



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
MATURÍN – MONAGAS – VENEZUELA**

**CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO DSSAT V. 4.6 MÓDULO
CROPGRO PARA SIMULAR EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y
RENDIMIENTO DE CINCO CULTIVARES DE FRIJOL (*Vigna unguiculata*
[L.] WALP.) BAJO CONDICIONES DE SABANA EN MATURÍN, ESTADO
MONAGAS.**

Trabajo de grado presentado por:

PLÁCIDO JOSÉ MARÍN RODRÍGUEZ

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO
MATURÍN, OCTUBRE DE 2017

ACTA DE APROBACIÓN



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SUB-COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

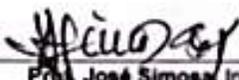
CTG-EIA-IA- 2017

MODALIDAD: TESIS DE GRADO

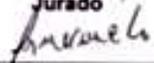
ACTA N° 1853

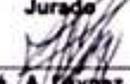
En Maturín, siendo las 8:30 am del día 09 de octubre del 2017 reunidos en el Laboratorio de Entomología (BE 14), Campus: Los Guaritos del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los miembros del jurado profesores: Jesús Méndez (Asesor Académico) José Laynez (Asesor Académico), José Simosa (Jurado), Nadiezhdá López (Jurado). A fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado vigente para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo, se procedió a la presentación del Trabajo de Grado, titulado: "Calibración y validación del modelo DSSAT V.4.6 módulo CROPGRO para simular el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) bajo condiciones de sabana en Maturín, estado Monagas." Por el Bachiller: PLÁCIDO JOSÉ MARÍN RODRÍGUEZ, C.I.24.578.083 El jurado, luego de la discusión del mismo acuerdan calificarlo como:

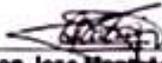
Aprobado

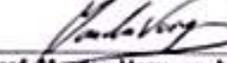

Prof. José Simosa Ing.
C.I.: 4.608.289
Jurado


Prof. Nadiezhdá López. MSc.
C.I.: 16.807.661
Jurado


Prof. Jesús R. Méndez Natera. MSc.
C.I.: 8.203.513
Asesor Académico


Prof. José A. Laynez. G. MSc.
C.I.: 15.030.889
Asesor Académico


Prof. Nelson José Monjeño Mata Dr.
C.I.: 4.505.457
Sub-Comisión de Trabajo de Grado


Prof. Mardén Vazquez. MSc.
C.I.: 5.721.636
Jefe de Departamento

Según establecido en resolución de Consejo Universitario N° 054/2009 de fecha 11/06/2009 y Artículo 13 Literal J del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente. "NOTA: Para que esta acta tenga validez debe ser asentada en la hoja N°- XXX del XX libro de Actas de Trabajos de Grado del Departamento de Ingeniería de Agronomía, EIA de la Universidad de Oriente y estar debidamente firmada por el (os) asesor (es) y miembros del jurado.

DEDICATORIA

Principalmente a Dios por llenar mi vida con inmensas bendiciones y haber colocado en mi camino a personas tan especiales que han ejercido gran influencia en lo que soy hoy en día.

A mi padre Rommer Marín por convertirse en mi mentor, mi primer guía y consejero, por enseñarme valores como la honestidad y respeto, por enseñarme a soñar y siempre creer en mí.

A mi madre Noris Rodríguez, por cuidarme con cariño, amor y comprensión desde que puedo recordar, además de ser un pilar fundamental en mi educación y formación humana.

A mis hermanos Rommer Marín y Adan Marín, quienes siempre me han brindado su total apoyo y han estado conmigo en toda situación.

A mi novia Zurisadai Prieto quien desde que se encuentra a mi lado me ha impulsado a perseguir mis metas, ha resultado ser ayuda idónea para mí.

A la familia Guerra Marín por ser los primeros en recibirme en la ciudad donde estaría iniciando mis estudios universitarios.

A la familia Prieto Villafranca por apoyarme y brindarme ayuda de una manera desinteresada, haciéndome sentir como un miembro más de su familia.

A mi escuela, la facultad de agronomía de la Universidad de Oriente, principalmente a todos los profesores, así como también al personal administrativo,

especialmente a la licenciada Roysa Malavé quien con cariño y comprensión siempre me ayudó a resolver cualquier situación y al señor Juan Brito por su colaboración en el sistema de biblioteca.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la sabiduría y constancia que se requiere para afrontar todas las dificultades que conlleva un trabajo de investigación.

A mi novia Zurisadai Prieto, por su inmensa colaboración en la realización de este ensayo, además de su incomparable compañía.

A mi tutor el profesor Jesús Méndez, sin duda un excelente guía en el mundo de la investigación agrícola además de ser uno de los profesores más influyentes en mi formación profesional, supo reconocer mis aciertos y comprender mis errores.

A mi tutor el profesor José Laynez, por su adecuada y oportuna atención, además de prestarme una invaluable asesoría.

A mis lectores los profesores NadiezhdaLópez, José Simoza, Michel Hernández y Francisco Moya, por el tiempo dedicado al estudio de este proyecto.

Al Dr. Nelson Montaña, jefe de la comisión de trabajo de grado, por su oportuna colaboración y amena ayuda.

A la Dra. OralysLeon, por ayudarme con el principal insumo requerido en el ensayo y por cualquier agricultor, es decir, la semilla.

A la familia Garavi, al Sr. Armando, al Sr.Felix, y a mi compañero Jesus Aguilar por ayudarme con el principal problema en una explotación agrícola, conseguir el área de la explotación, en este caso, el terreno del ensayo.

A mis compañeros Sebastián Flores, Víctor Gutiérrez, Saúl Valdés y Juan Gil quienes me ayudaron en la preparación del terreno además de brindarme su grata compañía durante el transcurso de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ACTA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
ORIGEN	5
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	5
Raíz	5
Hojas	5
Tallos	5
Inflorescencia	6
Semillas	6
Fruto	6
DESARROLLO DEL CULTIVO	6
Germinación (V0)	7
Emergencia (V1)	7
Hojas primarias (V2)	7
La primera hoja trifoliada (V3)	7
Tercera hoja trifoliada (V4)	7
Prefloración (R5)	8
Floración (R6)	8
Formación de vainas (R7)	8
Llenado de vainas (R8)	8
Maduración (R9)	8
VARIEDADES Y CULTIVARES	9
VARIEDADES COMERCIALES NACIONALES	9
Tuy	9
Apure	10
Unare	10
Orituco	10
ECOLOGÍA DEL CULTIVO	11

ÉPOCA DE SIEMBRA	11
MODELO	12
DESARROLLO DE UN MODELO	12
Formulación del modelo	12
Calibración del modelo.....	13
Verificación y análisis de sensibilidad	13
SIMULACIÓN	13
MODELOS DE SIMULACIÓN DE CULTIVOS	14
Principales aplicaciones.....	15
CALIBRACIÓN, EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELOS	17
MODELOS DE SIMULACIÓN DE CULTIVOS MÁS UTILIZADOS.....	18
Agricultural Production Systems sIMulator (APSIM)	18
AquaCrop.....	19
DECISION SUPPORT SYSTEM FOR AGROTECHNOLOGY TRANSFER (DSSAT).....	20
Módulos	21
Evaluación del modelo	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
RESULTADOS.....	35
LONGITUD (CM) DEL EJE CENTRAL A LOS 30 DÍAS	35
LONGITUD (CM) DE LA RAÍZ A LOS 60 DÍAS.....	35
VOLUMEN RADICAL (CM ³) A LOS 60 DÍAS.....	36
DIÁMETRO (MM) DE LA RAÍZ A LOS 60 DÍAS	36
NÚMERO DE RAICILLAS A LOS 60 DÍAS.....	37
LONGITUD (CM) DEL EJE CENTRAL.....	37
LONGITUD (CM) DE LAS GUÍAS	38
NÚMERO DE GUÍAS	38
BIOMASA (G) AÉREA DE LA PLANTA	39
NÚMERO DE FRUTOS	40
NÚMERO DE SEMILLAS/FRUTO.....	40
PESO (G) DE LOS FRUTOS	41
PESO (G) DE LAS SEMILLAS	41
PESO (G) DE 100 SEMILLAS.....	41
PORCENTAJE DE SEMILLAS CON RESPECTO A FRUTOS	42
NÚMERO DE PLANTAS	43
RENDIMIENTO DE FRUTOS (KG/HA)	43
RENDIMIENTO DE SEMILLAS (KG/HA).....	44
COEFICIENTES GENÉTICOS SIMULADOS	44
VALORES SIMULADOS POR EL MODELO	45
DIFERENCIA Y PORCENTAJE DE ERROR EN LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	58
PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTANDAR ENTRE VALORES OBSERVADOS Y SIMULADOS	58

ESTADÍSTICOS DE VALIDACIÓN.....	59
VALORES SIMULADOS AJUSTADOS A LA VALIDACIÓN.....	60
ESTADÍSTICOS DE VALIDACIÓN AJUSTADOS.....	61
DISCUSIÓN	63
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFÍA.....	78
APÉNDICE.....	87
HOJAS METADATOS.....	1

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Precipitación (mm) registrada en la estación meteorológica de la fuerza aérea de Maturín, durante el ciclo de cultivo cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	27
Cuadro 2	Propiedades físicas y químicas registradas en el laboratorio de suelos del campus Juanico de la Universidad de Oriente en el área de estudio....	29
Cuadro 3	Promedios para la longitud del eje central (cm) a los 30 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.	35
Cuadro 4	Promedios para el volumen radical (mm) a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	36
Cuadro 5	Promedios para la longitud de las guías de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	37
Cuadro 6	Promedios para la longitud de guías de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	38
Cuadro 7	Promedios para el número de guías de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	39
Cuadro 8	Promedios para la biomasa fresca de la planta (g) de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.	39
Cuadro 9	Promedios para el número de frutos de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	40
Cuadro 10	Promedios para el número de granos por vaina de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	41
Cuadro 11	Promedios para el peso de 100 semillas (g) de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	42
Cuadro 12	Promedios para el porcentaje de semillas con respecto a vainas de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.	42

