (CPE), el Área Bajo La Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC, acrónimo del inglés Area Under the Disease Progress Curve) y AUDPS (acrónimo del inglés Area Under the Disease Progress Stairs), las cuales se pueden utilizar cuando los modelos de desarrollo existentes no explican satisfactoriamente algunas enfermedades de las plantas; pueden constituirse en uno de los criterios de selección más económicos en términos de tiempo y costo, que a su vez brindarán información cuantitativa en el tiempo-espacio y ser útiles para los análisis epidemiológicos y estadísticos (Simko 2002, Madden *et al* 2007).

## **2.2 CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD**

El comportamiento de una enfermedad en términos de cantidad de lesiones, tejido dañado o número de plantas enfermas, se logra representar por una curva que muestre el avance de la enfermedad a través del tiempo; esta se conoce como Curva de Progreso de la Enfermedad (CPE). El resultado de graficar la cantidad de enfermedad en una población de plantas contra el tiempo, se realiza utilizando datos en forma acumulada y no acumulada. Esta mostrará el punto de origen, período de aparición, cantidad de inóculo inicial, resistencia o susceptibilidad del hospedero, factores climáticos que pueden influenciarla y efectividad de medidas de control a la enfermedad. Las curvas de progreso de la enfermedad son afectadas por el clima, variedad del cultivo y poco por la localidad y el tiempo; por lo que la (CPE) puede considerarse representativa para algunas enfermedades. (Jeger & Viljanen-Rollinson 2000, López 2000, Agrios 2005).

## **2.3 AUDPC**

El uso de datos de progreso de la enfermedad ha permitido que epidemiólogos utilicen modelos para estimar parámetros de velocidad y desarrollo de una enfermedad, que pueden ser de utilidad al identificar cultivares que expresan diferentes patrones de progreso de la misma en el campo. Estos modelos se han desarrollado aún más a través del cálculo del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), la cual integra aspectos del progreso de la enfermedad en relación con el huésped (Jeger & Viljanen-Rollinson 2000).

Madden et al. (2007) indica que “el (AUDPC) es un resumen cuantitativo útil de la intensidad de la enfermedad a lo largo del tiempo, para comparación entre años, ubicaciones o tácticas de manejo. El método más comúnmente utilizado para estimar el (AUDPC), es el método trapezoidal, el cual discretiza la variable tiempo (horas, días, semanas, meses o años) y calcula la intensidad promedio de la enfermedad entre cada par de puntos de tiempo adyacentes”.

Para obtener el (AUDPC), las lecturas de la enfermedad se toman sobre la base del porcentaje de área foliar afectada por el patógeno. Es importante comenzar a tomar lecturas tan pronto como aparezcan los síntomas; por lo tanto, se requiere una exploración frecuente del ensayo, puesto que es difícil saber exactamente cuándo empezarán a aparecer los síntomas. La frecuencia de las lecturas, si la enfermedad avanza rápidamente en genotipos susceptibles, se deben realizar con una frecuencia de 5 a 7 días (Cambell et.al 1990). Para determinar el (AUDPC) se divide una curva de progreso de la enfermedad en una serie de trapecios, calculando el área de cada uno y luego se van sumando estas áreas (Simko & Piepho 2011) para ello se puede utilizar la fórmula:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} (y_i + y_{i+1} \dots + x(t_{i+1} - t_i) / 2)$$

Donde:

$y_i$ : es una evaluación de una enfermedad (porcentaje, proporción, puntuación ordinal, etc.) en la observación  $i$ ,

$t_i$ : es tiempo (en días, horas, etc.) en la observación  $i$

$n$ : es el número total de observaciones.

## **2.4 AUDPS**

Área bajo las escaleras de progreso de la enfermedad (AUDPS) por sus siglas en inglés, mejora la estimación del progreso de la enfermedad al combinar observaciones repetidas del progreso de la enfermedad en un solo valor. El (AUDPS) tiene la misma base conceptual que el (AUDPC), sin embargo, los dos enfoques difieren en el peso que se otorga a la primera y la última observación. Si bien (AUDPC) otorga menos importancia a la primera y última observación, el enfoque (AUDPS) otorga a las dos observaciones el mismo peso que a todas las demás observaciones siempre y cuando las observaciones se realicen a intervalos regulares. Debido a esta diferencia, el (AUDPS) se amplía linealmente con la duración de la enfermedad, mientras que el (AUDPC) no lo hace. Evaluaciones empíricas sugieren que el (AUDPS) supera al (AUDPC) en términos de precisión en la mayoría de los ensayos probados cuando se comparan las estadísticas de ANOVA de una vía; por lo que este esquema de ponderación a menudo mejora la precisión de la evaluación de la enfermedad. (Simko & Piepho 2011).

## **3. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL CULTIVO DEL POROTO**

Los cambios en las condiciones climáticas están afectando las distintas actividades agrícolas, las cuales pueden aumentar sus efectos en función de las condiciones geográficas propias de un lugar, ejemplo, fuertes sequías y la ocurrencia de intensas lluvias, causadas

por poderosas tormentas tropicales. Factores del clima como la precipitación, temperatura y la radiación solar, desempeñan un papel fundamental en muchos procesos fisiológicos de la planta, como el crecimiento, desarrollo y productividad, de ahí la estrecha relación existente entre la distribución de los regímenes climáticos y el de la vegetación. (Tejeda y Rodríguez 2007).

Agrios (2005), indica que “Los factores del medio ambiente que afectan mayormente el inicio y desarrollo de las enfermedades infecciosas de las plantas son la temperatura, la humedad, la luz, los nutrientes y el pH del suelo. Sus efectos sobre las enfermedades son el resultado de su influencia sobre el desarrollo y la susceptibilidad del hospedante, sobre la propagación y actividad del patógeno o sobre la interacción entre ambos y de su efecto sobre el desarrollo de los síntomas de la enfermedad”.

### **3.1 TEMPERATURA**

La temperatura es uno de los principales factores limitantes de la productividad del cultivo del frijol poroto. Una buena producción se logra en general con temperaturas que fluctúen entre 18 y 24 °C. (Rodríguez *et al* 1997, Rosas 2003). Los procesos fisiológicos (germinación, fotosíntesis, respiración y desarrollo foliar) responden de manera intrínseca a este factor ambiental, el cual ejerce una acción positiva en el crecimiento y desarrollo vegetal, al acumularse en las plantas; esta temperatura es conocida como tiempo térmico (TT) y se expresa como unidades térmicas o grados-día (Cortés *et al* 2004, Maldonado *et al* 2006). La temperatura influye en la relación patógeno-hospedero, al ser un factor

ambiental con una función crucial, como el determinar la distribución geográfica de la mayoría de los patógenos. Puede inhibir la esporulación de hongos, la germinación de esporas, movilidad de insectos vectores y desarrollo de epifitias; aumentando o disminuyendo con esto las oportunidades de las plantas de escapar a una enfermedad. (Agrios 2005)

3.1.1. **Tiempo Termal (TT)**, se ha utilizado para representar el efecto de la temperatura del aire en el crecimiento y desarrollo de las plantas, consiste en la acumulación de temperatura media diaria por encima de una temperatura base ( $T_{base}$ ) (López *et al* 2010; Matielo de Paula *et al* 2005). La temperatura media diaria puede determinar el ritmo de crecimiento de las plantas, modificando como y cuando se manifieste cada fase fenológica. Las diferentes especies de plantas necesitan la acumulación de una determinada cantidad de estas unidades térmicas. (Pascale y Damario, 2004). Se han desarrollado modelos cuantitativos para estimar la duración de estas distintas fases fenológicas, como el descrito por Maldonado *et al* (2006) citando a autores como Hammer y Grimm, indicando que “los modelos más sencillos limitados para su aplicación al intervalo de temperaturas entre  $T_b$  (temperatura base) y  $T_o$  (temperatura observada), utilizan el concepto de tiempo térmico definido como la suma de la diferencia entre la temperatura media diaria y la temperatura base correspondiente a la fase; además que las distintas fases fenológicas pueden tener diferentes temperaturas cardinales”.

### 3.2 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es considerada por su cantidad y distribución espectral la principal fuente de energía para la fotosíntesis; juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Grossi 2004, Durán *et al* 2015). La radiación fotosintéticamente activa (PAR acrónimo del inglés photosynthetically active radiation), se encuentra en una longitud de ondas visibles, entre 400 y 700 $\mu$ m, la cual, es capturada y almacenada por las plantas, a través de sus sistemas fotosintéticos. Tiene la capacidad de influir en el microclima de un cultivo. Su energía condiciona la temperatura del aire y del suelo, el movimiento del viento, la evapotranspiración y la fotosíntesis. La tasa de crecimiento de las plantas va a estar en relación a la intensidad, el grado de interceptación y la eficiencia en el uso de esta energía radiante. (Ross 1975, Jaramillo 2006, Durán 20015). La intensidad y duración de la radiación solar, puede aumentar o disminuir la susceptibilidad de las plantas ante las infecciones y severidad de enfermedades. Bajas intensidades luminosas después de producida la inoculación tienden a enmascarar los síntomas de algunas enfermedades. Se ha observado que cuando las plantas se desarrollan en condiciones normales de iluminación, los síntomas son mucho más severos, que cuando crecen en lugares sombreados. (Agrios 2005)

La radiación solar en el cultivo del frijol poroto afecta la fenología y morfología de la planta por medio de reacciones de fotoperiodo y elongación (etiolación). A intensidades altas pueden afectar la temperatura de la planta dentro del follaje del cultivo, esto pues las hojas superiores tienden a recibir más luz de la que pueden utilizar, mientras que las hojas inferiores están bajo la sombra, regulando esto el desarrollo de la planta. El poroto es una

especie de días cortos; los días largos tienden a causar demoras en la floración y en la madurez. (Arboleya y Ubilla 1994)

### **3.3 PRECIPITACIÓN**

Los requerimientos de agua de un cultivo dependen de diversos factores, como temperatura, humedad relativa, el suelo y la variedad. Es de esperar, para el caso del frijol, que las variedades tengan diferentes requerimientos hídricos, dependiendo de la duración del período vegetativo y del hábito de crecimiento. (FAO 2010). El cultivo de poroto necesita de 350 a 400 mm durante todo su ciclo y prospera en regiones con precipitación anual entre 600 y 2500 mm. Son convenientes 110 -180 mm entre siembra y la floración; 50-90 mm durante la floración e inicio de la formación de las semillas. Sin embargo; la época más crítica por necesidad de agua, son 15 días antes de la floración, para la formación de vainas y para completar el llenado de grano. La humedad debe reducirse por lo menos 15 días previos a la cosecha. (Benacchio, 1982, Rodríguez *et al* 1997).

### **4. COSECHA DEL CULTIVO DE POROTO**

Rodríguez *et al* (1997) indica que “La cosecha del frijol poroto depende de la variedad y la época de siembra. En Panamá ésta va desde mediados de enero hasta fines de febrero, cuando el 75 % de las vainas estén casi secas y el grano contiene de 14 a 24 % de humedad. Se procede a realizar la cosecha manualmente, arrancando las plantas de frijol,

colocándolas con las raíces hacia arriba en el campo, hasta que el frijol esté totalmente seco”

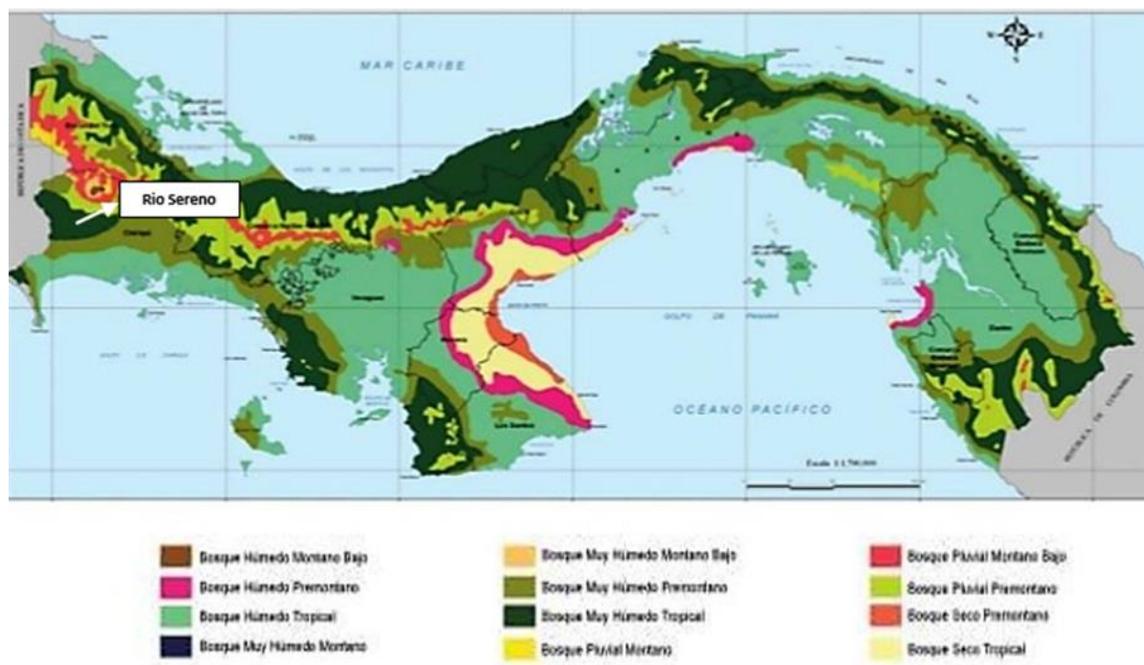
#### **4.1. INDICE DE COSECHA**

En cualquier ambiente la producción de biomasa es sin duda una capacidad necesaria para rendimiento de grano. (CIAT 2017). El índice de cosecha es el resultado de dividir el peso del grano por el peso total de la parte aérea de la planta, se puede considerar la parte económica en un cultivo con un gran valor. Estudios han demostrado que pérdidas en la fase reproductiva, asociados a escases de agua, producen cambios bioquímicos, que aumentan la posibilidad de modificaciones metabólicas que mejoran el índice de cosecha. (Boyer, 1996).

## II MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La actividad se instaló en octubre de 2018 en los terrenos de la estación experimental del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP), ubicado en el corregimiento de Río Sereno distrito de Renacimiento provincia de Chiriquí, entre los 8°49'29" de latitud Norte y los 82°50'42" de longitud Oeste. En esta zona (Fig. 2) prevalece la zona de vida de bosque muy húmedo tropical según Holdridge (1979), con temperatura promedio de 20°C, altitud 910 msnm y precipitación promedio de 2 500 mm anuales. (ANAM 2011, ETESA 2015).



**Figura 2. Localización geográfica de ensayo y mapa de zonas de vida de Panamá según Holdridge (1979)**

El área de estudio posee suelos de textura franco arenoso, poco ácidos, bajos en P, Ca, Mg, Al, Mn y Fe; contenidos medios en Zn y Cu y altos en K y MO. (análisis físico químico laboratorio de suelos IDIAP)

### **1.1. DATOS CLIMATOLÓGICOS**

Los datos climatológicos se obtuvieron de la estación meteorológica ubicada en el Subcentro de investigaciones del IDIAP en Río Sereno, distrito de Renacimiento. Se encuentra ubicada a 225 metros de la parcela de ensayo y proporcionó datos de precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación solar

## **2. MATERIAL GÉNÉTICO**

Se establecieron dos ensayos dentro del programa de mejoramiento genético del (IDIAP), pertenecientes a los Ensayos Centroamericanos de Adaptación y Rendimiento (ECAR) de granos rojos y negros, en colaboración con el Programa de Investigación en Frijol (PIF) de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) Zamorano, Honduras. Cada ensayo contó, con 14 líneas avanzadas de granos rojos y 14 líneas avanzadas de granos negros, cada uno con un testigo universal (DOR) y un testigo local (de Honduras) (Cuadro V).

### 3. DISEÑO EN CAMPO

**Cuadro V. Líneas utilizadas para la investigación. Líneas avanzadas de ECARs rojos y negros.**

Línea ECAR rojo		Línea ECAR negro	
L1	FBN 121 1-82	L1	PR 1423-55
L2	BCR 122-67	L2	BCN 113-78
L3	BCR 122- 8	L3	FBN 1205-10
L4	BCR 122- 49	L4	PR 1423-282
L5	BCR 122 R 42	L5	BCN 113-102
L6	RRH336-28	L6	BCN 111-60
L7	SER 314	L7	BRT 943-20
L8	FBN 1203-26	L8	MEN 933-28
L9	RSMC 17512-8	L9	PR 1423-262
L10	MRA 1222-4	L10	PR 1423-170
L11	MAB 484	L11	BCN 113 65
L12	BCR 122R-2	L12	PR 1423-8
L13	MLY 1255-43	L13	131S 7911-58
L14	RSFD 18101-010	L14	131S 7910-36
L15	TU (DOR 364)	L15	TU (DOR 390)
L16	ROJO DE SEDA	L16	AISIWIRIPI

Los ensayos se dispusieron en un diseño experimental de bloque completo al azar (BCA) como el descrito por Mendiburu 2008 y Navarro *et al* 2015, con tres repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo separados a 0.50m y 0.10m entre plantas dando un área total de 10m<sup>2</sup>. La parcela útil se estableció de dos surcos centrales descartándose las dos hileras de los extremos laterales y 0.25 m de cada extremo terminal para eliminar el efecto borde, dando un área de parcela efectiva de 4.5m<sup>2</sup>. Las prácticas de manejo agronómico (Figura 3) y de control de plagas de artrópodos, fueron las recomendadas por el IDIAP para el cultivo de poroto en Panamá (Rodríguez *et al* 1997).



**Figura 3. Diseño experimental BCA con tres repeticiones**

#### **4. TOMA DE DATOS EN CAMPO**

La toma de datos se dividió en dos: 1) Toma de datos para registrar fases fenológicas de las diferentes líneas en estudio. 2) Toma de datos de avance de la enfermedad (mustia hilachosa) en cada una de las líneas en estudio, desde la aparición de esta hasta su máximo desarrollo.

##### **4.1 TOMA DE DATOS PARA REGISTRAR FASES FENOLÓGICAS**

La toma de datos de las fases fenológicas, empezó con la siembra de todas las líneas ( $V_0$ ) el 25 de octubre de 2018, hasta la madurez fisiológica ( $R_9$ ) que tuvo comienzos en, algunas de las líneas investigadas, el 20 de diciembre y finalizando en otras el 28 de diciembre de 20018. Los diferentes eventos cardinales o fases fenológicas (Figura 4), se registraron para todas las líneas, siguiendo la metodología descrita por el CIAT (1986).

#### **4.1.1 TOMA DE DATOS DE CRECIMIENTO DE VAINAS**

En los ensayos después de llegar cada una de las líneas a la etapa R<sub>7</sub>, se tomaron datos al crecimiento o elongación de vainas, cada dos días a cada una de las líneas en estudio (Figura 4). Para documentar el comportamiento se confeccionaron gráficos, para su comparación.

#### **4.2 TOMA DE DATOS DE AVANCE DE LA ENFERMEDAD**

Mediante toma de muestras en campo, se identificó en laboratorio, con la utilización de microscopio, el patógeno *T. cucumeris* al observarse basidiosporas hialinas, de pared delgada lisa y de forma elipsoidal como las descritas por Agrios (1996), reforzado esto con los síntomas observados en los ensayos y que han sido descritos también por el CIAT (1980), Brenes (1996) e Infante (2010). Para la toma de datos se utilizó el método directo, descrito por Lavilla e Ivancovich (2016), el cual comprende valoraciones estándares, como patrones visuales de la enfermedad. Dentro de estas valoraciones se pudo considerar la severidad, la cual consiste en el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos afectado por la enfermedad y la cual varía entre 0 y 100 por ciento. Para la evaluación del ensayo se utilizó el porcentaje de afectación en el follaje, el cual tuvo sus inicios al aparecer en las hojas signos característicos de la enfermedad. Semanalmente la toma de datos continuo hasta que la enfermedad alcanzara su máxima expresión. (Figura 4)

Fases Fenológicas



Elongación y desarrollo de vainas



Aparición de signos de la enfermedad



Desarrollo de la enfermedad



**Figura 4. Fases fenológicas, elongación de vainas, aparición y desarrollo de la enfermedad**

## **5. COSECHA**

### **5.1 ÍNDICE DE COSECHA**

En cada línea avanzada se estimó el Índice de Cosecha (IC). Para calcularlo se utilizó el peso de la materia seca total de la parte aérea (hojas, tallos, vainas y granos) aún verdes producidas en un área de 0.5m<sup>2</sup> de cada parcela. Por separado los órganos frescos se secaron en un horno a 70°C, hasta llegar a peso constante (Figura. 5).

La ecuación que se utilizó para calcular el (IC) fue la siguiente:

IC=materia seca de granos (g)/materia seca total de órganos foliares aéreos (g).

### **5.2 COSECHA EN CAMPO**

Cuando todas las partes de la planta se secaron, especialmente los granos (semillas), con un contenido de humedad del 14% en campo, la cosecha se realizó. Se cosecharon las líneas centrales de cada parcela del ensayo, desechando las líneas laterales y 0.25m de los cabezales para eliminar el efecto borde, dando como resultado un área efectiva de 4.5m<sup>2</sup>. Se tomaron datos de cantidad de vainas por planta y cantidad de granos por vaina. Se tomaron datos de humedad de cada muestra y con el peso resultante de granos se calculó el rendimiento comercial de cada línea en Kg ha<sup>1</sup>. (Figura. 5)

Pesos para Índice de cosecha



Cosecha de ensayos



Conteo de vainas y granos



Prueba de humedad en granos



**Figura 5. Cálculo de Índice de cosecha, cosecha de ensayos, conteo de granos y prueba de humedad de granos.**

Para el cálculo de materia seca, se pesó lo producido en el área efectiva 4.5m<sup>2</sup> de cada parcela cosechada. Por separado los órganos aéreos (hojas, tallos y vainas), las raíces y la semilla, se secaron en un horno a 70°C hasta peso constante (Fig.6). La diferencia de peso fue con la que se calculó de materia seca, para esto se utilizó la fórmula:

$$Ms = [(\text{peso inicial} - \text{peso seco}) / \text{peso inicial}]$$



**Figura 6. Cálculo de Materia seca**

## **6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE DATOS**

Los valores calculados del Rendimientos comerciales, IC (índice de cosecha), AUDPC, AUDPS, TT (Tiempo térmico), fueron la base para los análisis estadísticos respectivos, a saber:

ANOVA, la cual se utilizó tomando en cuenta lo descrito por autores como Ordaz *et al* 2012 y Fernández 2016, donde explican que este análisis permite el contraste de hipótesis. Por lo que se requiere de la formulación de una hipótesis nula y otra alternativa, permite también en un experimento factorial estudiar la influencia de dos o más factores sobre una variable independiente.

Prueba de diferenciación de medias de Duncan, esta permite después de rechazar una Hipótesis nula de igualdad de medias, utilizando la técnica ANOVA, comparar las medias de los  $t$  niveles de un factor, proporcionando la ventaja de que no necesita que el valor de

F sea significativo para poder usarla, De esta manera, permite comparar todas las medias entre sí, sin restricciones. (Vargas y Vargas 2013, Condo y Pazmiño 2015)

Para el avance de la enfermedad se realizaron regresiones logísticas, que es una técnica estadística multivariable destinada al análisis de una relación de dependencia entre una variable dependiente y un conjunto de variables independientes, su objetivo es modelar como influyen las variables regresoras en la probabilidad de ocurrencia de un suceso, presencia o no de diversos factores como la relación entre la variable respuesta y un conjunto de variables predictoras o de pronóstico. Para identificar el mejor modelo de regresión logística se utiliza el coeficiente de verosimilitud que indica a partir de los datos de la muestra cuanto más probable es un modelo frente al otro. (Poma y Mercedes 2002, Camarero *et al* 2013, López-Roldán y Fachelli 2015)

Los análisis se realizaron con el estadístico en R, que es un entorno y lenguaje de programación diseñado para el análisis estadístico. (Mendiburu 2008) y el paquete estadístico SAS.

## **6.1 VARIABLES DEL ESTUDIO**

- Avance de la enfermedad (AUDPC y AUDPS)
- Rendimiento Comercial en (Kilos)
- Plantas emergidas
- Peso de granos
- MSHoja: Materia seca de hoja

- MSTallo: Materia seca de tallo
- MSRaiz: Materia seca de raiz
- MSVaina: Materia seca de vaina
- MSGrano: Materia seca de granos
- IC: Indice de cosecha

### III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 1. ANÁLISIS DE VARIANZAS. ECAR ROJO Y NEGRO

El Cuadro VI muestra el análisis de varianza para AUDPC y AUDPS. En los ECAR rojo presentaron alta significancia entre líneas ( $P < 0,001$ ) y baja entre bloques ( $P < 0,01$ ). Los ECAR negro al igual que el rojo presentaron alta significancia entre líneas ( $P < 0,001$ ) y no presentaron variación entre bloques. Este análisis se realizó en base a los valores de severidad foliar de *T. cucumeris* en porcentaje (%), similar al descrito por Lavilla e Ivancovich en (2016), el cual comprende valoraciones estándares y que ya fue descrito en la metodología.

El análisis de varianza para la variable peso de grano (PGranos) para los ECAR rojo y negro (Cuadro VII) mostraron significancia entre los bloques y entre las líneas con probabilidades ( $P \leq 0,01$ ) y ( $P \leq 0,001$ ) respectivamente. Un coeficiente de variación (CV) de 16.00% para los rojos y 15.15% para los negros, lo que indica la confiabilidad del ensayo realizado.

Las variables materia seca de vainas (MSvainas) y de granos (MSgranos), así como el índice de cosecha (IC), tanto para los ECAR rojo como el negro, mostraron significancia similar para las líneas, con probabilidad ( $P \leq 0,0001$ ). Los bloques en este caso no presentaron significancia, lo que indica que no existió interacción entre bloques. El (CV) fue de entre 7 y 8% para el (IC) y de 19 y 15% en la (MSgranos), indicando buen grado de confiabilidad en el experimento. (Cuadro VII)

Otras de las variables medidas en el ensayo fueron materia seca de hojas (MShojas), materia seca de tallos (MStallos) las cuales mostraron también diferencias de significancia entre las líneas ( $P \leq 0,001$ ) y no para los bloques; las materias secas de raíces (MSraíces) solo mostraron diferencias en el ECAR rojo ( $P \leq 0,001$ ). (Cuadro VII)

El rendimiento comercial (RComercial) presento un comportamiento diferente, en el ECAR rojo tuvo significancia de ( $P \leq 0,01$ ) entre líneas y no entre bloques, por su lado los ECAR negro presentaron un mayor grado de significancia entre líneas ( $P \leq 0,001$ ) y entre bloques de ( $P \leq 0,01$ ). (Cuadro VII)

**Cuadro VI. Análisis de varianza para AUDPC y AUDPS**

**ECAR ROJO.**

AUDPC			AUDPS		
Análisis varianza AUDPC			Análisis varianza AUDPS		
	F value	Pr(>F)		F value	Pr(>F)
Bloques	4.171	0.02522 *	Bloques	4.3841	0.02136*
Líneas	11.106	2.028e-08 ***	Líneas	13.5681	1.814e-09 ***
CV: 11.79359			CV: 11.15808		

**ECAR NEGRO.**

AUDPC			AUDPS		
Análisis varianza AUDPC			Análisis varianza AUDPS		
	F value	Pr(>F)		F value	Pr(>F)
Bloques	1.6383	0.2112	Bloques	1.9647	0.1578
Líneas	8.5542	3.998e-07 ***	Líneas	9.3496	1.481e-07 ***
CV: 12.23502			CV: 12.00665		

DDS= días después de siembra, AUDPC= área bajo la curva del progreso de la enfermedad, AUDPS= área bajo las escaleras del progreso de la enfermedad, CV= coeficiente de variación. Significancias: 0.0001'\*\*\*', 0.001 '\*\*', 0.01 '\*'.