Cuadro 13 Promedios para el número de plantas de cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.....	43
Cuadro 14 Coeficientes genéticos finales simulados por el modelo.....	45
Cuadro 15 Valores simulados y observados de las diferentes variables obtenidas por el modelo cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017	46
Cuadro 16 Diferencia entre los valores simulados y observados y porcentaje de error de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017	58
Cuadro 17 Promedio y desviación estándar para los valores simulados, observados y sus diferencias de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT en cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017	59
Cuadro 18 Estadísticos de validación de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017	60
Cuadro 19 Valores simulados y observados de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT en cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017	60
Cuadro 20 Estadísticos de validación de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT cinco cultivares de frijol (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de la precipitación luego de la simulación.....	28
Figura 2 Distribución de la temperatura máxima y mínima en luego de la simulación	28
Figura 3 Distribución de la radiación solar luego de la simulación.....	28
Figura 4 Muestras a distintas profundidades del suelo	29
Figura 5 Insectos chupadores registrados en el cultivo; A. <i>Nezara viridula</i> , B y C <i>Veneza zonata</i>	30
Figura 6 Diseño de la plantación a distintas edades del cultivo.....	34
Figura 7 Análisis de regresión para los días a antesis.....	47
Figura 8 Residuos para los días a antesis.....	47
Figura 9 Análisis de regresión para días a primera vaina	48
Figura 10 Residuos para días a la primera vaina.....	48
Figura 11 Análisis de regresión para días a primera semilla	49
Figura 12 Residuos para días a primera semilla.....	49
Figura 13 Análisis de regresión para días a madurez fisiológica.....	50
Figura 14 Residuos para días a madurez fisiológica.....	50
Figura 15 Análisis de regresión para rendimiento de semillas (Kg/ha).....	51
Figura 16 Residuos para rendimiento de semilla	51
Figura 17 Análisis de regresión para rendimiento de frutos (Kg/ha).....	52
Figura 18 Residuos para el rendimiento de frutos (Kg/ha).....	52
Figura 19 Análisis de regresión para el número de granos/m ²	53
Figura 20 Residuos para el número de granos/m ²	53
Figura 21 Análisis de regresión para el peso de semilla (g/semillas)	54
Figura 22 Residuos para el peso de semilla (g/semillas)	54
Figura 23 Análisis de regresión para biomasa aérea (Kg/ha)	55
Figura 24 Residuos para el rendimiento de biomasa aérea (Kg/ha).....	55
Figura 25 Análisis de regresión para el índice de cosecha.....	56
Figura 26 Residuos para el índice de cosecha.....	56
Figura 27 Análisis de regresión para el contenido de semillas (%)	57
Figura 28 Residuos para el contenido de semilla (%).....	57



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
MATURÍN – MONAGAS – VENEZUELA**

**CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO DSSAT V. 4.6
MÓDULO CROPGRO PARA SIMULAR EL CRECIMIENTO,
DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE CINCO CULTIVARES DE FRIJOL
(*Vigna unguiculata* [L.] WALP.) BAJO CONDICIONES DE SABANA EN
MATURÍN, ESTADO MONAGAS.**

Trabajo de grado presentado por:

PLÁCIDO JOSÉ MARÍN RODRÍGUEZ

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue la calibración y validación del modelo DSSAT versión 4.6 en cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) en condiciones de sabana en Maturín, estado Monagas durante la época de lluvias de norte en el periodo noviembre 2016 - enero 2017. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos correspondientes a los cultivares Tuy, Apure, Orituco, I-575 e I-572, donde se evaluaron distintos caracteres mediante un análisis de varianza, para la calibración y validación del modelo se utilizó el promedio de las tres repeticiones. Los archivos de entrada de clima y suelo fueron creados de acuerdo a la zona de estudio. La predicción del modelo se evaluó mediante el error medio (Bias), el error cuadrático medio (RMSE), el error cuadrático medio (nRMSE) normalizado, el índice de concordancia (d-estadístico) y el coeficiente de determinación (r^2), observando el adecuado comportamiento del modelo en los caracteres días a emergencia (DE), días a antesis (DA), días a primera vaina (DPV), días a primera semilla (DPS), días a madurez fisiológica (DMS); peso de una semilla (P1S) y el porcentaje de semilla en relación frutos (PSVM) en los cinco cultivares utilizados. Para el rendimiento a madurez de cosecha (RMC); rendimiento de frutos/ha (RF), número de semillas/m² a madurez (NSM2M); la biomasa aérea a madurez (BAM) y el índice de cosecha a madurez (ICM) se procedió a eliminar cultivares con elevados porcentajes de error en los distintos caracteres demostrando el adecuado comportamiento del modelo en las variedades Apure y Tuy donde el modelo simulo satisfactoriamente todos los caracteres.

Palabras clave: Modelo, validación, frijol

SUMMARY

The objective of this research was the calibration and validation of the DSSAT version 4.6 model in five cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* [L] Walp) under savanna conditions in Maturín, Monagas state during the northern rainy season in November 2016 - January 2017. A randomized block design with three replicates and five treatments corresponding to the cultivars Tuy, Apure, Orituco, I-575 and I-572 were used, where different characters were evaluated by an analysis of variance for the calibration and Validation of the model was used the average of the three replicates. The climate and soil input files were created according to the study area. The prediction of the model was evaluated by the mean error (Bias), the mean square error (RMSE), the mean square error (nRMSE), the concordance index (d-statistic) and the coefficient of determination (r^2) (D), days at anthesis (DA), days at first pod (DPV), days at first seed (DPS), days at physiological maturity (DMS); Weight of a seed (P1S) and the percentage of seed in relation fruits (PSVM) in the five cultivars used. For yield at harvest maturity (RMC); Yield of fruits / ha (RF), number of seeds / m² at maturity (NSM2M); (BAM) and the crop to maturity index (MCI), we proceeded to eliminate cultivars with high percentages of error in the different characters demonstrating the adequate behavior of the model in the varieties Apure and Tuy where the model satisfactorily simulated all the characters.

Key words: Model, validation, cowpea

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas poseen una evidente importancia en la producción agrícola y en la alimentación humana y animal, además de tener la capacidad de fijar nitrógeno con un apreciable valor en la fertilidad de los suelos y como abonos verdes, siendo de esta manera capaces de incrementar las cosechas de cereales y otros cultivos (Montaldo *et al.*, 1989).

En cuanto a leguminosas, en Venezuela el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata*) sigue en importancia al de caraota (*Phaseolus vulgaris*), sin embargo, este tiene la ventaja de ser menos susceptible a enfermedades virosas, bacterianas y fungosas muy comunes en las tierras bajas del trópico (Montaldo *et al.*, 1989). Actualmente, según cifras del Ministerio de Agricultura y Tierras en FEDEAGRO (2014), el rendimiento nacional de caraota fue de 813 Kg mientras que el de frijol resultó ser de 817 Kg; la superficie cosechada de frijol superó con 8517 ha a la de caraota, la cual fue de 7616 ha, tendencia que se observó en numerosos años anteriores, notándose la existente preferencia por este cultivo.

El frijol representa un cultivo estratégico por su elevado contenido en proteínas y rango de adaptabilidad a distintas condiciones edafoclimáticas, sin embargo, como cualquier cultivo su rendimiento no se manifiesta de manera uniforme a causa de diversos factores, entre los cuales la época de siembra juega un papel importante ya que el sistema predominante a nivel nacional es en seco (época de lluvias y épocas de lluvias de norte) donde la disponibilidad de agua puede variar notablemente de una fecha a otra influyendo en el comportamiento del cultivar, por lo que se requiere de experimentación en las diferentes regiones del país en distintas épocas del año, involucrando gastos en insumos, mano de obra y tiempo. El rendimiento, conjunto con otras características deseables, puede estimarse de manera confiable y económica

con la ayuda de modelos de simulación agronómica, entre los cuales destaca el DecisionSupportSystemforAgrotechnology Transfer (DSSAT v4.6).

El uso de modelos agronómicos para simular el crecimiento y desarrollo en distintos cultivos se ha ido extendiendo en todo el mundo proyectando resultados confiables en la experimentación de campo, destacando diversos autores como Bastos et al., (2002) quienes comparando valores simulados con observados, determinaron que el modelo simula satisfactoriamente el crecimiento y desarrollo en el cultivo de frijol.

El acceso a la licencia de uso del modelo DSSAT anteriormente se encontraba restringido debido a su valor monetario, recientemente su disponibilidad es gratuita, y los datos requeridos para su utilización pueden obtenerse de manera sencilla, realizando un estudio para registrar las propiedades físicas y químicas de los distintos perfiles del suelo y adquiriendo los datos diarios de radiación, precipitación y temperatura mínima y máxima de una estación meteorológica dentro de un rango de confiabilidad para crear el archivo de entrada de simulación y generar un archivo de salida.

La planificación y toma de decisiones en el ámbito agrícola determinan el éxito de la unidad de producción, lo que involucra considerar la interacción de factores complejos como el clima y el suelo que aunados al manejo del cultivo determina su coeficiente genético, situaciones que pueden simularse en el archivo de salida del modelo DSSAT, contribuyendo a elegir la alternativa que genere los mejores resultados.

La investigación en leguminosas tropicales representa un instrumento de incalculable valor para los estudios en la agricultura, contribuyendo a asegurar la

producción alimentaria y futura de nuestro país, no hay duda de que estas jugaran un papel fundamental, para dar base a una reestructuración propia en el modelo de alimentación, como ha ocurrido el caso en los países desarrollados de clima templado donde la soya y la alfalfa y otras leguminosas, están perfectamente adaptados a tales ecosistemas (Montaldo *et al.*, 1989).

Representando los modelos agronómicos, como el DSSAT, una herramienta que puede coadyuvar en este proceso, con una aceptación favorable a nivel mundial y un marcado interés a nivel nacional, en investigaciones como las del CENIAP (1986) quienes validaron el modelo para el balance hídrico en el cultivo de maíz y Warnock *et al.*, (2005) quienes demostraron el adecuado comportamiento del modelo en 7 de 10 cultivares de caraota.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Calibrar y validar del modelo DSSAT v. 4.6 módulo CROPGRO para simular el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) bajo condiciones de sabana en Maturín, estado Monagas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los coeficientes genéticos de los cultivares Tuy, Apure, Orituco, I-575 e I-572 de frijol.
- Generar archivos de entrada del modelo DSSAT con información climática, edáfica y de manejo del cultivo.
- Comprobar las variables del crecimiento, desarrollo y el rendimiento observados con los simulados por el modelo.
- Evaluar la sensibilidad del modelo y su capacidad de predicción.

REVISIÓN DE LITERATURA

ORIGEN

El frijol es una de las plantas de cultivo más antiguas y algunos consideran que esta ya se cultivaba en el periodo neolítico. Es una especie nativa de África tropical baja. (Montaldo *et al.*, 1989).

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

The Directorate Plant Production, para el Departamento de Agricultura, Bosques y Pesca de Sur África (2011), describe de la siguiente manera la botánica del frijol:

Raíz

El frijol tiene una fuerte raíz principal, y muchas raíces laterales.

Hojas

El primer par de hojas es básico y opuesto mientras que el resto están dispuestas en patrones alternativos y son trifoliadas. Las hojas son por lo general de color verde oscuro, presentan una variación considerable en el tamaño y forma. El peciolo de la hoja es de 5 a 25 cm de largo.

Tallos

Pueden ser estriados, lisos o ligeramente pubescentes con algunos tonos de coloración púrpura.

Inflorescencia

Las flores se disponen en inflorescencias racemosas. Las flores nacen en pares alternos, con por lo general sólo dos a unas pocas flores por inflorescencia. Las flores son conspicuas, se auto polinizan, nacen en pedúnculos cortos y las corolas pueden ser de color blanco, amarillo, rosa, azul claro o púrpura.

Semillas

Las semillas varían considerablemente en tamaño, forma y color. Por lo general, el número de semillas por vaina puede variar de 8 a 20. Las semillas son relativamente grandes (de 2 a 12 mm de largo) y pesan 5 a 30 g cada 100 semillas. La testa puede ser lisa o arrugada; blanca, verde, roja, marrón, negra, moteada, manchada, de ojos (hilo blanco, rodeado por un anillo oscuro) o moteada en color.

Fruto

Consisten en vainas que varían en tamaño, forma, color y textura. Pueden ser erectas o enrolladas en forma de media luna. Por lo general de color amarillo cuando maduran, pero también pueden ser de color marrón o púrpura.

DESARROLLO DEL CULTIVO

Durante el ciclo de una planta de frijol se producen cambios morfológicos y fisiológicos en donde se pueden identificar las etapas de desarrollo de la planta. La duración de las etapas está influenciada por el cultivar y los factores ambientales. Por lo tanto, el uso de una escala de desarrollo de la planta ofrece una mayor seguridad para guiar las labores del cultivo en lugar de confiar únicamente en la escala de tiempo, o el número de días (Epagri 2012).

Según Epagri (2012) la escala habitual de desarrollo de la planta de frijol comprende los siguientes estadios (destacando que cada estadio comienza cuando el 50% de las plantas presentan las condiciones del estadio):

Germinación (V0)

Absorción de agua por la semilla; emisión de la radícula, caulículo y su transformación en raíz primaria.

Emergencia (V1)

Los cotiledones aparecen al nivel del suelo, se separan y comienza su desarrollo a nivel del epicotilo.

Hojas primarias (V2)

Las hojas primarias se encuentran totalmente abiertas.

La primera hoja trifoliada (V3)

Apertura de la primera hoja trifoliada y manifestación de la segunda hoja trifoliada.

Tercera hoja trifoliada (V4)

Apertura de la tercera hoja trifoliada e inicio de la formación de ramas a partir de yemas.

Prefloración (R5)

Aparición del primer botón floral y el primer racimo, los botones florales de cultivares con hábito de crecimiento determinado aparecen en el último nudo en el tronco y ramas. En cultivares con hábito indeterminado los racimos aparecen primero en los nudos inferiores.

Floración (R6)

Apertura de la primera flor

Formación de vainas (R7)

Aparición de la primera vaina, donde aún la corola marchita permanece unida a esta.

Llenado de vainas (R8)

Inicio del llenado de la primera vaina (crecimiento de las semillas). Al final de la etapa, las semillas pierden su color verde y comienzan a mostrar las características de la variedad.

Maduración (R9)

Las vainas pierden su pigmentación y comienzan a secarse las semillas desarrollando el color típico del cultivar.

VARIETADES Y CULTIVARES

La extrema variabilidad de las especies ha llevado a una serie de cultivares comerciales agrupados por la variación en la forma del frijol, tamaño y color, concentrando los cultivares en frijol de ojo negro, ojo marrón, ojo rosado, blanco, forrajeros, entre otros (Directorate of Plant Production 2011).

VARIETADES COMERCIALES NACIONALES

En Venezuela las variedades más populares liberadas por el INIA incluyen Tuy, Apure y Unare. Existen otras de uso común en Venezuela como Ojo Negro, Frijol Chino y Cuarentón. Todas ellas contribuyen a mantener el consumo de este grano en el país. La producción para el consumo de grano seco de cada uno, está localizada según la preferencia del consumo en cada región del país (Aponte 2009).

Los principales cultivares de frijol, en el momento de su liberación han sido descritos por distintos autores de la siguiente manera:

Tuy

La planta tiene un hábito de crecimiento semi-erecto, con bejucos de longitud media, las vainas son de color amarillo crema con longitud promedio de 15 centímetros y colocadas sobresaliendo en la parte superior de la planta, los granos son de color crema (bayo) en número promedio de 14 por vaina y el centenar de ellos pesan 17 gramos, correspondiendo a la clasificación de pequeños (Barrios y Ortega 1975).

Apure

La planta tiene hábito de crecimiento semi-erecto, con bejucos de longitud media, tallos vigorosos de color verde sin pigmentación rojiza, eje floral erguido y flores de color blanco. Las vainas sobresalen del resto del follaje, tienen forma de espada de color verde cuando inmaduras y amarillo claro al madurar; son delgadas con una longitud de 10 a 11 cm y contienen 12 a 16 granos. La semilla es de color blanco, tamaño pequeño, redondeada, con un peso de 10 gramos por cada 100 semillas (Ortega 1980).

Unare

El cultivar presenta hábito de crecimiento erecto, ramas vegetativas cortas, tallos verdes sin pigmentación, eje floral erguido y flores de color blanco. Las vainas son ligeramente recurvadas, de color verde cuando inmaduras y amarillo claro al madurar, achatadas, con una longitud que varía entre 15 y 18 cm, con un contenido que oscila entre 14 y 18 granos por vaina. La semilla es blanca, no presenta coloración alrededor del hilium, es de forma alargada y de tamaño grande, alcanzando un peso de 15 g las 100 semillas (Ortega 1979).

Orituco

La planta posee hábito de crecimiento erecto, ausencia de ramas laterales vegetativas y ubicación de las vainas en el tercio superior de la planta; presenta flor blanca, maduración uniforme. Las vainas son arqueadas o recurvadas con una longitud variable de 17 a 19 centímetros, de color crema pálido al madurar. Las semillas son de color blanco sin pigmentación marcada alrededor del hilium con una longitud variable de 7 a 8 milímetros y 4 a 5 milímetros de ancho, alcanzando un

peso aproximado de 13.5 a 14 gramos las 100 semillas (Ortega, Tesara, Venero y Polanco 1992).

ECOLOGÍA DEL CULTIVO

El frijol requiere temperaturas ligeramente cálidas (entre los 25 °C y 30 °C) y abundante radiación solar, en pisos altitudinales inferiores a los 500 msnm. Se adapta a todo tipo de suelo, pero crece mejor en los francos (arenoso, arcilloso o limoso), profundos y sin problemas de salinidad (conductividad eléctrica no mayor de 2 mmhos/cm), tolerando un pH entre 5,5 y 7 (Berroteran 2013).

El cultivo de frijol requiere un mínimo de 300 mm de precipitación de producir satisfactoriamente, sin requerir el uso de riego. Las regiones donde las cuotas de precipitaciones oscilan entre 250 y 500 mm anuales son consideradas adecuadas para la ejecución de su cultivo (Epagri 2012).

ÉPOCA DE SIEMBRA

Según Epagri, (2012) “La determinación de las fechas de siembra de los cultivos de frijol para diversas regiones es el resultado de varios factores, tales como: la temperatura, el balance de agua, tipo de suelo y el ciclo de los cultivares”.

En el país, el cultivo del frijol se ha venido manejando en condiciones de secano o mediante sistemas de riego en los cuales se aplican láminas de agua constantes a lo largo del ciclo del cultivo (Labarcaet al., 1999). Al final de la época de norte, generalmente se presenta sequía y esta coincide con la cosecha de frijol, lo cual la convierte en una época propicia para este cultivo (Valladares 1990).

MODELO

Un modelo es un bosquejo que representa un conjunto real con cierto grado de precisión y en la forma más completa posible, pero sin pretender aportar una réplica de lo que existe en la realidad. Los modelos son muy útiles para describir, explicar o comprender mejor la realidad, cuando es imposible trabajar directamente en la realidad en sí (Wadsworth 1997).

El uso de modelos, a veces llamado "modelación", es un instrumento muy común en el estudio de sistemas de toda índole. El empleo de modelos facilita el estudio de los sistemas, aun cuando éstos puedan contener muchos componentes y mostrar numerosas interacciones como puede ocurrir si se trata de conjuntos bastante complejos y de gran tamaño. El trabajo de modelación constituye una actividad técnica como cualquiera otra, y dicha labor puede ser sencilla o compleja según el tipo de problema específico que deba analizarse (Wadsworth 1997).

DESARROLLO DE UN MODELO

El desarrollo de un modelo de simulación es un proceso cíclico, Villalobos (2009) afirma que se puede descomponer en las siguientes fases:

Formulación del modelo

En esta fase se definen los componentes del sistema (submodelos) y las relaciones entre los mismos. Dentro de cada submodelo se identifican las variables de estado necesarias para que el modelo pueda representar al sistema de forma satisfactoria, lo que depende sobre todo de la aplicación futura del modelo. Una vez que se conocen las variables de estudio hay que formular las ecuaciones de flujos, que

serán funciones de variables de estado, de inputs y de parámetros. La determinación de estas funciones requiere a menudo de información experimental adicional.

Calibración del modelo

En esta fase se determina el valor de aquellos parámetros del modelo que no se conocen. A menudo la calibración se realiza buscando el valor de los parámetros que minimiza las discrepancias entre el modelo y una serie de datos experimentales.

Verificación y análisis de sensibilidad

La bondad de un modelo se determina comparando resultados del modelo con resultados experimentales. Por razones obvias, estos últimos no deben haber sido utilizados en la fase de calibración del modelo.

El análisis de sensibilidad permite estudiar si los resultados de un modelo varían mucho al cambiar el valor de los parámetros o las variables de entrada. Si es así (modelo muy sensible), será necesario emplear valores muy exactos de los parámetros o de las variables de entrada, lo que dificultará su empleo.

Una vez realizada esta fase se habrán detectado distintos problemas lo que conduce de nuevo a la primera fase (Formulación) con lo que se vuelve a empezar el ciclo.

SIMULACIÓN

Según Rhada (2003) “la simulación consiste en la reproducción de la esencia de un sistema sin reproducir el sistema en sí mismo. En la simulación las características esenciales del sistema se reproducen en un modelo”.