**Cuadro VII. Análisis de varianzas. ECAR rojo y negro**

<b>ECAR rojo</b>					
	Bloques F value	Líneas F value	Bloques Pr(>F)	Líneas Pr(>F)	CVariación
<b>PGranos</b>	0.1139	2.0830	0.892750	0.042510 **	16.00904
<b>MSHojas</b>	0.5829	3.0995	0.564497	0.004058 **	23.19337
<b>MSTallos</b>	0.3536	2.4446	0.705000	0.018100 *	19.58543
<b>MSRaíz</b>	0.4866	3.4475	0.619498	0.001901 **	21.86828
<b>MSVaínas</b>	0.4969	5.8599	0.6134	2.025e-05***	
<b>MSGranos</b>	0.3007	11.2107	0.7425	1.815e-08***	19.44933
<b>IC</b>	0.2675	19.6518	0.7671	1.645e-11***	7.75292
<b>RComercial</b>	0.1202	2.0671	0.88714	0.04415 *	15.99372
<b>ECAR negro</b>					
<b>PGranos</b>	4.1926	3.43560	0.02480 *	0.00195 **	15.15089
<b>MSHojas</b>	1.3700	0.26955	2.59190	0.01284 *	18.70577
<b>MSTallos</b>	0.1669	3.51110	0.84706	0.00166 *	17.79562
<b>MSRaíz</b>	0.8542	1.32220	0.43570	0.24950*	21.79440
<b>MSVaínas</b>	2.4291	4.35210	0.10525	0.00030 ***	
<b>MSGranos</b>	1.1312	6.10200	0.33600	1.364e-05 ***	15.99862
<b>IC</b>	0.1331	16.80060	0.87590	1.245e-10***	8.36916
<b>RComercial</b>	4.3971	3.30840	0.021151 *	0.00257 **	15.36179

PGranos= peso de granos, MSHoja= peso materia seca hoja, MSTallo= peso materia seca tallo, MSRaíz= peso materia seca raíz, MSVaína= peso de materia seca de vaina, MSGrano= peso de materia seca de grano, IC= índice de cosecha, RComercial= rendimiento comercial en Kg ha-1. Significancias: 0.0001 '\*\*\*', 0.001 '\*\*', 0.01 '\*'.

## 2. TEST DE DUNCAN

En el Cuadro VIII, muestra la prueba de comparación de medias de Duncan para el ECAR rojo, en las dieciséis líneas, para las variables PGranos, MSHoja, MSTall, MSRaíz, MSVaina, MSGrano, IC y RComercial.

Dentro de las variedades los productores de este rubro buscan, que el rendimiento les permita costear los costos y garantizar un margen de ganancias. Se puede observar que la línea L2 (BCR 122-67) presento valores altos, en sus medias, en cinco de las siete variables y con el L12 (BCR 122R-2) presentaron valores promedios más altos en lo que respecta al rendimiento comercial RComercial y peso del grano PGranos, marcando una diferencia significativa de hasta un 37% y 36% (900 y 800 Kg ha<sup>1</sup> promedio) con respecto a las líneas L11 (MAB 484) y L14 (RSFD 18101-010). El resto de las líneas presentaron valores similares entre sí por lo que no se observó diferencias de significancia entre ellos para RComercial.

El Cuadro IX, muestra para dieciséis líneas la prueba de comparación de medias de Duncan para el ECAR negro, al igual que el anterior para las variables (PGranos), (MSHoja), (MSTall), (MSRaíz), (MSVaina), (MSGrano), (IC) y (RComercial). Las líneas L1 (PR 1423-55) y T14 (131S 7910-36) presentaron mejores valores para (RComercial) y (PGranos), marcando una diferencia significativa de 41% y 30% (1,000 y 600 Kg ha<sup>1</sup> promedio), con respecto a las líneas L6 (BCN 111-60) y L12 (PR 1423-8). El resto de las líneas presentaron valores similares entre sí por lo que no se observó diferencias de significancia entre ellos para RComercial.

Se realizó el mismo Test para AUDPC y AUDPS para los ECARs rojo y negros, con la diferencia que los resultados se graficaron. Teniendo en cuenta que los valores más altos representan las líneas de plantas donde se desarrolló más la enfermedad; se puede observar en la Figura 7 y 8 en los ECAR rojo las líneas que manifestaron mayores valores y una diferencia significativa para AUDPC y AUDPS, fueron el L16 y L9 en relación a las otras líneas y las L10 y L3 presentaron menores valores de afectación.

En los ECAR negros (Figuras 9 y 10) los mayores valores y diferencias significativas la presentaron, tanto para AUDPC como ADPS, los L10, L6 y L5 con respecto al resto de las líneas.

**Cuadro VIII. Prueba de rango múltiple de Duncan ECAR rojo**

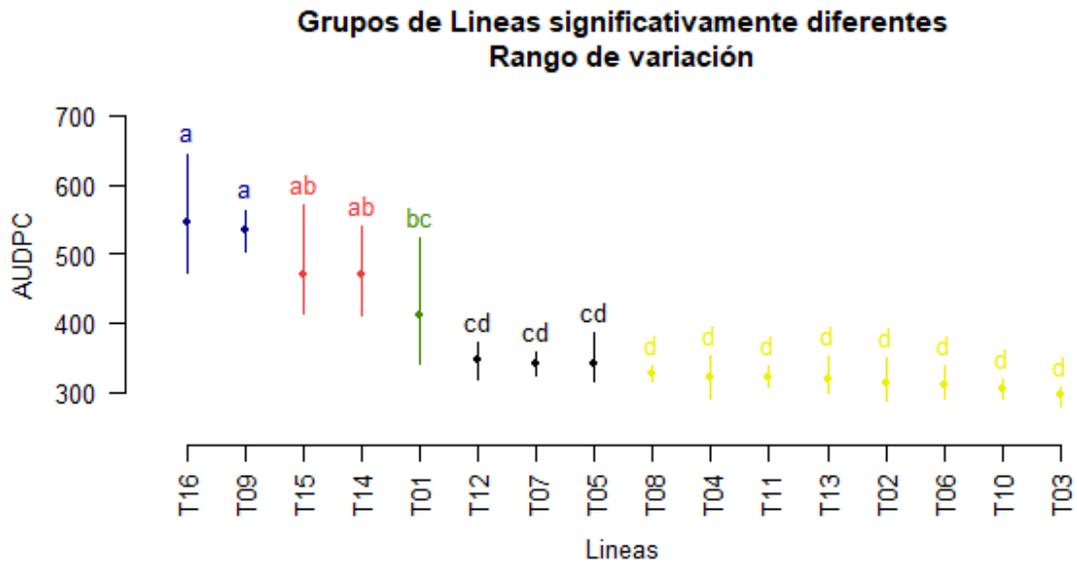
	<b>PGranos</b>	<b>MSHoja</b>	<b>MSTallo</b>	<b>MSRaíz</b>	<b>MSVaina</b>	<b>MSGrano</b>	<b>IC</b>	<b>RComercial</b>
L01	0.896 abcd	46.33 abc	62.00 bc	12.00 ab	52.67 bc	74.33 bcd	0.300 fgh	2050.495 abcd
<b>L02</b>	<b>1.062 a</b>	58.33 a	87.33 a	12.33 a	55.00 b	78.67 bcd	0.267 h	<b>2420.402 a</b>
L03	0.734 bcd	45.00 abc	69.67 abc	9.00 abcd	42.00 bcde	63.00 d	0.276 gh	1997.661 abcd
L04	0.876 abcd	41.33 abc	63.33 abc	10.67 abc	34.33 de	101.00 bc	0.399 c	1673.221 bcd
L05	0.990 ab	53.33 ab	74.33 ab	8.33 bcd	52.67 bc	87.67 bcd	0.320 efg	2259.248 ab
L06	0.954 abc	41.00 abc	65.67 abc	7.67 cd	49.67 bcd	88.00 bcd	0.348 cdef	2188.387 abc
L07	0.996 ab	22.00 d	46.33 cd	6.00 d	39.67 bcde	108.00 b	0.486 ab	2276.173 ab
L08	0.929 abcd	38.00 bcd	60.00 bcd	11.67 ab	36.00 cde	92.33 bcd	0.386 cd	2120.470 abcd
L09	0.959 abc	42.00 abc	67.00 abc	7.33 cd	42.00 bcde	89.33 bcd	0.363 cde	2200.071 abc
L10	0.909 abcd	37.00 bcd	75.67 ab	7.67 cd	51.33 bcd	96.00 bcd	0.361 cde	2077.192 abcd
<b>L11</b>	<b>0.688 cd</b>	31.00 cd	68.00 abc	8.67 abcd	33.67 de	72.33 cd	0.340 def	<b>1571.160 cd</b>
<b>L12</b>	<b>1.078 a</b>	37.67 bcd	60.00 bcd	10.67 abc	46.00 bcd	84.67 bcd	0.353 cdef	<b>2458.790 a</b>
L13	0.917 abcd	22.67 d	37.67 d	5.33 d	26.00 e	75.00 bcd	0.453 b	2109.906 abcd
<b>L14</b>	<b>0.663 d</b>	41.00 abc	65.33 abc	11.00 abc	51.33 bcd	75.33 bcd	0.307 fgh	<b>1520.219 cd</b>
L15	0.912 abcd	39.00 bcd	63.00 abc	7.67 cd	36.00 cde	77.00 bcd	0.345 cdef	2082.456 abcd
L16	0.839 abcd	45.00 abc	58.67 bcd	10.00 abc	80.67 a	215.00 a	0.525 a	1926.555 abcd

PGranos= peso de granos en Kg, MSHoja= peso materia seca hoja en g, MSTallo= peso materia seca tallo en g, MSRaíz= peso materia seca raíz en g. MSVaina= peso de materia seca de vaina en g, MSGrano= peso de materia seca de grano en g, IC= índice de cosecha, RComercial= rendimiento comercial en Kg ha<sup>1</sup>. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

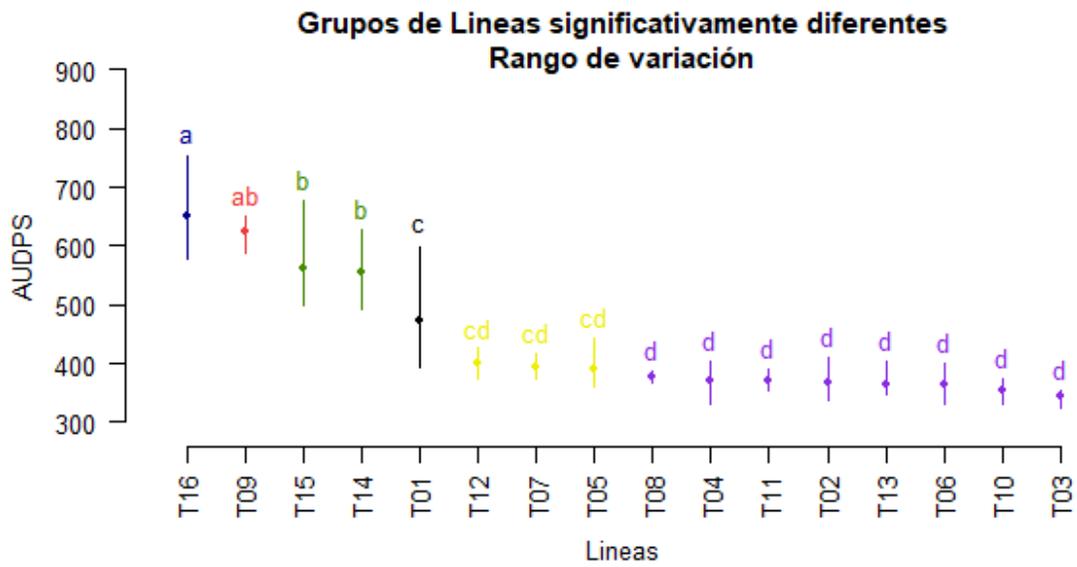
**Cuadro IX. Prueba de rango múltiple de Duncan ECAR negro**