MODELOS DE SIMULACIÓN DE CULTIVOS

Los primeros modelos de simulación de cultivos fueron modelos de cereales desarrollados durante los años 70, curiosamente con financiación de los servicios de inteligencia de los EE.UU., interesados en predecir la producción agrícola de otros países (sobre todo la antigua URSS). En los 80 se produjo un gran avance en la modelización de distintas especies y en la actualidad el interés principal está en desarrollar modelos de sistemas de cultivo (Villalobos 2009).

El impetuoso avance de los sistemas de información en la agricultura, muy unidos al desarrollo de los modernos ordenadores, más eficientes, rápidos y con mucha mayor capacidad de cómputo, ha permitido un desarrollo vertiginoso de esta nueva aplicación denominada modelación de cultivos agrícolas (Gálvez *et al.*, 2010).

Estos modelos que expresan matemáticamente el crecimiento y desarrollo de las plantas, integran conocimientos de fisiología, genética, ciencias del suelo, sistemas de bases de datos agrícolas, datos meteorológicos y otros relacionados con el manejo de las plantas en modernos software (Gálvez *et al.*, 2010).

Una de las aplicaciones más importantes de estos modelos es poder predecir el rendimiento de los cultivos agrícolas en condiciones específicas y ser capaces de adaptarse al cambio de condiciones. Dichos modelos tienen un enorme potencial para usarlas como herramientas de trabajo en una agricultura moderna (Gálvez *et al.*, 2010).

Los modelos de simulación constituyen una herramienta fundamental para entender la complejidad que caracteriza los sistemas ecológicos y ambientales, ya que son la única herramienta disponible para traducir una colección de hipótesis acerca de procesos ecológicos en una representación del funcionamiento del ecosistema en su totalidad. Estos permiten realizar análisis de impactos tecnológicos, económicos y

ambientales, la evaluación de estrategias productivas y los pronósticos del rendimiento de los cultivos. Su empleo se enfoca generalmente a comprender mejor los problemas y anticipar la realidad que se investiga. Un buen modelo es capaz de revelar interacciones entre los diferentes componentes que no eran evidentes al estudiar cada uno de los procesos separadamente y permitirá ensayar experimentos que no se podrían realizar en el sistema real (Hernández *et al.*, 2009).

Principales aplicaciones

El uso de modelos de simulación ha venido incrementando cada vez más en el campo de la investigación, la enseñanza, la explotación y la gestión de recursos, análisis de políticas y las previsiones de producción, Oteng-Darkoet *al.*, (2012) describen las principales aplicaciones del uso de modelos de simulación de cultivos en los siguientes aspectos:

- **Comprensión en la investigación:** Permite la identificación de los principales factores que impulsan el sistema, además la adopción de un enfoque de modelado podría contribuir a una planificación de la investigación más específica y eficiente.
- **Integración del conocimiento en todas las disciplinas:** Adopción de un marco de referencia que permite la integración de las investigaciones que se llevan cabo en diferentes regiones países y continentes, así como la colaboración entre investigadores a nivel internacional.
- **Mejora en la documentación experimental y la organización de datos:** Los modelos de simulación exigen una gran cantidad de datos técnicos, suministrados en unidades dadas y en un orden en particular.
- **Selección del sitio de experimentación:** Los modelos de simulación pueden ser utilizados para predecir el rendimiento en regiones donde anteriormente no se haya cultivado o donde no se cuentan con óptimas condiciones.

- **Análisis de rendimiento:** Los modelos de simulación son utilizados para determinar el rendimiento de diversos cultivos en distintas condiciones climáticas.
- **Proyecciones de cambio climático:** La variabilidad del clima y en especial las condiciones climáticas extremas actualmente son una de las principales preocupaciones tanto de la comunidad científica como de la comunidad en general. La aplicación de modelos de cultivos para estudiar el impacto potencial del cambio climático ha sido ampliamente utilizada en todos los continentes. La producción de cultivos depende en gran proporción de la variación climática y por lo tanto cualquier cambio en el clima global se refleja de manera significativa en los rendimientos y la productividad. Estos cambios pueden afectar a los procesos biológicos como la respiración, la fotosíntesis, el crecimiento de las plantas, el uso eficiente del agua, entre otros. La comprensión de los efectos del cambio climático contribuye a guiar a los agricultores en la gestión de sus cultivos, como la selección de cultivares, fechas de siembra y programación de riego para reducir al mínimo los riesgos.
- **Determinación de mejores prácticas de cultivo:** Con el uso de modelos de simulación se puede determinar las mejores prácticas de gestión en virtud de un determinado sistema de cultivo. En el pasado la investigación agronómica estuvo enfocada principalmente en la producción, recientemente, además de un cultivo rentable, la calidad del medio ambiente se ha convertido en un tema importante que los productores agrícolas deben analizar. Se requieren estrategias para optimizar la rentabilidad de la producción de cultivos, manteniendo la calidad de los suelos y reduciendo al mínimo la degradación ambiental.
- **Pronóstico de rendimiento:** Se realizan estimaciones bastante precisas de la producción de los cultivos antes de la cosecha, incluso en grandes áreas, datos que son de inmenso valor tanto para el investigador como para el agricultor en términos de planificación.

- **Introducción de nuevos cultivares:** El desarrollo y la liberación de una variedad es un complejo proceso que puede extenderse durante un período de 5 - 15 años. El enfoque de sistemas de modelado integra diferentes componentes de los ecosistemas agrícolas, que se pueden utilizar para llevar a cabo experimentos de campo con múltiples ubicaciones, contribuyendo a evaluar la interacción genotipo por ambiente. Tales estudios pueden ayudar en la reducción de la cantidad de sitios o estaciones requeridos para la evaluación y por lo tanto aumentan la eficiencia del proceso de desarrollo de variedades.

CALIBRACIÓN, EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELOS

La calibración del modelo consiste en la modificación de algunos los parámetros del modelo de tal manera que los datos simulados se ajusten a los datos observados. En muchos casos, incluso si un modelo se basa en los datos observados, los valores simulados no se ajusten exactamente a los datos observados. El incumplimiento puede deberse a errores de muestreo, así como a partir del conocimiento incompleto del sistema. Alternativamente, puede surgir cuando el modelo se utiliza en una situación que es marcadamente diferente para las que fue desarrollado (Oteng-Darkoet *al.*, 2012).

La etapa de validación implica la confirmación de que el modelo calibrado representa de manera cercana a la verdadera situación. El procedimiento consiste en la comparación de la salida simulada y datos observados que no hayan sido utilizados previamente en la etapa de calibración. Sin embargo, la validación de todos los componentes no es posible debido a falta de conjuntos de datos en la opción de validar, ya que solo se toman en cuenta problemas determinantes. Por ejemplo, en un modelo de cultivo de agua, para la opción validar es indispensable el conocimiento de la evapotranspiración (Oteng-Darkoet *al.*, 2012).

MODELOS DE SIMULACIÓN DE CULTIVOS MÁS UTILIZADOS

Entre los numerosos modelos de crecimiento de los cultivos, los más utilizados, de acuerdo con Wolday y Hruy (2015) son el modelo DSSAT y el AquaCrop, además de también destacar el uso del modelo APSIM por sus características.

Agricultural Production Systems sIMulator (APSIM)

El Simulador de Sistemas de Producción Agrícola es un marco de modelación modular que ha sido desarrollado por la Unidad de Investigación de Sistemas de Producción Agrícola en Australia, para simular procesos biofísicos en los sistemas agrícolas, en particular cuando existe un interés en los resultados económicos y ecológicos de las prácticas de gestión y su impacto en el clima (Keatinget *al.*, 2003).

APSIM contiene una serie de módulos para simular el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos, pastos y bosques y sus interacciones con el suelo, Keatinget *al.*, (2003), describen el marco de modelado del sistema de la manera siguiente:

- Un conjunto de módulos biofísicos que simulan los procesos biológicos y físicos en los sistemas agrícolas.
- Un conjunto de módulos de gestión que permiten al usuario especificar las normas de gestión destinadas a caracterizar el escenario que se está simulando y tener el control del comportamiento de la simulación.
- Varios módulos para facilitar la entrada y salida de datos hacia y desde la simulación.
- Un motor de simulación que impulsa el proceso de simulación y controla todos los mensajes que pasan entre los módulos independientes.

Además de los elementos de la ciencia y la infraestructura del simulador APSIM , de acuerdo con Keating *et al.*, (2003) el marco también incluye:

- Varias interfaces de usuario para la construcción de modelos, pruebas y la aplicación.
- Varias interfaces y herramientas en la base de datos asociadas para la visualización y el análisis adicional de la salida de la simulación.
- Varios modelos de desarrollo, pruebas y documentación de herramientas.

APSIM se configura especificando los módulos que se utilizarán en la simulación y los conjuntos de datos requeridos por dichos módulos. APSIM suele requerir datos de inicialización y datos temporales a medida que avanza la simulación. Los datos de inicialización por lo general se clasifican en datos genéricos (que define el módulo para todas las simulaciones) y datos de los parámetros de simulación específicos, tales como las características del lugar, los cultivares y el manejo. Parámetros del sitio típicos son las características del suelo para los módulos de suelo, mediciones climáticas para módulos meteorológicas, las características superficiales del suelo y definición de los residuos de la superficie. El manejo se especifica con el uso de un lenguaje sencillo para definir un conjunto de reglas, cálculos y mensajes a los módulos que se utilizan durante la simulación (Keating *et al.*, 2003).

AquaCrop

AquaCrop es un modelo de la productividad del cultivo desarrollados por la División de Agua y Tierras de la FAO (FAO 2015), enfocado principalmente a la simulación del desarrollo de la biomasa potencial del cultivo y la producción cosechable en respuesta al agua disponible. El modelo simula los rendimientos

posibles de cultivos herbáceos en función del consumo de agua. El modelo se centra en el agua, al ser éste uno de los principales determinantes de la producción agrícola y debido a que el crecimiento de la población y la creciente industrialización alrededor del mundo están demandando una cantidad cada vez mayor de agua, convirtiendo a este recurso finito cada vez más en un factor limitante de la producción agrícola (Cortes 2013).

Además de simular satisfactoriamente el rendimiento agrícola, AquaCrop es un modelo que utilizando un conjunto pequeño de parámetros y principios, logra describir de forma simple y directa los procesos que determinan la producción agrícola del cultivo y de esta manera hace más fácil el manejo del mismo por parte de un público bastante amplio (Cortes 2013).