	<b>Pgranos</b>	<b>MSHoja</b>	<b>MSTallo</b>	<b>MSRaíz</b>	<b>MSVaina</b>	<b>MSGrano</b>	<b>IC</b>	<b>RComercial</b>
<b>L01</b>	<b>1.068 a</b>	27.67 abcd	48.67 bcdef	8.00 ab	35.00 abc	92.00 abc	0.433 bcd	<b>2415.41 a</b>
L02	0.895 abc	25.33 cd	53.00 abcde	8.00 ab	25.67 cde	68.33 de	0.381 cd	2032.71 ab
L03	0.688 bcde	25.33 cd	40.00 def	6.67 b	24.33 de	74.00 cde	0.437 bc	1563.76 bc
L04	0.744 bcde	23.00 cd	36.67 ef	8.33 ab	37.67 ab	112.00 a	0.513 a	1691.08 bc
L05	0.643 de	28.33 abcd	53.33 abcde	11.00 a	38.67 ab	79.00 bcde	0.376 d	1463.72 c
<b>L06</b>	<b>0.636 de</b>	33.67 abc	69.00 a	8.33 ab	34.67 abc	69.00 de	0.319 e	<b>1434.39 c</b>
L07	0.779 bcde	29.67 abcd	57.33 abcd	9.00 ab	45.00 a	62.00 e	0.303 e	1784.40 bc
L08	0.676 cde	36.67 ab	56.00 abcd	10.00 ab	36.67 ab	56.67 e	0.289 e	1523.67 bc
L09	0.817 bcde	21.33 d	33.67 f	10.00 ab	40.00 ab	98.33 ab	0.484 ab	1858.51 bc
L10	0.882 abc	27.00 bcd	45.67 cdef	10.00 ab	21.33 e	78.67 bcde	0.431 bcd	2004.19 ab
L11	0.766 bcde	38.00 a	63.67 ab	10.33 ab	37.67 ab	60.67 e	0.286 e	1726.67 bc
<b>L12</b>	<b>0.626 e</b>	29.33 abcd	50.67 bcdef	10.33 ab	44.00 a	96.00 abc	0.417 cd	<b>1410.78 c</b>
L13	0.861 abcd	25.00 cd	56.00 abcd	11.67 a	36.67 ab	60.67 e	0.313 e	1938.46 abc
<b>L14</b>	<b>0.912 ab</b>	29.33 abcd	47.67 bcdef	9.67 ab	36.33 ab	90.67 abcd	0.433 bcd	<b>2044.56 ab</b>
L15	0.675 cde	38.00 a	62.33 abc	9.00 ab	38.67 ab	60.67 e	0.291 e	1525.99 bc
L16	0.685 bcde	29.67 abcd	43.00 def	11.33 a	32.33 bcd	55.33 e	0.322 e	1563.79 bc

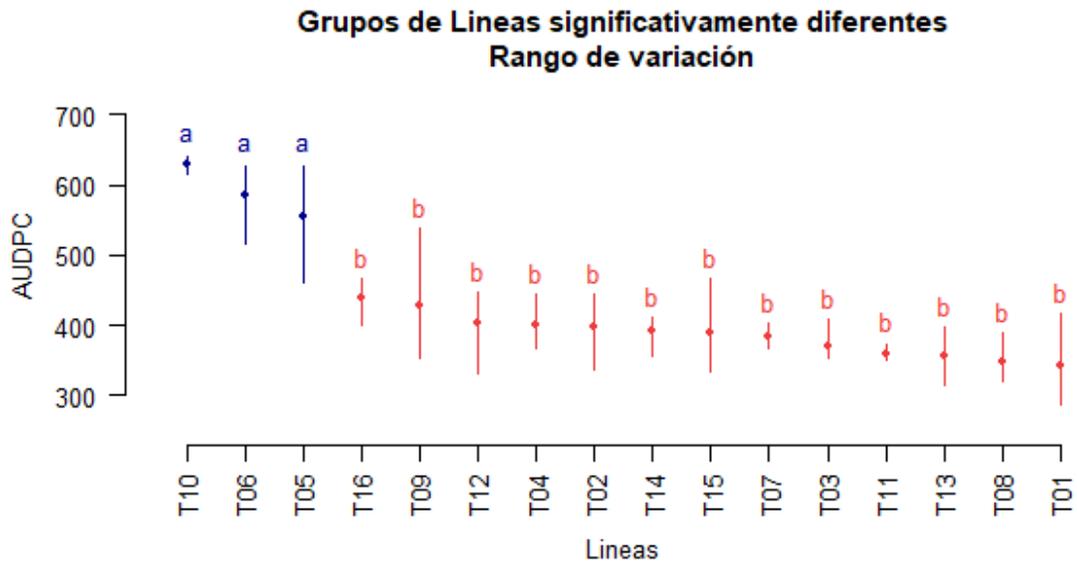
PGranos= peso de granos en Kg, MSHoja= peso materia seca hoja en g, MSTallo= peso materia seca tallo en g, MSRaíz= peso materia seca raíz en g. MSVaina= peso de materia seca de vaina en g, MSGrano= peso de materia seca de grano en g, IC= índice de cosecha, RComercial= rendimiento comercial en Kg ha<sup>1</sup>. Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.



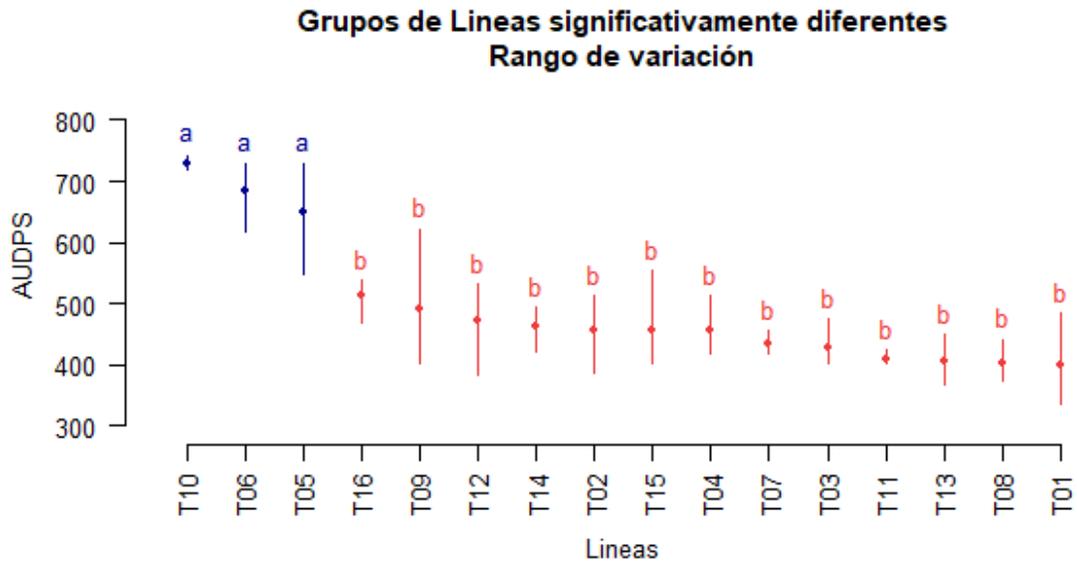
**Figura 7. Gráfico de Test de Duncan para AUDPC ECAR rojo**



**Figura 8. Gráfico de Test de Duncan para AUDPS ECAR rojo**



**Figura 9. Gráfico de Test de Duncan para AUDPC ECAR negro**



**Figura 10. Gráfico de Test de Duncan para AUDPS ECAR negro**

### 3. REGRESIÓN LOGÍSTICA PARA SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD

Datos de severidad de la enfermedad (Mustia hilachosa), se tomaron mediante siete lecturas realizadas a los 19, 26, 33, 41, 48, 56 y 62 días después de la siembra. La información fue analizada estadísticamente y la finalidad fue determinar el efecto que provocaba la enfermedad a lo largo del tiempo en las líneas evaluadas. Se utilizó un modelo de regresión logística para evaluar y comparar el ajuste de la curva de desarrollo de la enfermedad en cada uno de las líneas. La ecuación no lineal utilizada para este modelo fue la siguiente:

$$Y = \frac{a}{1 + b * e^{-ct}}$$

Donde:

Y= desarrollo de la enfermedad, a= intercepto, b= constante de integración, c=pendiente de la curva relativa, t= días después de siembra.

Se analizaron los datos utilizando también lo descrito por Guerra *et al* (2016), a través de la estimación de parámetros, por el método de Marquardt y calculando el EPP= error de predicción promedio y la VEP= varianza de error de predicción, para observar el ajuste de la ecuación a los datos obtenidos.

En el Cuadro XI se observa de acuerdo a la regresión logística que los valores de VEP para el ECAR rojo fueron bajos por lo que las ecuaciones matemáticas generadas para cada una de las líneas fueron las apropiadas.

El Cuadro XII muestra los valores del ECAR negro; valores bajos para VEP en las líneas en estudio al igual que en el ECAR rojo por lo que se comprueba que las ecuaciones matemáticas generadas fueron las indicadas para el cálculo del avance de la enfermedad.

Guerra *et al* (2016) indica que “El signo del EPP expresa si la función estimada, sobre estima (+) o subestima (-) los datos analizados”. En el estudio se observó una subestimación en los valores de ciertas líneas.

**Cuadro X. Modelo logístico ECAR rojo y criterios estimados para comparar el ajuste del modelo**

LÍNEAS	EPP	VEP	MODELO LOGISTICO
L1	26.6498005	1.1305258	$Y = \frac{17.2569}{1 + 2.78181 * (49092.9)^{-0.2513t}}$
L2	1.4717773	0.2408598	$Y = \frac{12.7553}{1 + 2.78181 * (592.7)^{-0.1463t}}$
L3	0.3842553	0.2044199	$Y = \frac{10.5320}{1 + 2.78181 * (237.4)^{-0.1382t}}$
L4	5.1498616	0.2413427	$Y = \frac{12.5343}{1 + 2.78181 * (1797.3)^{-0.1782t}}$
L5	2.8811213	0.5114264	$Y = \frac{15.8153}{1 + 2.78181 * (62.1486)^{-0.1020t}}$
L6	4.5376971	0.9164982	$Y = \frac{13.2963}{1 + 2.78181 * (42.8810)^{-0.0974t}}$
L7	2.1880225	0.2515912	$Y = \frac{19.3930}{1 + 2.78181 * (185.5)^{-0.1071t}}$
L8	-3.0592693	0.4148099	$Y = \frac{13.2585}{1 + 2.78181 * (34.9619)^{-0.0876t}}$
L9	1.1230067	0.9775306	$Y = \frac{42.3260}{1 + 2.78181 * (122.2)^{-0.0853t}}$
L10	7.3519747	0.3256070	$Y = \frac{12.0887}{1 + 2.78181 * (1198.4)^{-0.1700t}}$
L11	0.5746310	0.2377969	$Y = \frac{12.4707}{1 + 2.78181 * (274.1)^{-0.1369t}}$
L12	4.5129065	0.4863539	$Y = \frac{15.3115}{1 + 2.78181 * (662.4)^{-0.1531t}}$
L13	2.8037534	0.3994575	$Y = \frac{12.7108}{1 + 2.78181 * (373.8)^{0.1412-t}}$
L14	6.9130147	0.4425546	$Y = \frac{23.4241}{1 + 2.78181 * (849.0)^{-0.1446t}}$
L15	3.9531159	0.2686524	$Y = \frac{22.4089}{1 + 2.78181 * (830.1)^{-0.1378t}}$
L16	-4.0240385	1.4173621	$Y = \frac{31.6696}{1 + 2.78181 * (1777.2)^{-0.1588t}}$

EPP= error de predicción promedio, VEP= varianza de error de predicción, modelo de regresión logístico donde Y= desarrollo de la enfermedad, a= intercepto, b= constante de integración, c=pendiente de la curva relativa, t= días después de siembra.  $Y = \frac{a}{1+b*e^{-ct}}$

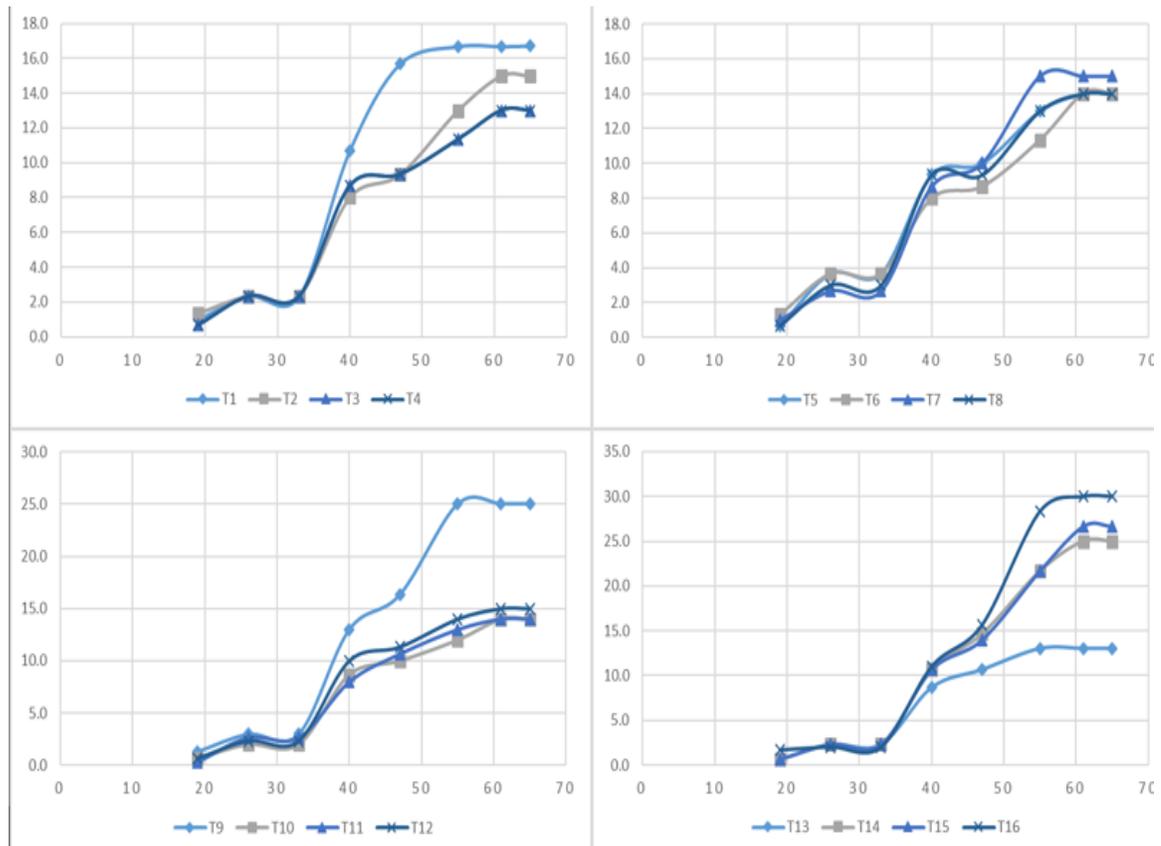
**Cuadro XI. Modelo logístico ECAR negro y criterios estimados para comparar el ajuste del modelo**

LÍNEAS	EPP	VEP	MODELO LOGISTICO
L1	21.0427825	0.5498842	$Y = \frac{17.3601}{1 + 2.78181 * (4810.1)^{-0.1858t}}$
L2	5.8874509	0.2345863	$Y = \frac{19.6726}{1 + 2.78181 * (3113.1)^{-0.1785t}}$
L3	-0.7836147	0.5427979	$Y = \frac{16.5212}{1 + 2.78181 * (1064.0)^{-0.1602t}}$
L4	8.8484155	1.1555943	$Y = \frac{16.8387}{1 + 2.78181 * (2450.4)^{-0.1804t}}$
L5	5.2456111	1.2450032	$Y = \frac{24.8616}{1 + 2.78181 * (4285.3)^{-0.1874t}}$
L6	-1.4513647	1.2276616	$Y = \frac{29.3112}{1 + 2.78181 * (2513.1)^{-0.1676t}}$
L7	8.7369455	0.4837701	$Y = \frac{15.4196}{1 + 2.78181 * (3116.2)^{-0.1942t}}$
L8	9.9140342	0.4139688	$Y = \frac{13.6042}{1 + 2.78181 * (11165.1)^{-0.2262t}}$
L9	48.7898211	1.1892718	$Y = \frac{17.2132}{1 + 2.78181 * (4.094E10)^{-0.5479t}}$
L10	-20.8684361	0.7127012	$Y = \frac{30.9167}{1 + 2.78181 * (1723.8)^{-0.1648t}}$
L11	6.8783920	0.5340839	$Y = \frac{14.3832}{1 + 2.78181 * (1278.3)^{-0.1707t}}$
L12	9.0026082	0.6612556	$Y = \frac{18.9031}{1 + 2.78181 * (4239.4)^{-0.1944t}}$
L13	11.3627379	0.2811231	$Y = \frac{13.7295}{1 + 2.78181 * (7748.8)^{-0.2207t}}$
L14	2.6333056	0.2279556	$Y = \frac{20.4654}{1 + 2.78181 * (1855.5)^{-0.1944t}}$
L15	10.2232725	0.6288738	$Y = \frac{14.6414}{1 + 2.78181 * (12612.5)^{-0.2269t}}$
L16	2.5109631	0.9087977	$Y = \frac{16.9892}{1 + 2.78181 * (14015.3)^{-0.2336t}}$

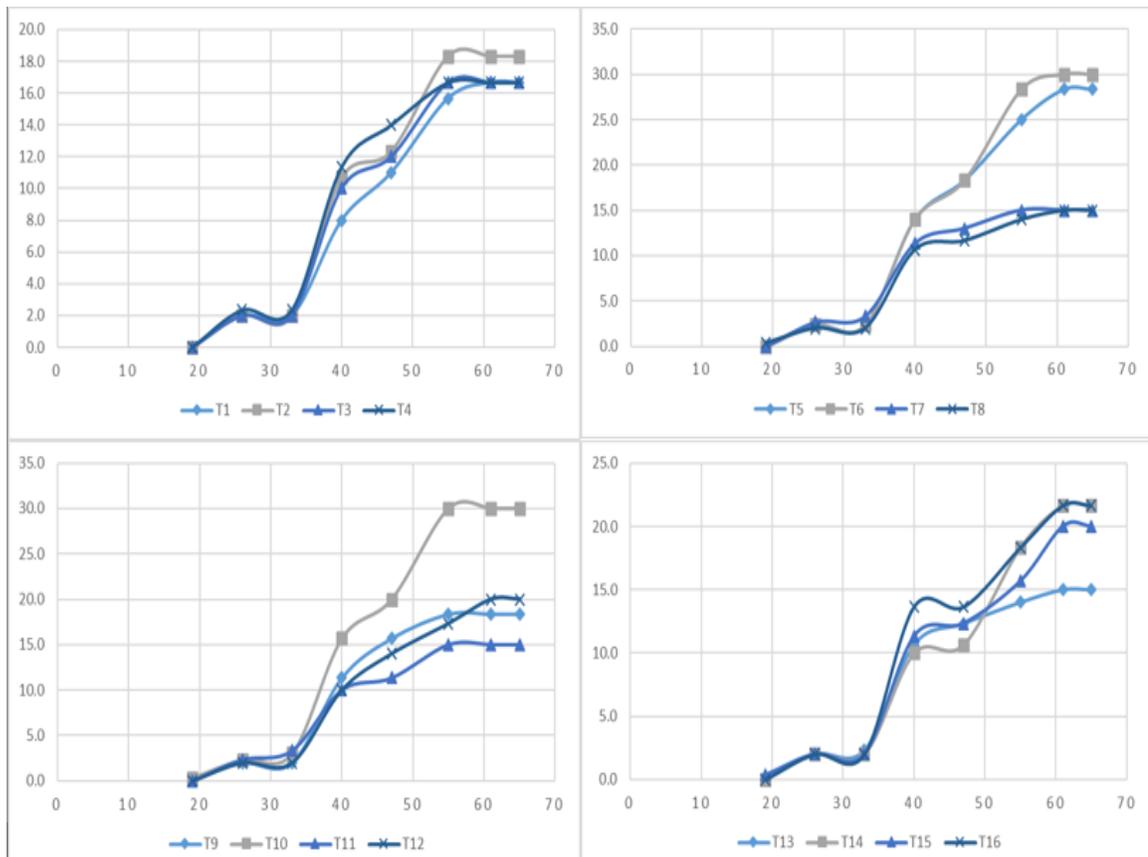
EPP= error de predicción promedio, VEP= varianza de error de predicción, modelo de regresión logístico donde Y= desarrollo de la enfermedad, a= intercepto, b= constante de integración, c=pendiente de la curva relativa, t= días después de siembra.  $Y = \frac{a}{1+b*e^{-ct}}$

### 3.1 GRAFICOS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ENFERMEDAD

Como resultado de los cálculos de la ecuación no lineal, se generaron gráficos sigmoideos de tipo predictivo, los cuales pueden explicar el comportamiento de la enfermedad a través del tiempo en las líneas de los ensayos ECAR rojo y negro; se puede observar que esta empezó de manera lenta entre los 20 - 30 dds y se aceleró hasta llegar a su máxima expresión entre los 50 - 60dds. (Fig. 9 y 10)



**Figura 11. Gráfico de valores estimados para avance de la enfermedad a través del tiempo de las líneas ECAR rojo.**



**Figura 12. Gráfico de valores estimados para avance de la enfermedad a través del tiempo de las líneas ECAR negro.**

### 3.2 VALORES RESIDUALES

Se graficaron valores residuales, los cuales se mostraron poco dispersos en todas las líneas de los ensayos ECAR rojo y negro. Guerra *et al* (2016), citando a Bergamasco *et al.* y Posada *et al.*; indica que “en lo que respecta a la distribución de los residuales, los modelos que presenten distribución alternada en cortos intervalos de tiempo son más deseables que aquellos que la exhiban en intervalos más largos”. Se observó entonces (Figura 13 y 14) que el modelo matemático utilizado ajusto bien los datos.

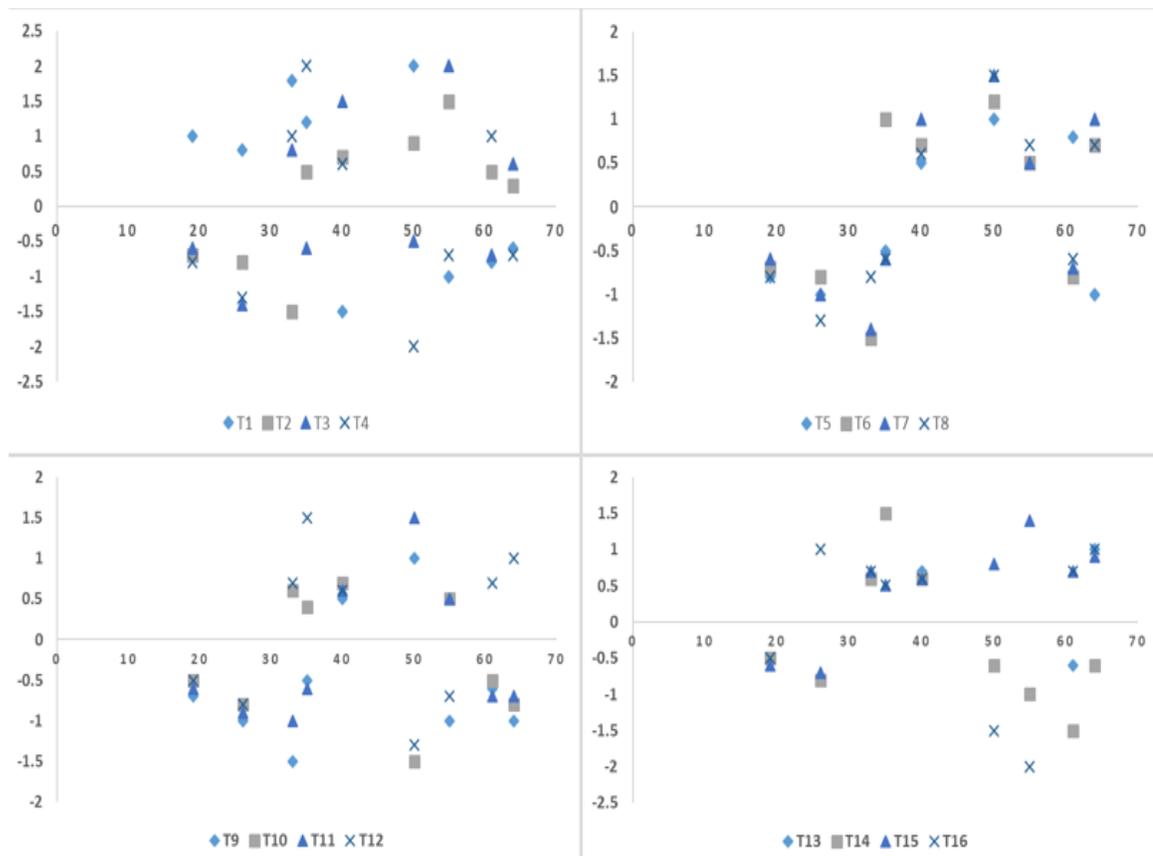
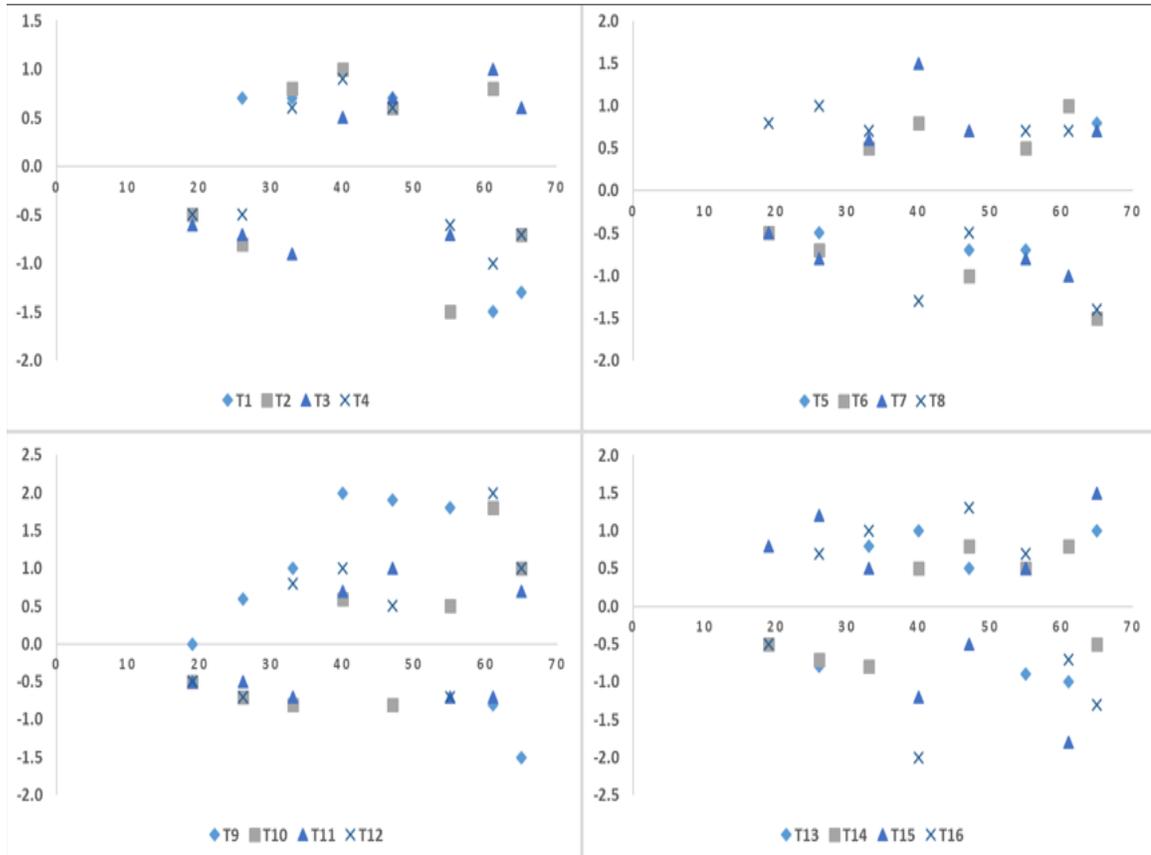


Figura 13. Gráficos de dispersión de residuales ECAR rojo



**Figura 14. Gráficos de dispersión de residuales ECAR negro.**

#### **4. DATOS METEOROLOGICOS Y AVANCE DE LA ENFERMEDAD**

Los datos meteorológicos obtenidos de la estación meteorológica en Río Sereno, se le realizaron análisis de correlación, dando como resultado correlaciones altas y positivas para las variables Precipitación acumulada (Pptacum), Radiación acumulada (Radacum) y Tiempo termal (tt), en relación con el avance de la enfermedad en cada uno de las líneas

de los ECAR rojos y negros. (Cuadros VIII y IX). Con esta correlación se comprueba que en la medida que se acumulaba la humedad, la radiación y la temperatura en las plantas, la enfermedad también avanzaba.