Para ser funcional, su motor de crecimiento necesita ser insertado en un conjunto completo de componentes adicionales del modelo. De hecho, de manera similar a muchos otros modelos, AquaCrop tiene una estructura que se arquea sobre el continuo suelo-planta-atmósfera. Incluye el suelo, con su balance de agua; la planta, con sus procesos de desarrollo, crecimiento y rendimiento; y el ambiente, con su régimen térmico, las precipitaciones, la demanda evaporativa y la concentración dióxido de carbono. Además, algunos aspectos de la gestión se consideran explícitamente (por ejemplo, riego, fertilización, etc.), ya que afectarán el balance hídrico del suelo, el desarrollo del cultivo y por lo tanto el rendimiento final. Plagas, enfermedades y malas hierbas no son consideradas (Raes *et al.*, 2009).

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR AGROTECHNOLOGY TRANSFER (DSSAT).

El sistema de ayuda a la decisión para la transferencia de tecnología agraria (DSSAT) ha estado en uso durante los últimos 15 años por investigadores en todo el

mundo. Este paquete incorpora modelos de 16 cultivos diferentes con un software que facilita la evaluación y aplicación de los modelos de cultivo para diferentes propósitos. Los modelos de cultivos DSSAT han sido recientemente re-diseñado y programados para facilitar la incorporación más eficiente de los nuevos avances científicos, aplicaciones, documentación y mantenimiento (Jones et al., 2003).

La base para el modelo nuevo del sistema de cultivo DSSAT (CSM) es un sistema modular diseñado con una estructura en la que los componentes se separan a lo largo de las líneas de disciplina científica y están estructuradas para permitir la fácil sustitución o adición de los módulos. Tiene un módulo del suelo, un módulo de plantilla de cultivos que pueden simular diferentes cultivos mediante la definición especies de archivos de entrada, una interfaz para agregar modelos de cultivos individuales si tienen el mismo diseño, un módulo de clima, y un módulo para hacer frente a la competencia por la luz y el agua entre el suelo, las plantas, y la atmósfera (Jones *et al.*, 2003).

Módulos

El programa principal traduce la información del archivo estándar DSSAT que describe un determinado experimento o situación que se desea simular (Huntet *al.*, 2001) y establece un número de variables para el control de una ejecución de la simulación.

Jones *et al.*, (2003) describen los módulos y submódulos, para la simulación del suelo y procesos de crecimiento de las plantas y sus interacciones, de la siguiente manera:

Módulo de Clima

La función principal del módulo de clima es traducir o generar datos meteorológicos diarios. Se leen los valores diarios del clima (temperatura máxima y mínima del aire, la radiación solar y la precipitación, humedad relativa y velocidad del viento cuando esté disponible). Los valores de tiempo por hora se calculan para el uso de algunos módulos que así lo requieran. También puede modificar variables diarias de clima para estudiar el cambio climático o la simulación de experimentos en los que la radiación solar, la lluvia, temperaturas máximas y mínimas, la duración del día, y/o concentraciones de CO₂ atmosférico se colocaron a valores constantes, aumentado o disminuyendo relativamente sus valores leídos de entrada.

Módulo de suelo

El suelo se representa como un perfil unidimensional; homogéneo horizontalmente y se compone de un número de capas de suelo verticales. El módulo de suelo integra la información de sub módulos que consisten en: El agua del suelo, temperatura del suelo, el carbono y nitrógeno en el suelo, y las dinámicas del suelo.

- **Sub módulo de agua en el suelo:** Este modelo unidimensional calcula los cambios diarios del contenido de agua en el suelo, en los distintos perfiles, debida a la infiltración de la lluvia y de riego, drenaje vertical, flujo no saturado, la evaporación del suelo, y los procesos de absorción de agua de la raíz.
- **Sub módulo de balance de nitrógeno y carbono en el suelo:** El DSSAT / CSM tiene dos opciones para simular la materia orgánica del suelo y balance de nitrógeno. En ambos módulos, la descomposición de materia orgánica depende de la temperatura del suelo y contenido de agua.

- **Sub módulo temperatura del suelo:** La temperatura del suelo se calcula a partir de la temperatura del aire y una profunda condición de contorno de la temperatura del suelo que se calcula de la temperatura media anual del aire y la amplitud de las temperaturas medias mensuales. Eso también incluye un enfoque simple para calcular el impacto de la radiación solar y albedo en la temperatura de la superficie del suelo

Modulo suelo / planta / atmósfera

Este módulo calcula la evaporación diaria de suelos y la transpiración de las plantas. Este módulo trae el suelo junto a las entradas de la planta y la atmósfera y calcula la intercepción de luz por el dosel, la evapotranspiración potencial, así como la evaporación del suelo y la transpiración de la plantas. También calcula la absorción de agua de la raíces de cada perfil del suelo. Los valores diarios del tiempo, así como las propiedades del suelo y el contenido actual de agua en el suelo, por perfil, se requieren como entrada. Además, el índice de área foliar y la densidad de longitud de la raíz para cada perfil son necesarios.

Módulo de plantilla de cultivos (GROPGRO)

La plantilla de cultivos CROPGRO prevé rasgos del ecotipo y cultivar que se definirán en la lectura en archivos.

Cada archivo de especie contiene información sobre las temperaturas de base, y temperaturas óptimas para los procesos de desarrollo (tasa de emergencia, tasa de aparición de hojas, y la tasa de progreso hacia los procesos de floración y madurez) y el crecimiento (fotosíntesis, la formación de nódulos, fijación de N₂, expansión de la hoja, además de la vaina, crecimiento de la semilla, la movilización de N, etc.).

Módulo de interfaz de cultivo individual (modulo planta)

El módulo de interfaz de cultivo individual sirve a la misma función que el módulo de plantilla CROPGRO, debido a que tiene las mismas variables de la interfaz que une la dinámica de crecimiento de las plantas a la otros módulos de la DSSAT / CSM. Sin embargo, esta diseñado para enlazar módulos que describen el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos individuales.

Módulo de manejo

El módulo de manejo determina las operaciones que se realizan en el campo llamando sub módulos. Actualmente, estas operaciones consisten en la siembra, la cosecha, la aplicación de fertilizantes inorgánicos, el riego y la aplicación de residuos agrícolas y la materia orgánica. Estas operaciones pueden ser especificadas por los usuarios en el archivo de entrada.

Módulo de plagas

Permite a los usuarios introducir observaciones de campo y la exploración de los datos sobre las poblaciones de insectos o daños a diferentes partes de la planta, gravedad de la enfermedad en diferentes tejidos de las plantas, y daños físicos en las plantas o componentes de la planta para simular los efectos de plagas y enfermedades se especifica en el crecimiento y rendimiento.

Evaluación del modelo

La evaluación implica la comparación de los resultados del modelo con datos reales y una determinación de la idoneidad para un propósito previsto. Es útil pensar en la evaluación del modelo como la documentación de la precisión de las

predicciones específicas en ambientes determinados, con la consideración apropiada dadas a posibles errores en las variables de entrada o los datos de evaluación (Jones *et al.*, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante los meses de noviembre de 2016 a febrero de 2017 a campo abierto en la urbanización "Aves del Paraíso" del municipio Maturín, estado Monagas. El terreno se encuentra ubicado aproximadamente entre $9^{\circ}41'21''$ N; $63^{\circ}15'15''$ O y $9^{\circ}41'20''$ N; $63^{\circ}15'13''$ O, el cual se encuentra aproximadamente a 12 Km de la estación meteorológica de la Fuerza Aérea de la República Bolivariana de Venezuela (FAV), ubicada en las adyacencias del aeropuerto de Maturín.

La precipitación diaria (cuadro 1), temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria, y radiación diaria, en el transcurso del ensayo fue suministrada por la estación meteorológica de Maturín, así como también la data requerida para realizar la simulación del modelo, en las figuras 1, 2 y 3 se muestran los resultados de la simulación para los datos diarios de precipitación, temperatura y radiación.

El suelo en donde se llevó a cabo el experimento corresponde a la clase textural franco-arenosa, en donde se tomaron muestras de suelos con un barreno cada 20 cm hasta llegar a un metro de profundidad para estudiar algunas propiedades físicas y químicas (cuadro 2).

La preparación del terreno fue realizada de forma manual, sin embargo, se buscó simular tres pases de rastra implementando picos y escardillas a una profundidad aproximada de 20 cm, esta labor se inició a los 15 días antes de la siembra realizándose cada cinco días hasta la siembra.

El material genético utilizado consistió en tres variedades comerciales de frijol (Tuy, Apure y Orituco) y dos líneas experimentales (I-575 e I-572), ambos materiales provenientes del banco de Semilla del INIA.

Cuadro 1 Precipitación (mm) registrada en la estación meteorológica de la fuerza aérea de Maturín, durante el ciclo de cultivo cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Día	Meses			
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
1	0	49,7	0	6,8
2	0	0	8,4	2,3 <
3	0	0	1,4	0
4	0	A	0,2	0
5	24,7	0	28,1	0
6	0	1	2,3	0
7	0	7,2	6,8	0
8	0	25,3	0,4	1,8
9	0	b	0	* 0cT
10	1	5,6	0	4,5
11	0	5,9	0,5	-
12	10,2	0	0	0,9
13	0	6,4	0	0
14	0	7	0	+ 0
15	18,5	0	0	0
16	15,6	0	c	0
17	13,7	11,6	d	0
18	3,5	0,6		0,3 ° 1,1
19	0	4,5		0 6,1
20	0	4,4		0 0
21	0	1,4	e	0 0
22	0	0		6,4 0
23	0,3	6,2	fg	0 0
24	25	0		0 0
25	0	0		0 1,3
26	0	0,4		0 0,2
27	0,3	2,9		0 4,6
28	23,1	31,2		0 16,9
29	3,3	7,7		4,2 -
30	80	0		0 -
31	-	2,2		0 -
Total mensual				
	219,2	190	59	46,5

a fecha de siembra, b emergencia de la planta, c floración Orituco, d floración Tuy, e floración I-575, f floración I-572, g floración Apure, *cosecha Tuy, -cosecha Orituco, +cosecha I-575, °cosecha Apure, <cosecha I-572.