**Cuadro XII. Análisis de Correlación, progreso de la enfermedad en el tiempo en relación a Pptacum, Radacum y TT. ECAR rojo.**

	<b>Pptacum</b>	<b>Radacum</b>	<b>TT</b>
<b>L1</b>	0.6775	0.9136	0.8975
<b>L2</b>	0.6809	0.9392	0.9256
<b>L3</b>	0.7523	0.9650	0.9572
<b>L4</b>	0.7051	0.9383	0.9265
<b>L5</b>	0.7907	0.9778	0.9748
<b>L6</b>	0.7964	0.9776	0.9735
<b>L7</b>	0.7134	0.9532	0.9407
<b>L8</b>	0.8295	0.9850	0.9839
<b>L9</b>	0.7085	0.9527	0.9410
<b>L10</b>	0.7151	0.9420	0.9314
<b>L11</b>	0.7441	0.9587	0.9498
<b>L12</b>	0.7166	0.9454	0.9342
<b>L13</b>	0.7274	0.9511	0.9404
<b>L14</b>	0.6531	0.9264	0.9080
<b>L15</b>	0.6215	0.9177	0.8868
<b>L16</b>	0.6324	0.9064	0.8874

Pptacum= precipitación acumulada, Radacum= radiación acumulada, tt= tiempo termal.

**Cuadro XIII. Análisis de Correlación, progreso de la enfermedad en el tiempo en relación a Pptacum, Radacum y TT. ECAR negro**

	<b>Pptacum</b>	<b>Radacum</b>	<b>TT</b>
<b>L1</b>	0.6574	0.9175	0.8952
<b>L2</b>	0.6647	0.9187	0.9061
<b>L3</b>	0.6772	0.9315	0.9175
<b>L4</b>	0.7000	0.9414	0.9185
<b>L5</b>	0.6406	0.9143	0.8972
<b>L6</b>	0.6340	0.9155	0.8948
<b>L7</b>	0.7084	0.9310	0.9240
<b>L8</b>	0.6925	0.9270	0.9168
<b>L9</b>	0.6780	0.9276	0.9030
<b>L10</b>	0.6459	0.9189	0.8993
<b>L11</b>	0.7036	0.9457	0.9294
<b>L12</b>	0.6623	0.9277	0.9094
<b>L13</b>	0.6961	0.9303	0.9168
<b>L14</b>	0.6440	0.9209	0.9012
<b>L15</b>	0.6641	0.9308	0.9094
<b>L16</b>	0.6690	0.9005	0.8870

Pptacum= precipitación acumulada, Radacum= radiación acumulada, tt= tiempo termal

## 5. FASES FENOLÓGICAS

Se midió en días después de la siembra, los cambios observados en las fases fenológicas de cada uno de las líneas ECAR rojo y negro. Por lo que se puede ver en el cuadro V, las líneas en el ECAR rojo, la fase R<sub>6</sub> (floración) fue bastante similar entre ellos destacándose los L7, L9 y L14 que presentaron esta fase a los 32 días después de siembra (dds),

Rodríguez *et al* (2017) presento resultados semejantes en líneas estudiadas por lo que indica “que se pueden considerar excelentes características al momento de sus cosechas”. Se pudo observar que la fecha de cosecha en las líneas L7 (SER 314) y L16 (Rojo de Seda) fueron 79 y 76 dds.

En el Cuadro VI de los ECAR negro, las líneas L4 y L9 presentaron primero su floración (R<sub>6</sub>) a los 31 dds, marcando una semana de diferencia de entre cinco y ocho días con el resto de las líneas. Las mismas líneas L4 y L9 su fecha de cosecha fue a los 79 y 80 dds en relación al resto de las líneas y dando como resultado una cosecha más temprana.

## **6. DESARROLLO DE VAINAS**

En la etapa R<sub>7</sub> donde se desarrollan las vainas alcanzado su máxima longitud. Se observó en las líneas ECAR rojo, que las vainas en su patrón de crecimiento en el L16, presentaron un adelanto de cinco días, seguido por las líneas L7 y L9 los cuales se adelantaron dos días hasta su máxima elongación, en comparación al resto de las líneas (Fig. 7). Las líneas ECAR negro L4 y L9 el desarrollo de las vainas se adelantó en cinco días y el L10 en dos días hasta su máxima elongación, con respecto a las otras líneas. (Fig.8)

Tanto el desarrollo de las fases fenológicas como el de las vainas son características inherentes al componente genético de cada una de las líneas en estudio.

**Cuadro XIV. Fases fenológicas en dds ECARs rojo**

	Línea	Cambio de Fases Fenológicas en dds										
		V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	Cosecha
L1	FBN 121 1-82	1	4	6	12	22	29	36	39	48	60	81
L2	BCR 122-67	1	4	6	12	22	29	36	39	48	60	84
L3	BCR 122- 8	1	4	6	12	22	29	36	39	48	60	84
L4	BCR 122- 49	1	4	6	12	22	29	36	39	48	60	86
L5	BCR 122 R 42	1	4	6	12	22	29	34	39	48	62	82
L6	RRH336-28	1	4	6	12	22	29	36	39	48	60	82
L7	SER 314	1	4	6	12	23	29	32	36	46	60	79
L8	FBN 1203-26	1	4	6	12	22	29	36	39	48	62	82
L9	RSMC 17512-8	1	4	6	12	23	25	32	36	46	60	84
L10	MRA 1222-4	1	4	6	12	22	29	36	39	48	64	83
L11	MAB 484	1	4	6	13	22	29	34	39	48	62	82
L12	BCR 122R-2	1	4	6	12	22	29	36	39	48	64	83
L13	MLY 1255-43	1	4	6	12	23	29	34	39	48	60	83
L14	RSFD 18101-010	1	4	6	12	22	29	32	39	48	60	83
L15	TU (DOR 364)	1	4	6	12	22	29	36	39	48	64	83
L16	ROJO DE SEDA	1	4	6	12	22	29	34	36	43	56	76

**Cuadro XV. Fases fenológicas en dds ECARs negro**

	Línea	Cambio de Fases Fenológicas en dds										
		V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9	Cosecha
L1	PR 1423-55	1	4	6	12	23	29	34	39	48	62	81
L2	BCN 113-78	1	4	6	12	24	29	40	43	48	60	85
L3	FBN 1205-10	1	4	6	12	23	29	38	43	48	62	87
L4	PR 1423-282	1	4	6	12	22	25	31	36	43	56	78
L5	BCN 113-102	1	4	6	12	23	29	38	43	48	60	86
L6	BCN 111-60	1	4	6	12	23	29	36	43	48	62	89
L7	BRT 943-20	1	4	6	12	24	29	36	43	48	56	90
L8	MEN 933-28	1	4	6	12	24	29	36	43	48	62	93
L9	PR 1423-262	1	4	6	12	22	25	31	36	43	56	80
L10	PR 1423-170	1	4	6	12	23	29	38	41	48	62	85
L11	BCN 113 65	1	4	6	12	22	29	40	43	48	60	87
L12	PR 1423-8	1	4	6	13	24	29	38	43	48	60	81
L13	131S 7911-58	1	4	6	12	23	29	38	43	48	62	87
L14	131S 7910-36	1	4	6	12	23	29	38	43	48	60	86
L15	TU (DOR 390)	1	4	6	12	24	29	40	43	48	64	87
L16	ASIWIRIPI	1	4	6	12	24	29	40	43	48	60	94

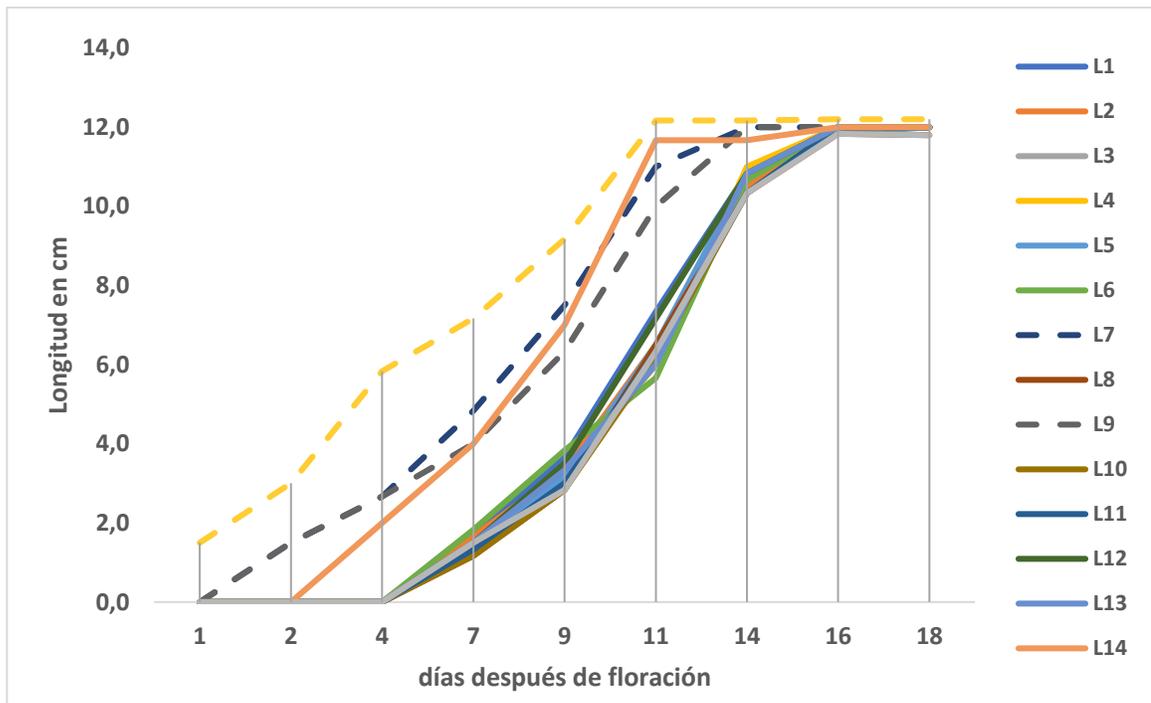


Figura 15. Longitud de vainas ECAR rojo

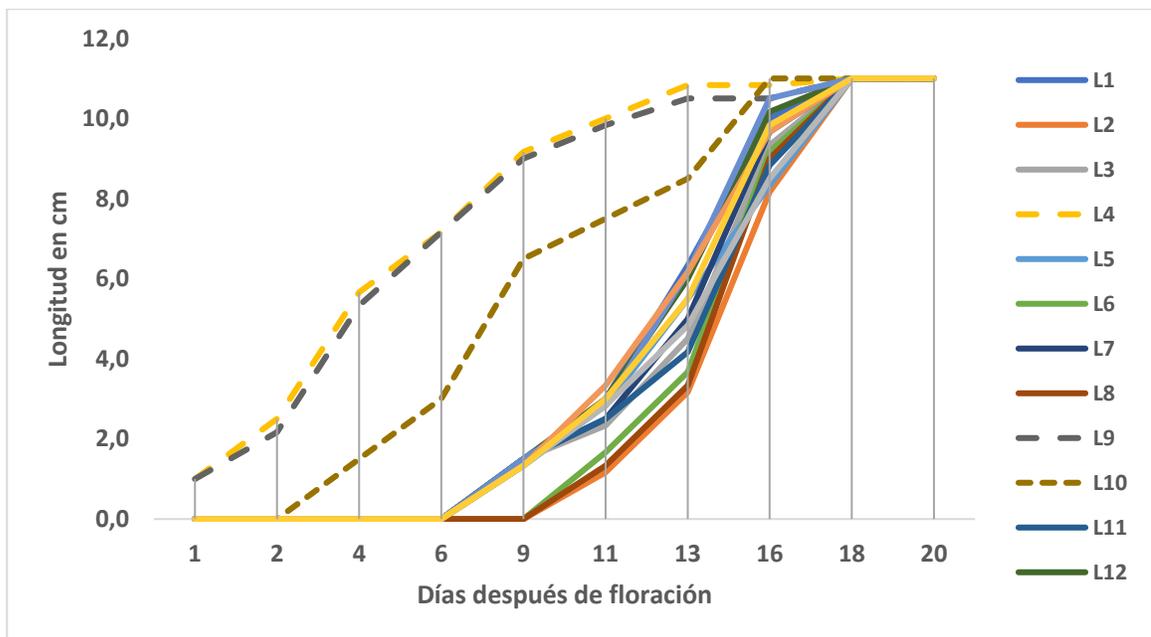


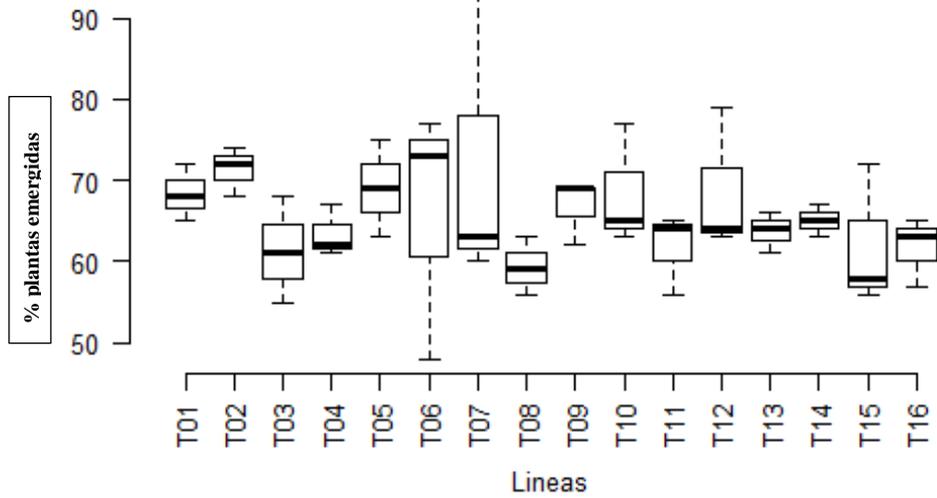
Figura 16. Longitud de vainas ECAR negro