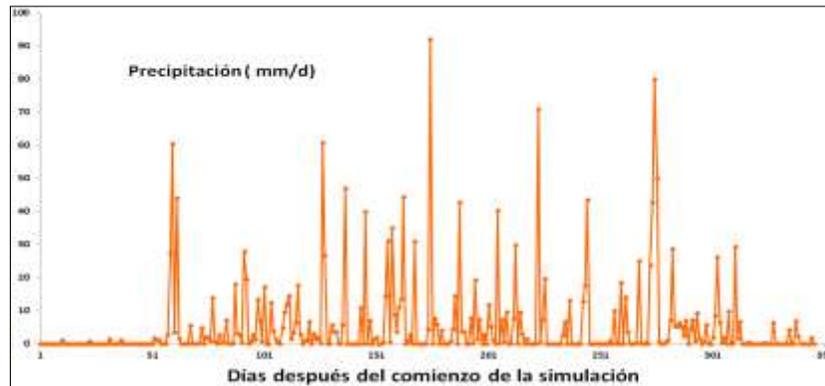


Figura 1 Distribución de la precipitación luego de la simulación

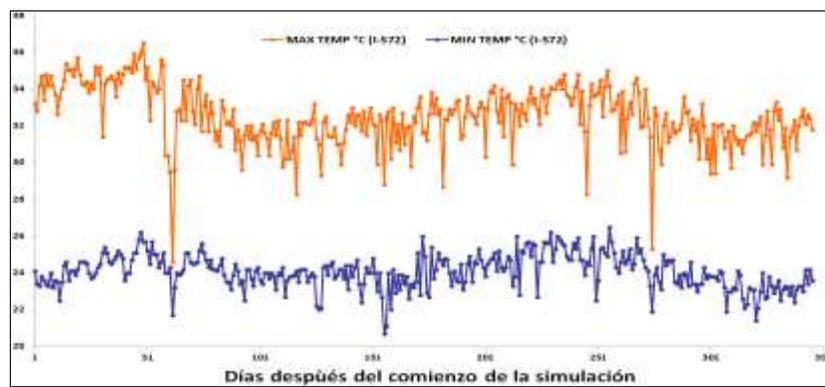


Figura 2 Distribución de la temperatura máxima y mínima en luego de la simulación

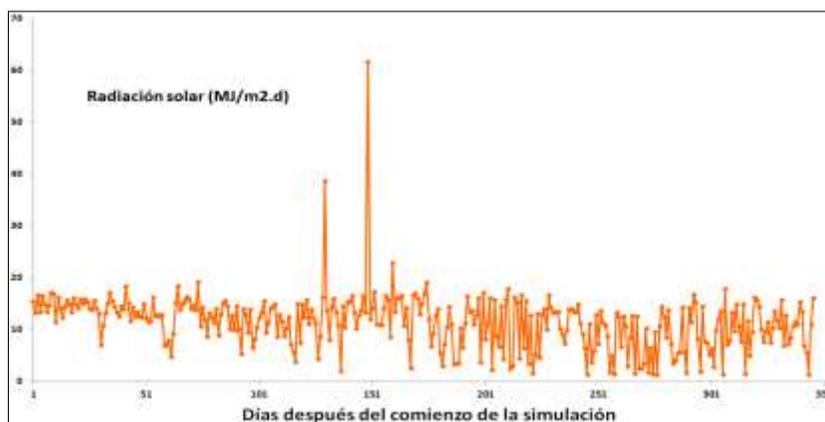


Figura 3 Distribución de la radiación solar luego de la simulación

Cuadro 2 Propiedades físicas y químicas registradas en el laboratorio de suelos del campus Juanico de la Universidad de Oriente en el área de estudio.

Profundidad (m)	pH	% Arena	% Arcilla	% Limo	CIC (meq/100g)	%MO	P (ppm)
0-0,2	4,8	76,83	17,17	6,00	0,6	3,3	4,8
0,2-0,4	4,37	71,83	17,17	11,00	0,8	2,7	6,4
0,4-0,6	4,6	70,83	17,17	12,00	0,8	1,8	2,4
0,6-0,8	4,77	74,83	16,17	9,00	1	3,6	2
0,8-1,0	4,95	76,83	10,20	12,97	0,8	3,8	6,4



Figura 4 Muestras a distintas profundidades del suelo

El experimento utilizado fue un diseño de bloques al azar simple con tres repeticiones y cinco tratamientos, los cuales correspondieron a los cultivares (Tuy, Apure, Orituco, I-575 e I-572). El área total abarcó 90m², con 6,75m² correspondientes al espacio entre bloques quedando un área efectiva de 83,25m². La longitud de cada bloque fue de nueve metros, con 15 hileras de tres metros separadas cada 60 cm, conformando cada tres hileras una unidad experimental.

El día 4 de noviembre se procedió al marcaje del área del ensayo y luego a la siembra, utilizando una distancia entre plantas de 10 cm y una distancia entre hileras

de 60 cm, conformando una densidad de siembra aproximada de 166.667 plantas/ha. El FONAIAP (1987) señala distancias de siembra de 60, 70 y 80 cm entre hileras y 10 y 15 cm entre plantas para las variedades Tuy, Apure y Unare. León *et al.*, (2013) utilizaron 60 cm entre hileras y 10 cm entre plantas en la evaluación de 16 cultivares de frijol en Calabozo, estado Guárico.

En el terreno previamente desmalezado la siembra se realizó de forma manual, utilizando dos semillas por punto, para luego ralea y dejar solo una planta. La semilla fue introducida a 3 cm de profundidad. El porcentaje de germinación se muestra en el cuadro 1 del apéndice.

La fertilización se realizó tres días después de la siembra en bandas a 10 cm a cada lado de la hilera y a una profundidad de cinco centímetros a razón de 400Kg/ha de la fórmula 11-24-17.

El control de malezas durante todo el cultivo fue realizado manualmente. Durante el ciclo del cultivo se eliminaron plantas con síntomas de posible virus. Para el control de insectos plaga presentes en el cultivo, principalmente “coquitos perforadores” se realizaron dos aplicaciones de Difos a razón de 0,75 l/ha a 20 DDS y a 60 DDS, aunque también se registró la presencia del chinche *Venezazonata* (Figura 5) para el cual el control aplicado se consideró deficiente.



Figura 5 Insectos chupadores registrados en el cultivo; A. *Nezara viridula*, B y C *Veneza zonata*

La cosecha se realizó manualmente y al 50% de determinación del secado del último fruto para de cada variedad como se muestra en el cuadro 2 del apéndice.

Durante en el ensayo se registraron algunos parámetros fisiológicos relacionados con los requerimientos del modelo(cuadro 2 del apéndice), los cuales fueron tomados a por lo menos a un 50% de determinación.

Adicionalmente a los datos requeridos por el modelo y con fines de investigación agrícola se evaluaron distintos caracteres en la hilera central de cada unidad experimental, a los 30 días se midieron todas las plantas de la hilera central, a los 60 días 4 plantas al azar fueron llevadas al laboratorio para su posterior medición y al momento de la cosecha se midieron todas las plantas restantes en la hilera. Los caracteres estructurales que se registraron fueron: Longitud del eje central a los 30 días (cm), longitud de la raíz a los 60 días (cm), volumen radical a los 60 días (cm³), diámetro de la raíz a los 60 días (mm), número de raicillas a los 60 días, al momento de la cosecha se registró la longitud del eje central (cm), la longitud de las guías (cm), número de guías/planta, biomasa fresca aérea de la planta (gr), número de frutos, número de semillas/fruto, peso fresco de los frutos/planta (gr), peso de semillas/planta (gr), peso de 100 semillas (gr), porcentaje de semillas con respecto a frutos, número de plantas, rendimiento de frutos y rendimiento en semillas (Kg/ha).

Para la estimación del peso de semillas/planta (gr), peso de 100 semillas (gr), número de plantas y rendimiento de semillas (Kg/ha) a una humedad similar se determinó el porcentaje de humedad de las semillas. Se utilizaron cinco gramos de semilla de cada tratamiento, los cuales fueron llevados a una estufa con una temperatura de 105°C por 24 horas. Una vez transcurrido ese tiempo se sacaron de la estufa para dejarlos reposar durante 30 minutos y pesar nuevamente. Posteriormente se estimó el porcentaje de humedad mediante la fórmula siguiente:

$$\% H = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde, %H: Porcentaje de humedad, Pi: Peso inicial de las semillas (5 g), Pf: Peso final de las semillas.

El peso de 100 semillas (g), peso de granos/planta (g), peso de granos no comerciales/planta (g) y rendimiento de semillas (Kg/ha) fueron ajustados al 12% de humedad, utilizando la siguiente ecuación:

$$Pa = Pi \times Fa$$

Donde, Pa: Peso ajustado a la humedad deseada, Pi: Peso inicial de las semillas (5 g) y Fa: factor de ajuste; obtenido a su vez de:

$$Fa = \frac{100 - Hi}{100 - Hf}$$

Donde, Hi: Humedad real de las semillas y Hf: Humedad a la cual se desea ajustar los pesos de las semillas (12%).

En toda la información obtenida de cada uno de los caracteres se realizó un análisis de varianza, y para detectar la diferencia entre tratamientos se utilizó la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. Todas las inferencias estadísticas se realizaron al 5% de probabilidad utilizando el programa Statistix versión 7.

Debido a que la calibración del modelo implica el ajustede ciertos parámetros para que este funcione en cualquierubicación y para un determinado cultivar se requieren de la inclusión de los coeficientes genéticos de cultivares locales. Los coeficientes genéticos fueron estimados mediante el uso del modelo.

Para probar la precisión del modelo en los cultivares utilizados, este se ejecutó con datos meteorológicos, de suelo y manejo de cultivo correspondientes al área de estudio así como también los coeficientes genéticos previamente calibrados. Los

valores resultantes de la simulación del modelo fueron comparados con los valores observados en campo.

Para la validación del modelo se utilizó la metodología manejada por (Kumar *et al.*, 2017) quienes utilizaron diferentes herramientas estadísticas para evaluar el comportamiento del modelo en la predicción de diversos parámetros.

El análisis estadístico de Ambose y Rosech (1982) se utilizó para calcular el error medio o Bias y el error cuadrático medio entre los valores simulados y observados. El RMSE normalizado (nRMSE) da una medida (%) de la diferencia relativa entre los datos simulados y los observados. La simulación se considera excelente con un valor normalizado RMSE inferior al 10%, bueno si el RMSE normalizado es superior al 10% e inferior al 20%, justo si el RMSE normalizado es superior a 20 e inferior al 30% y pobre si el RMSE normalizado es mayor al 30% (Jamieson *et al.*, 1991). M es la media de la variable observada. El índice de acuerdo (d) propuesto por Willmott *et al.*, (1985), según el d-estadístico, cuanto más cerca es el valor del índice a uno, mejor es la relación entre las dos variables que se comparan y viceversa. Las ecuaciones se muestran a continuación:

$$\text{Bias} = \sum_{i=1}^n \frac{(S_i - O_b)}{n}$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(S_i - O_b)^2}{n}}$$

$$\text{nRMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(S_i - O_b)^2}{n}} \times \frac{100}{M}$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_b)^2}{\sum_{i=1}^n (|S_i| + |O_b|)^2} \right]$$

Además de estos criterios, el porcentaje de error también se calculó en diferentes tratamientos con la finalidad de expresar la desviación de forma científica, de la siguiente manera:

$$\%Error = \{(Si - Ob) / Ob\} * 100$$

Mientras,

$$S_i = Si - M$$

$$O_b = Ob - M$$

n, es el número de observaciones

Si, son los valores simulados

Ob, son los valores observados

M, es la media de la variable observada.