## **7. PLANTAS EMERGIDAS LÍNEAS DE ECAR ROJO Y NEGRO.**

Se evaluó la variable plantas emergidas para todas las líneas, utilizando el diagrama de cajas de Tukey, que es una forma de presentación estadística destinada, fundamentalmente, a resaltar aspectos de la distribución de las observaciones en una o más series de datos cuantitativos, remplazando en consecuencia, al histograma y la curva de distribución de frecuencias, proporcionando con esto, ventajas en cuanto a la información que brinda. (Palladino 2011). Basados en este principio se pueden observar en las Fig. 12 y 13, las líneas de menor variación en una respuesta media al número de plantas sobrevivientes en las parcelas.

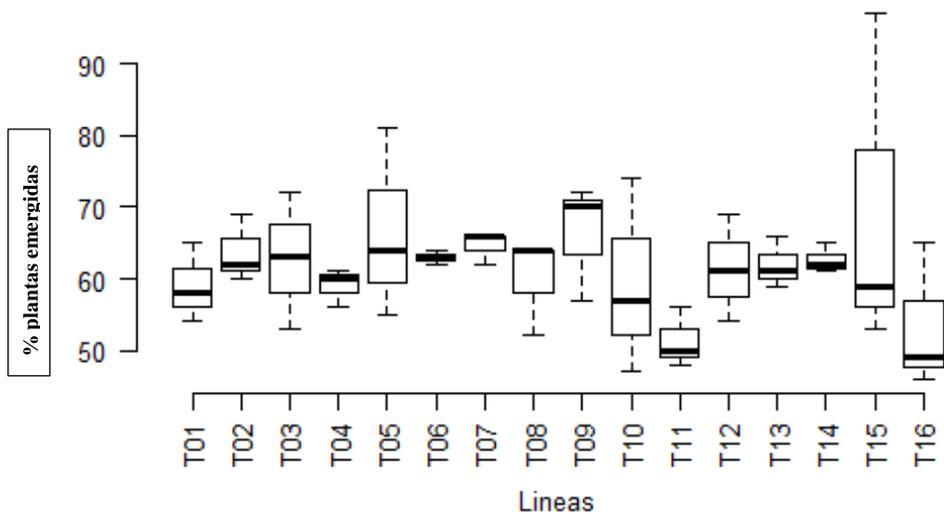
En respuesta a la estabilidad de plantas sobrevivientes, se puede considerar

- I. Deseable (Baja variación y número de plantas mayor o igual al 50% de sobrevivencia)
- II. Aceptable (Baja variación y número de plantas menor del 50% de sobrevivencia)
- III. No aceptable (Alta variación y número de plantas menor o igual al 50% de sobrevivencia)
- IV. No deseado (Alta variación y número de plantas menor al 50% de sobrevivencia)



**Figura 17. Box plot plantas por parcelas y el rango Inter cuartil de variación. ECAR rojo**

Se observa que las líneas L2, L3, L5, L6, L8, L9, L11, L13, L14 y L16 del ECAR rojo, se pueden considerar dentro de la respuesta (I) Deseables (Baja variación y número de plantas mayor o igual al 50% de sobrevivencia), en lo que se refiere a la estabilidad de plantas sobrevivientes en las parcelas de ensayo.



**Figura 18. Box plot plantas por parcelas y el rango Inter cuartil de variación. ECAR negro**

Por otro lado, las líneas ECAR negro L1, L3, L4, L6, L7, L8, L9 y L12 se encuentran en la respuesta (I) Deseables en la estabilidad de plantas sobrevivientes observadas en las parcelas de ensayo.

### **7.1. TIEMPO TÉRMICO EN LA MORFOLOGÍA DE LÍNEAS ECARs.**

Se consideraron todas las líneas de los ECAR rojo y negro. Determinándose el tiempo medio térmico como medida de evaluación continua; calculándose la diferencia del total de días (fases fenológicas  $d = L_{\text{rojos}} - L_{\text{negros}}$ ) entre ambas variedades, mediante una prueba de t pareada. Según la prueba, no se presentaron diferencias significativas en el tiempo térmico de los ECARs Rojos y negros, en las etapas de la morfología del cultivo. (pvalue > 0.05). Descriptivamente, se generó un gráfico de los valores de t (Cuadro XVI) para la diferencia de días térmicos en algunas etapas, como la tercera hoja trifoliada, floración, madurez fisiología y otras. En general los ECARs rojo tienden a una mayor respuesta en días térmicos. Por otro lado, la cosecha de ambos ECARs (rojos y negros) responden a un mismo tiempo térmico. (Figura 19).

**Cuadro XVI. Tiempo térmico en la morfología de ECAR rojo y negro**

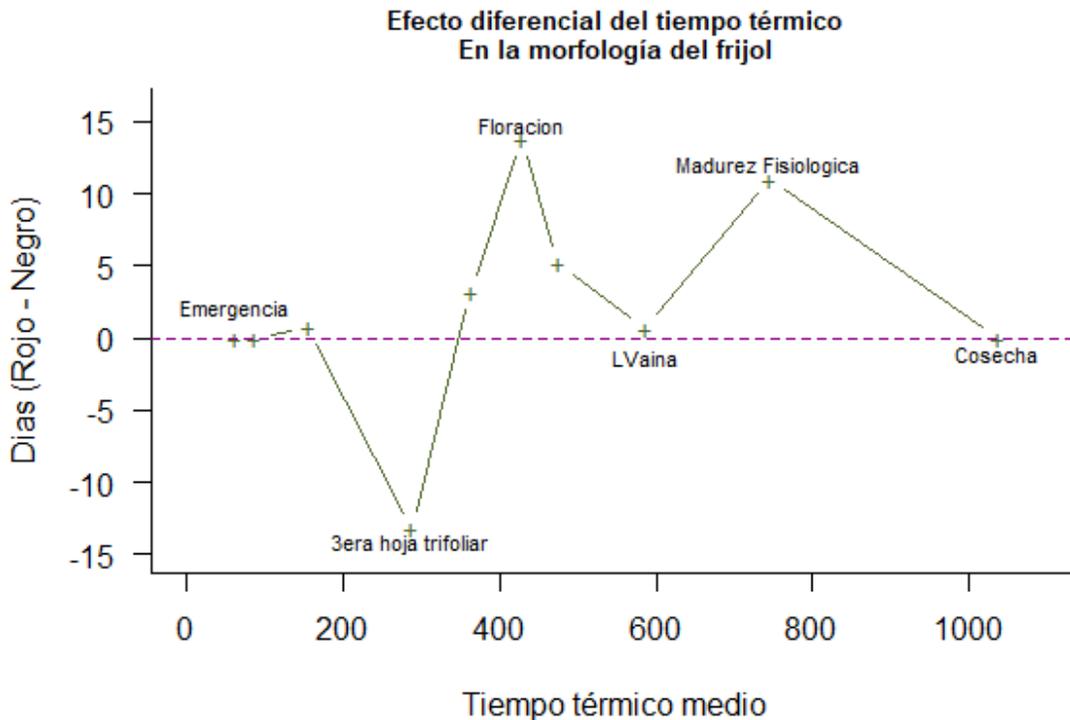
---


$$d = V_{roja} - V_{negra}$$


---

<b>FASES FENOLOGICAS</b>	<b>VALORES DE t</b>	<b>T PARIADA</b>
Emergencia	0.00000	t = 0.92301
Primera hoja	0.00000	df = 9
Primera hoja trifoliada	0.70625	p-value = 0.3801
Tercera hoja trifoliada	-13.23750	Media de las diferencias: 2.130625
Primera flor	3.16875	pvalue > 0.05
Floración	13.82500	
Formación de vainas	5.15625	
Tamaño de vainas	0.68750	
Madurez fisiológica	11.00000	
Cosecha	0.00000	

---



**Figura 19. Efecto diferencial del tiempo térmico en ECARs rojo y negro**

## **7.2. COMPARACIÓN DE LÍNEAS ECAR rojo y negro**

En el Cuadro XVII se puede observar cuatro líneas con rendimientos por encima de los 2 000 Kg ha<sup>1</sup>, dos para los ECAR rojo (BCR 122-67 y L12 BCR 122R-2), dos para los negros (L1 PR 1423-55 y L14 131S 7910-36). Estas cuatro líneas presentan valores más bajos en el AUDPC, AUDPS y en los valores calculados con la ecuación del modelo logístico; con respecto a las líneas que presentaron los, más bajos valores de rendimientos.

**Cuadro XVII. Comparación de rendimientos, entre líneas sobresalientes y desarrollo de la enfermedad.**

Líneas ECAR rojo	DF	Fecha a cosecha (dds)	Rend (Kg ha <sup>1</sup> )	AUDPC	AUDPS	S Mustia $Y = \frac{a}{1 + b * e^{-ct}}$
L2 BCR 122-67	36	84	2420.400	313.3333	368.6667	0.18547098
L12 BCR 122R-2	36	83	2458.790	347.5000	401.0000	0.236296641
L14 RSFD 18101-010	32	83	1520.219	469.6667	556.0000	0.354680703

Líneas ECAR negro	DF	Fecha a cosecha (dds)	Rend Kg ha <sup>1</sup>	AUDPC	AUDPS	S Mustia $Y = \frac{a}{1 + b * e^{-ct}}$
L1 PR 1423-55	34	81	2415.41	342.3333	398.3333	0.473126105
L14 131S 7910- 36	38	86	2044.56	391.3333	463.3333	0.499974918
L12 PR 1423-8	38	81	1410.78	403.0000	471.3333	0.523009197

DF= días a floración, DMF= días a madures fisiológica, Rend= rendimiento en Kgha<sup>1</sup>, AUDPC= área bajo la curva del progreso de la enfermedad, S Mustia= severidad de la enfermedad calculada con ecuación de regresión logística.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1. CONCLUSIONES

- Los análisis de varianza muestra que la primera hipótesis alternativa de la investigación, confirma variabilidad en las líneas avanzadas de los ECARs rojo y negro en relación a las epifitias de la mustia hilachosa.
- El análisis de correlación confirma la segunda hipótesis de trabajo, que existió relación entre las epifitias de la mustia hilachosa, los factores climáticos y las líneas en estudio de los ECAR rojos y negros.
- Se observó en los análisis de AUDPC, AUDPS y modelo no lineal, que algunas de las líneas muestran más tolerancia en relación a la mustia hilachosa y otras como las L16, L9 en los ECAR rojo y L10, L6 en los ECAR negro, presentaron mayor afectación por la enfermedad.
- El modelo logístico evaluado ajusto apropiadamente a los datos obtenidos, lográndose gráficos (tipos sigmoideos) descriptivos y predictivos del avance de la enfermedad en las líneas en estudio.
- Se encontraron diferencias significativas en la variable rendimiento, dando los mejores resultados en los ECAR rojo el L2 (BCR 122-67) y L12 (BCR 122R-2) y en los ECAR negro, el L1 (PR 1423-55) y L14 (131S 7910-36).

## **2. RECOMENDACIONES**

- Se hace necesario realizar nuevamente el estudio con las líneas que presentaron mejores valores para variables como Rendimiento Comercial, mejor tolerancia a la mustia hilachosa, que incluyan resultados de calidad culinaria y con esto llegar a seleccionar una variedad de frijol poroto que sea rentable al productor y de aceptación al consumidor.

## V. BIBLIOGRAFÍA

AGRIOS, G. (1996). Fitopatología 2a edición. Editorial Limusa, México.

AGRIOS, G. (2005) Plant Pathology. 5th Edition, Elsevier Academic Press, Amsterdam, p 819.

ARBOLEYA, J., UBILLA, J. (1994). Evaluación de variedades de poroto. Serie Técnica NQ 46. 1994, INIA ISBN: 9974-38-017-0. Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Andes 1365, Piso 12. Montevideo – Uruguay. p.32

BARRIOS, E. L. (2008). Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol Obtenido de <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2009/ene-feb/art-4.pdf>

BENACCHIO, S. (1982). Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano - un compendio-. FONAIAP. Maracay. 1era Ed. CROMOTIP Caracas - Venezuela. 202 p.