Figura 6 Diseño de la plantación a distintas edades del cultivo

RESULTADOS

LONGITUD (CM) DEL EJE CENTRAL A LOS 30 DÍAS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 4 del apéndice, señaló diferencias significativas entre los cultivares evaluados. El análisis de promedios (cuadro 3) indica que el cultivar I-575 fue superior, siendo estadísticamente similar a los cultivares I-572 y Tuy quienes presentaron la mayor longitud del eje central a los 30 DDS. Se observó un rango de variación de 8,8 a 15,45 cm, con un coeficiente de variación de 10,61% (cuadro 4 del apéndice).

Cuadro 3 Promedios para la longitud del eje central (cm) a los 30 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Longitud del eje	Ámbito †
I-575	15,45	A
I-572	14,29	AB
Tuy	13,38	AB
Orituco	12,02	B
Apure	8,80	C

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 2,55 cm

LONGITUD (CM) DE LA RAÍZ A LOS 60 DÍAS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 6 del apéndice señaló ausencia de diferencias significativas para la longitud de la raíz a los 60 DDS en los diferentes cultivares evaluados, con un coeficiente de variación de 9,95% y un promedio general de 20,74 cm.

VOLUMEN RADICAL (CM³) A LOS 60 DÍAS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 8 del apéndice, señalo que los cultivares expresaron diferencias significativas. El análisis de promedios (cuadro 4) indica que el cultivar I-572 es superior en cuanto al volumen radical al resto de los cultivares bajo estudio, los cuales se mostraron estadísticamente iguales. Se observó un rango de variación de 1,75 a 5,17 cm³, con un coeficiente de variación de 16,13% (cuadro 8 del apéndice).

Cuadro 4 Promedios para el volumen radical (mm) a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Volumen radical	Ambito †
I-572	5,17	A
I-575	2,42	B
Orituco	2,38	B
Apure	2,29	B
Tuy	1,75	B

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 1,38 mm

DIÁMETRO (MM) DE LA RAÍZ A LOS 60 DÍAS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 10 del apéndice señalo ausencia de diferencias significativas para el diámetro de la raíz a los 60 DDS en los diferentes cultivares evaluados, con un coeficiente de variación de 10,95% y un promedio general de 7,60 mm

NÚMERO DE RAICILLAS A LOS 60 DÍAS

En el número de raicillas a los 60 días el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 12 del apéndice señaló ausencia de diferencias significativas en los diferentes cultivares evaluados, con un coeficiente de variación de 25,07% y un promedio general de 16,12 raicillas.

LONGITUD (CM) DEL EJE CENTRAL

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 14 del apéndice señaló diferencias significativas para la longitud del eje central entre los distintos cultivares evaluados. La prueba de la mínima diferencia significativa indicó que los cultivares I-572 e I-575 son estadísticamente iguales y superiores para este carácter que las variedades comerciales Tuy, Orituco y Apure, las cuales resultaron ser estadísticamente iguales (cuadro 5). Se observó un rango de variación de 19,08 a 132,39, con un coeficiente de variación de 43,05% (cuadro 14 del apéndice).

Cuadro 5 Promedios para la longitud de las guías de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Longitud del eje	Ambito †
I-572	132,39	A
I-575	94,02	A
Tuy	22,41	B
Orituco	21,47	B
Apure	19,08	B

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 46,92 cm

LONGITUD (CM) DE LAS GUÍAS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 16 del apéndice, señaló que los cultivares expresaron diferencias significativas en cuanto a la longitud de las guías. El análisis de promedios (cuadro 6) indica que los cultivares I-572 e I-575 son estadísticamente iguales y superiores a las variedades Tuy, Orituco y Apure. Se observó un rango de variación de 13,69 a 35,23 cm, con un coeficiente de variación de 16,94% (cuadro 16 del apéndice).

Cuadro 6 Promedios para la longitud de guías de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Longitud de guías	Ambito †
I-572	35,23	A
I-575	28,73	A
Tuy	19,90	B
Orituco	18,58	B
Apure	13,69	B

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 7,41cm

NÚMERO DE GUÍAS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 18 del apéndice, señaló diferencias significativas entre los cultivares evaluados. El análisis de promedios (cuadro 7) indico que las variedades comerciales Apure y Tuy manifestaron un mayor número de guías siendo estas estadísticamente similares a la variedad Orituco. Se observó un rango de variación de 4,67 a 6,95 guías, con un coeficiente de variación de 14,17% (cuadro 18 del apéndice).

Cuadro 7 Promedios para el número de guías de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Número de guías	Ambito †
Apure	6,95	A
Tuy	6,64	A
Orituco	5,91	AB
I-575	4,97	B
I-572	4,67	B

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 1,55 guías

BIOMASA (G) AÉREA DE LA PLANTA

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 20 del apéndice, señaló diferencias significativas entre los cultivares evaluados para la biomasa aérea de la planta. El análisis de promedios (cuadro 8) indicó que la línea I-572 fue superior al resto de los cultivares para este carácter. Se observó un rango de variación de 16,51 a 62,83 g, con un coeficiente de variación de 22,31% (cuadro 20 del apéndice).

Cuadro 8 Promedios para la biomasa fresca de la planta (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Biomasa de la planta	Ambito †
I-572	62,83	A
I-575	41,56	B
Orituco	29,02	BC
Apure	28,90	BC
Tuy	16,51	C

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 15,02 g

NÚMERO DE FRUTOS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 22 del apéndice, señaló diferencias significativas entre los cultivares evaluados para el número de frutos. El análisis de promedios (cuadro 9) indicó que el cultivar Orituco presentó el mayor número de frutos siendo estadísticamente similar a los cultivares Apure e I-575, sin embargo Apure, I-575, Tuy e I-572 se comportaron de manera estadísticamente similar. Se observó un rango de variación de 4,76 a 9,95 frutos por planta, con un coeficiente de variación de 24,94% (cuadro 22 del apéndice).

Cuadro 9 Promedios para el número de frutos de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Número de frutos	Ambito †
Orituco	9,95	A
Apure	9,51	AB
I-575	8,14	AB
Tuy	5,90	B
I-572	4,76	B

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 3,60 frutos

NÚMERO DE SEMILLAS/FRUTO

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 24 del apéndice, señaló diferencias significativas entre los cultivares evaluados para el número de semillas por fruto. El análisis de promedios (cuadro 10) indicó que los cultivares I-572, Apure e I-575 fueron estadísticamente iguales y superiores a los cultivares Tuy y Orituco. Se observó un rango de variación de 7,64 a 12,98 semillas por fruto, con un coeficiente de variación de 10,59% (cuadro 24 del apéndice).

Cuadro 10 Promedios para el número de granos por vaina de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Numero de semillas	Ámbito †
I-572	12,98	A
Apure	12,97	A
I-575	12,18	A
Tuy	9,66	B
Orituco	7,64	B

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 2,21 semillas

PESO (G) DE LOS FRUTOS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 26 del apéndice señaló ausencia de diferencias significativas para peso de los frutos en los diferentes cultivares evaluados, con un coeficiente de variación de 29,91% y un promedio general de 10,56 g.

PESO (G) DE LAS SEMILLAS

En cuanto al peso de las semillas el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 28 del apéndice señaló ausencia de diferencias significativas en los diferentes cultivares evaluados, con un coeficiente de variación de 32,84% y un promedio general de 7,30 g.

PESO (G) DE 100 SEMILLAS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 30 del apéndice, señaló diferencias significativas entre los cultivares evaluados para el peso de 100 semillas. El análisis de promedios (cuadro 11) indico que la línea I-572 fue superior, seguida de la variedad Tuy y la línea I-575 donde no se encontró diferencia entre estas,

superando a la variedad Orituco y siendo esta a su vez superior a la variedad Apure. Se observó un rango de variación de 9,23 a 16,52 semillas por fruto, con un coeficiente de variación de 3,14% (cuadro 30 del apéndice).

Cuadro 11 Promedios para el peso de 100 semillas (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata*[L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Peso de 100 semillas	Ambito †
I-572	16,52	A
Tuy	13,31	B
I-575	13,25	B
Orituco	11,53	C
Apure	9,23	D

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 0,76g

PORCENTAJE DE SEMILLAS CON RESPECTO A FRUTOS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 32 del apéndice, señaló diferencias significativas entre los cultivares evaluados para el porcentaje de semillas con respecto a frutos. El análisis de promedios (cuadro 12) indicó que los cultivares Orituco y Tuy resultaron ser superiores y estadísticamente similar al cultivar I-575. Se observó un rango de variación de 54,82 a 76,87 por ciento, con un coeficiente de variación de 4,75% (cuadro 32 del apéndice).

Cuadro 12 Promedios para el porcentaje de semillas con respecto a vainas de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Porcentaje de semillas	Ambito †
Orituco	76,87	A
Tuy	75,51	A
I-575	71,32	AB
Apure	65,30	B
I-572	54,82	C

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 2,3 %

NÚMERO DE PLANTAS

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 34 del apéndice, señaló diferencias significativas entre los cultivares evaluados para el número de plantas restantes en la hilera a cosechar. El análisis de promedios (cuadro 13) indicó que los cultivares Tuy, I-575 e I-572 fueron superiores y estadísticamente similar a la variedad Orituco, sin embargo, las variedades Orituco y Apure, la de menor número de plantas fueron estadísticamente similares. Se observó un rango de variación de 19 a 26,33 plantas, con un coeficiente de variación de 11,10% (cuadro 34 del apéndice).

cuadro 13 Promedios para el número de plantas de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Número de plantas	Ámbito †
Tuy	26,33	A
I-575	25,67	A
I-572	25,00	A
Orituco	22,00	A B
Apure	19,00	B

† Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la Mínima Diferencia Significativa. MDS = 4,93 plantas

RENDIMIENTO DE FRUTOS (KG/HA)

El análisis de covarianza (cuadro 36 del apéndice) señaló ausencia de diferencia significativa para el rendimiento de frutos en Kg/ha, con un coeficiente de variación de 32,27% y un promedio general de 1384,2 Kg/ha.