BRENES, B. (1996). Epidemiología y manejo de la mustia hilachosa del frijol común causada por *Rhizoctonia solani*. Obtenido de [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_x/a50-2388-II\\_031.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-II_031.pdf)

BONNETT, G. D. (2006). [https://\\_Effects\\_of\\_high\\_temperature\\_on\\_the\\_growth\\_and\\_composition\\_of\\_sugarcane\\_internodes](https://_Effects_of_high_temperature_on_the_growth_and_composition_of_sugarcane_internodes). Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/43453591\\_Effects\\_of\\_high\\_temperature\\_on\\_the\\_growth\\_and\\_composition\\_of\\_sugarcane\\_internodes](https://www.researchgate.net/publication/43453591_Effects_of_high_temperature_on_the_growth_and_composition_of_sugarcane_internodes)

BOYER, J. (1996). Advances in drought tolerance in plants. *Advances in Agronomy*, 56: 187-218.

CANFALONE, A. V. (2002). Crecimiento de soja en función de la temperatura del aire y de la radiación fotosintéticamente activa. Obtenido de <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/475>

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL (CENTA). (2008). [www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf](http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf). Obtenido de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. (CIAT) (1986). [www.ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat\\_digital/CIAT/28093.pdf](http://www.ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/28093.pdf). Obtenido de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat\\_digital/CIAT/28093.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/28093.pdf)

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. (CIAT) (2017). Modelación del frijol en Latinoamérica. Series de Estudios Temáticos EUROCLIMA Acción de Modelación Biofísica de Cultivos. Obtenido de <https://ec.europa.eu/jrc>

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA. (2016). [www.contraloría.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.spx](http://www.contraloría.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.spx). Recuperado el 24 de 12 de 2018, de [https://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos%20Politica%20Comercial/Perfiles%20Paises/Panam%C3%A1%202017%20\(Rov1\).pdf](https://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos%20Politica%20Comercial/Perfiles%20Paises/Panam%C3%A1%202017%20(Rov1).pdf)

CORTÉS, J., ROMERO, J., ROSELLO, M., VILLANUEVA, R. (2004). Modelos continuos de crecimiento: del modelo exponencial al modelo logístico. Obtenido de: <https://www.riunet.upv.es/handle/10251/30892>

CORRALES, M., SCHWARTZ, H. (1994). Problemas de producción del frijol en los trópicos. CIAT. Obtenido de: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/SB327.P76\\_Problemas\\_de\\_produccion\\_del\\_frijol\\_en\\_los\\_tropicos.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB327.P76_Problemas_de_produccion_del_frijol_en_los_tropicos.pdf)

DELGADO, H., PINZÓN, E., BLAIR, M., IZQUIERDO, P. (2013). Evaluación de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de retrocruce avanzado entre una accesión silvestre y radical cerinza. Obtenido de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n1/v16n1a10.pdf>

DURÁN, E., ÁNGEL, Y., SUÁREZ, J. (2015). Dinámica de la radiación fotosintéticamente activa en arreglos agroforestales con *Hevea brasiliensis* en el norte de la amazonia colombiana. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 18 (2): 365 – 372. Julio - diciembre 2015

EMBRAPA, 2018. Conhecendo a Fenologia do Feijoeiro e Seus Aspectos Fitotécnicos. Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos/ Márcia Gonzaga de Castro Oliveira ... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 59 p.

EWING, E., SIMKO, I., SMART, C., BONIERBALE, M., MIZUBUTI, E., MAY, G., AND FRY, W. (2000). Genetic mapping from field tests of qualitative and quantitative resistance to *Phytophthora infestans* in a population derived from *Solanum tuberosum* and *Solanum berthaultii*. *Mol. Breed.* 6:25-36.

FAO. (2010). Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble. P 49-81. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a1359s/a1359s03.pdf>

FERNÁNDEZ, L. (2011). Identificación molecular de grupos anastomóticos de *Rhizoctonia solani* asociados a la costra negra y cancro del tallo en el cultivo de papa en sinaloa. Tesis para obtener el grado de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Guasave, Sinaloa, México 2011. 66 p.

FERNÁNDEZ, S. (2016). Análisis de varianza. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. 102 p. <http://www.estadistica.net/ECONOMETRIA/ANALISIS-VARIANZA/analisis-varianza.pdf>

GALVEZ, G.; GALINDO, J.J.; CASTAÑO, M. (1982). La mustia hilachosa y su control. Guía de estudio. CIAT, Cali, Colombia. 20p.

GARCÉS, F. (2015). Enfermedades y componentes de rendimiento en líneas de fréjol bajo tres densidades de siembra. *Enfermedades\_y\_componentes\_de\_rendimiento\_en\_lineas\_de\_frejol\_bajo\_tres\_densidad es\_de\_siembra* Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/265381526>

GONZÁLEZ, M. (2008). Aspectos de sistemática y biología del complejo *Rhizoctonia*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5.a B y 5.a F, Playa, Ciudad.de La Habana, CP 11600, FITOSANIDAD vol. 12, no. 3, septiembre 2008.

GROSSI, H. (2004). Distribución espacial de la radiación fotosintéticamente activa en Argentina. Obtenido de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1850-468X2004000100003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1850-468X2004000100003)

GUERRA, P., QUIEL, R., MARTÍNEZ, C., DE GRACIA, M. (2016). Modelos no-lineales aplicados a datos de crecimiento de bovinos cruzados con Wagyu. *CIENCIA AGROPECUARIA* no. 25:1-21.

INFANTE, P. (2010). Determinación y efecto del tiempo térmico sobre el comportamiento fisiológico de la remolacha azucarera (*Beta vulgarisl. spp. vulgaris*) en la región del alto Chicamocha. Bogota, Colombia

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA) (2009).

[www.inta.go.ni/biblioteca/imagenes/pdf/guias/GUIAS%20FRIJOL.pdf](http://www.inta.go.ni/biblioteca/imagenes/pdf/guias/GUIAS%20FRIJOL.pdf). Obtenido de

<http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20FRIJOL.pdf>

JARAMILLO-R., A., J. AREILA-P., E. MONTOYA-R. & F. QUÍROGA-Z. 2006: La radiación solar; consideraciones para su estudio en las plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). *Meteoro Colomb.* 10: 12-22. ISSN 0124-6984. Bogotá, D. C. Colombia.

JEGER, M., VILJANEN-ROLLINSON, S., (2001). The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theor Appl Genet* (2001) 102:32–40.

LARDIZABAL, R., ARIAS, S., SEGURA, R., (2013). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; INTA; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 109-152

LAVILLA, M., IVANCOVICH, A, (20016) Propuestas de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del “tizón foliar” y la “mancha púrpura de la semilla”, causadas por *Cercopora kikuchii*, en soja. Obtenido de: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pergamino\\_propuestas\\_de\\_escalas\\_para\\_la\\_evaluacion\\_a\\_campo\\_y\\_en\\_laboratorio\\_del\\_tizon\\_foliar\\_y\\_la\\_mancha\\_purpura\\_de\\_la\\_semil\\_la\\_en\\_soja.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_propuestas_de_escalas_para_la_evaluacion_a_campo_y_en_laboratorio_del_tizon_foliar_y_la_mancha_purpura_de_la_semil_la_en_soja.pdf)

LÓPEZ, M., A., CHAVES, V., FLÓREZ, V., SALAZAR, M. (2010). Modelo de aparición de nudos en clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) cv. Delphi cultivado en sustratos, *Agronomía Colombiana*, vol. 28, núm. 1, enero-abril, 2010, pp. 47-54. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.

MADDEN, L.V., HUGHES, G., VAN DEN BOSCH, F. 2007. *The Study of Plant Disease Epidemics*. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. 421 p.

MALDONADO, I. B., CARAM, A., DE ANGELONI, P. N., PRAUSE, J., FERNÁNDEZ LÓPEZ, C., (2006). Determinación del tiempo termal en la aparición de hojas de híbridos de girasol en Chaco. Cátedra de Agroclimatología, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE. Sargento Cabral 2131. 3400 Corrientes.

MATIELO DE PAULA, F., STRECK, N., HELDWEIN, A., BISOGNIN, D., LUIZ DE PAULA, A., DELLAI, J. (2005). Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata. Obtenido de: (*Solanum tuberosum* L.) [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103847820050005000008&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103847820050005000008&script=sci_abstract&tlng=pt)

MENDIBURU DE, F. 2008. Diseños experimentales avanzados (notas de curso) Unidad I: Eficiencia de los diseños y estimación de una unidad perdida. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO, (2017).  
www.mida.gob.pa/direcciones/direcciones.../cierre-agr-cola-2016-2017.html. Obtenido de  
<http://www.mida.gob.pa/direcciones/direcciones.../cierre-agr-cola-2016-2017.html>

MORA, G., MARCH, G., MARINELLI, A., MICHEREFF, S. (2008). Fundamentos y aplicaciones en patosistemas agrícolas. Pp 2-35

NAVARRO, J., VARGAS, J. (2015). Eficiencia relativa del diseño de bloques completos al azar para ensayos de arroz en Bagaces, Guanacaste, Costa Rica. InterSedes. Vol. XVI. (34-2015) ISSN: 2215-2458.

OCHOA, E (2012). Evaluar las características agronómicas de 120 cultivares de la colección de germoplasma de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de grado. Obtenido de:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3501/1/tesis%20final%20Emilio%20Ochoa%20T..pdf>

ORDAZ, J., MELGAR, M., RUBIO, C., (2012). Métodos estadísticos y econométricos en la empresa y para finanzas. Obtenido de  
[https://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/upo/profesores/jaordsan/profesor/1328642345406\\_metodos\\_estadisticos\\_y\\_econometricos\\_en\\_la\\_empresa\\_y\\_para\\_finanzas.pdf](https://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/upo/profesores/jaordsan/profesor/1328642345406_metodos_estadisticos_y_econometricos_en_la_empresa_y_para_finanzas.pdf)

ORTÍZ, A. (2014). Manejo integrado de la enfermedad mustia hilachosa causada por el hongo *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk en el cultivo del frijol común.

PALLADINO, A. (2011). Atención primaria de salud, epidemiología e informática II. Obtenido de <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/GR%C3%81FI%20DE%20CAJA.pdf>

PASCALE, A., DAMARIO, E. (2004). Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología . 184 pp - Cap. 7. Ed. Facultad de Agronomía. UBA

PASCUAL, C. B., HYAKUMACHI M. 2000. Distribution of Vegetatively Compatible Populations of *Rhizoctonia solani* AGI-IA in a Field Planted with Different Host Species. J. Gen. Plant Pathol. 66: 206-209.

PARRA, A. F. (2014). Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/index>

RAFFO, M. M. (agosto de 2004). Efecto de la intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv. fuji, bajo cuatro sistemas de conducción en alta densidad. Obtenido de <https://www.redalyc.org/html/864/86433203/>

RAVELERO, A. P. (2006). Fenología y rendimiento de variedades de frijol en diferentes fechas de siembra y condiciones de humedad. producción agrícola – Agrofaz volumen 6 número 1, 2006, 8-16.

RÍOS, D.; VITERI, S.; DELGADO, H. (2012). Evaluación agronómica de líneas avanzadas de frijol voluble *Phaseolus vulgaris* L. En Paipa, Boyacá. Article in Theoretical and Applied Genetics. February 2012 DOI: 10.1007/s00122-012-1808-8 Source: PubMed.

REPINSKI, S. L., KWAK, M., GEPTS, P. 2014. The common bean growth habit gene PvTFL1y is a functional homolog of Arabidopsis TFL1

RODRÍGUEZ, E., LORENZO, E., DE GRACIA, R., GONZÁLEZ, G., GONZÁLEZ, F., (1997). Manual Técnico del manejo integrado del cultivo del frijol común, poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en el sistema de mínima labranza p-15.

RODRÍGUEZ, E., MONTENEGRO, A., URETA, J., PITY, N., GONZÁLEZ, F., MUÑOZ, J., (2012). Combate biológico de la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*) en el frijol en Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 23(1):13-20. 2012 ISSN: 1021-7444

ROSAS, J.C. (2003). Recomendaciones para el manejo Agronómico del cultivo del frijol. Programa de Investigaciones en frijol, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Imprenta LitoCom, Tegucigalpa, Honduras, 33p.

ROSAS, J. C. (2013). Contribuciones del Programa de Investigaciones en Frijol en Centro América y El Caribe. *Ceiba*, 52(1), 65-73. <http://www.doi.org/10.5377/ceiba.v52i1.967>

ROSS, J. (1975). Radiative transfer in plant communities. In: Monteith, J. L. (ed). *Vegetation and the atmosphere*. Vol 1. Academy Press. London, pp. 13-52

SNEDECOR, G., COCHRAN, W., FULLER, J. (1984). Métodos estadísticos. Continental. México. 703 p.

TAPIA BARQUERO, H; CAMACHO HENRIQUEZ. A. 1988. Manejo Integrado de la Producción de Frijol basado en labranza cero. Managua.Nicaragua. 181 p.

TORRES, H. (2002). Rizoctoniasis; Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú. Centro internacional de la papa (CIP). pg 19-22.

ULLOA. J., ULLOA, P., RAMÍREZ, J., ULLOA, B. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Revista Fuente Año 3 No. 8 Julio - septiembre 2011. p 5

VENTURA, R. (1991). Fenología y Fenometría de una Variedad y una Línea de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la Zona Occidental de El Salvado

SIMKO, I. (2002). Comparative analysis of quantitative trait loci for foliage resistance to *Phytophthora infestans* in tuber-bearing *Solanum* species. Am. J. Potato Res. 79:125-132.

TEJEDA M., RODRÍGUEZ V. (2007), Estado de la investigación de los aspectos físicos del cambio climático de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 62, pp. 31-43.