RENDIMIENTO DE SEMILLAS (KG/HA)

El análisis de covarianza que se muestra en el cuadro 38 del apéndice señala ausencia de diferencias significativas para el rendimiento en Kg/ha en los diferentes cultivares bajo estudio, con un coeficiente de variación de 35,80% y un promedio general de 956,22 Kg/ha.

COEFICIENTES GENETICOS SIMULADOS

En el cuadro 14. se muestran los coeficientes genéticos resultantes de la simulación del modelo. En el cuadro 39 del apéndice se muestran los coeficientes genéticos medrados para la simulación.

Cuadro 14 Coeficientes genéticos finales simulados por el modelo

Coeficiente genético †	Cultivares				
	Tuy	Apure	Orituco	I-575	I-572
CSDL	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52
PPSEN	0,294	0,294	0,294	0,294	0,294
EM-FL	31,99	36,52	30,62	34,86	44,18
FL-SH	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
FL-SD	7,287	7,132	6,926	7,098	7,177
SD-PM	14,88	14,88	14,88	14,88	17,8
FL-LF	17	17	17	17	17
LFMAX	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
SLAVR	260	260	260	260	260
SIZLF	270	270	270	270	270
XFRT	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
WTPSD	0,1518	0,1055	0,1225	0,1446	0,1566
SFDUR	7	7	7	7	7
SDPDV	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
PODUR	15,38	15,38	15,38	15,38	15,38
THRSH	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5
SDPRO	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226
SDLIP	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41

†CSDL Duración crítica del día corto bajo el desarrollo reproductivo (para plantas de día corto) (hora), PPSSEN Pendiente de la respuesta relativa del desarrollo al fotoperiodo con el tiempo (1/hora) EM-FL: Tiempo entre la emergencia de la planta y la aparición de las flores (R1) (días fototérmicos); FL-SH: Tiempo entre la primera flor y la primera vaina (R3) (días fototérmicos), FL-SD; Tiempo entre la primera flor y la primera semilla (R5) (días fototérmicos); SD-PM: Tiempo entre la primera semilla (R5) y la madurez fisiológica (R7) días fototérmicos) FL-LF: Tiempo entre la primera flor (R1) y el final de la expansión foliar (días fototérmicos); LFMAX: Máxima tasa fotosintética foliar a 30° C (mg CO₂/m²/s); SLAVR Área foliar específica del cultivar bajo condiciones normales de crecimiento (cm²/g); SIZLF: Tamaño máximo de la hoja completa (tres hojas) (cm²); XFRT: Máxima fracción del crecimiento diario que se particiona a semilla y vaina; WTPSD: Máximo peso por semilla (g); SFDUR: Duración del periodo de llenado para la vaina en condiciones normales de crecimiento (días fototérmicos); SDPDV: Promedio de semillas por vaina bajo condiciones normales de crecimiento (#/vaina); PODUR: Tiempo requerido por el cultivar para alcanzar la última carga de la vaina bajo condiciones óptimas; THRESH: relación máxima semillas/(semilla+vaina) a maduración que causa que la semilla detiene su crecimiento a medida que incrementa su peso seco hasta que se llenan las vainas; SDPRO: Fracción de proteína en las semillas (g proteína)/g semilla) y SDLIP: fracción de aceite en las semillas (g aceite/g semilla).

VALORES SIMULADOS POR EL MODELO

En el cuadro 15 se muestran los resultados de la simulación del modelo para distintas variables en conjunto con los valores observados en campo, así como también el análisis de regresión y residuos respectivamente para días a anthesis (fig. 7

y 8); días a primera vaina (fig. 9 y 10); días a primera semilla (fig. 11 y 12); días a madurez fisiológica (fig. 13 y 14); rendimiento a madurez de cosecha (fig. 15 y 16); rendimiento de frutos/ha (fig. 17 y 18); número de semillas/m² a madurez (fig. 19 y 20); peso de una semilla (fig. 21 y 22); biomasa aérea a madurez (fig. 23 y 24); índice de cosecha a madurez (fig. 25 y 26) y porcentaje de semilla/vaina a madurez (fig. 27 y 28).

Cuadro 15 Valores simulados y observados de las diferentes variables obtenidas por el modelo cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017

Variable †	Cultivares									
	Tuy		Apure		Orituco		I-575		I-572	
	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.
DE (DAS)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
DA (DAS)	43	43	49	49	42	42	47	47	57	57
DPV (DAS)	48	45	53	51	46	44	51	49	62	59
DPS (DAS)	53	57	58	60	51	58	56	61	67	75
DMF (DAS)	71	66	77	75	69	68	75	71	90	90
RMC (Kg/ha)	727	838	871	768	481	927	829	1491	1136	757
RF (Kg/ha)	1171	1111	1372	1207	777	2074	1307	1168	1737	1359
NSM2M (No)	557	838,7	877	1343	430	914,2	624	1414	719	847,1
P1S (g)	0,131	0,133	0,099	0,092	0,112	0,115	0,133	0,132	0,158	0,165
BAM (Kg/ha)	2366	2413	2626	3371	2017	3570	2562	5942	3296	8684
ICM	0,307	0,354	0,332	0,269	0,238	0,27	0,324	0,261	0,345	0,089
PSVM (%)	62,09	75,51	63,48	76,88	61,87	71,32	63,44	65,3	65,4	54,82

† Sim: Valor simulado; Obs: Valor observado ;DAS: Días después de la siembra; DE: Días a emergencia; DA: Días a antesis; DPV: Días a primera vaina; DPS: Días a primera semilla; DMF: Días a madurez fisiológica; RMC: Rendimiento a madurez de cosecha; RF: Rendimiento de frutos/ha; NSM2M: Número de semillas/m² a madurez; P1S: Peso de una semilla; BAM: Biomasa aérea a madurez; ICM: índice de cosecha a madurez y PSVM: Porcentaje de semilla/vaina a madurez.

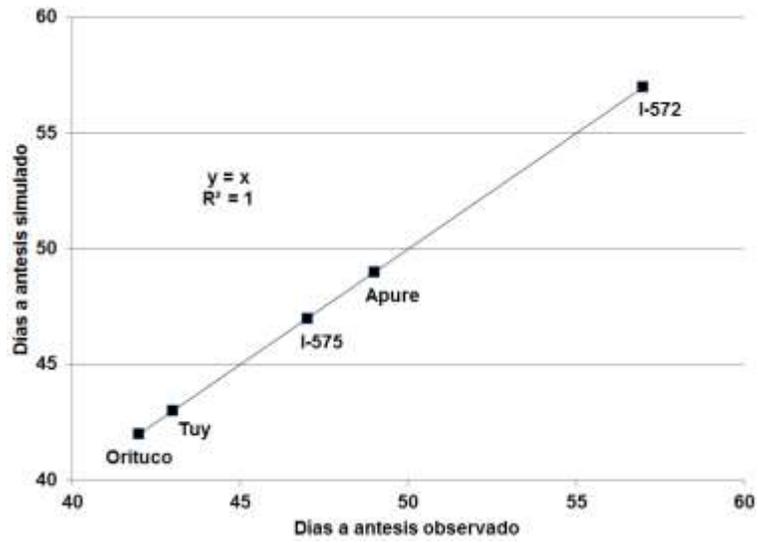


Figura 7 Análisis de regresión para los días a antesis

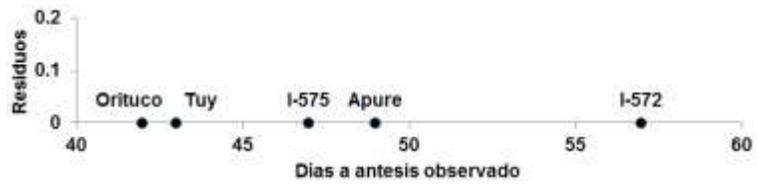


Figura 8 Residuos para los días a antesis

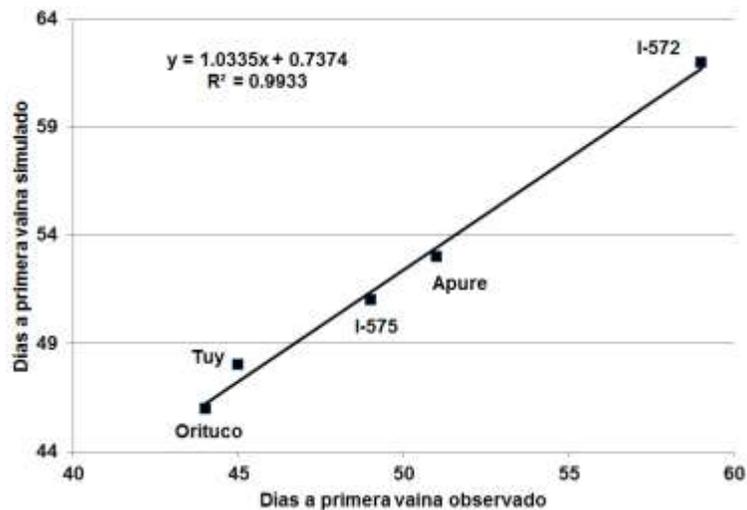


Figura 9 Análisis de regresión para días a primera vaina

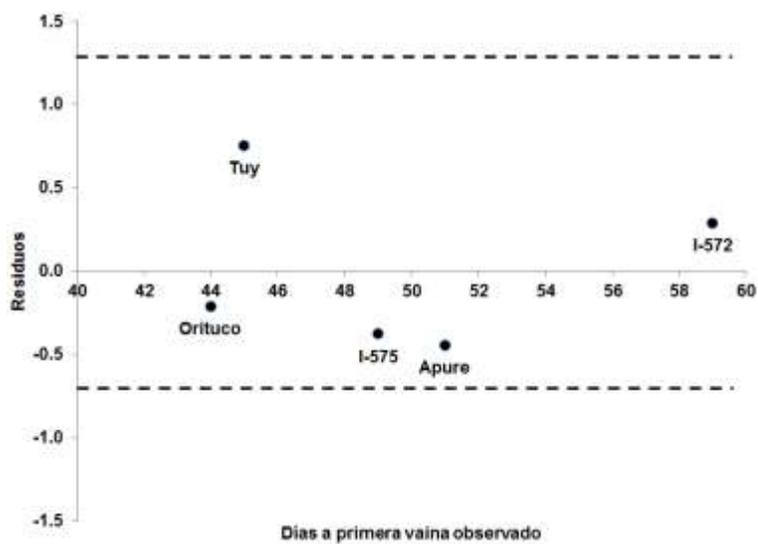


Figura 10 Residuos para días a la primera vaina

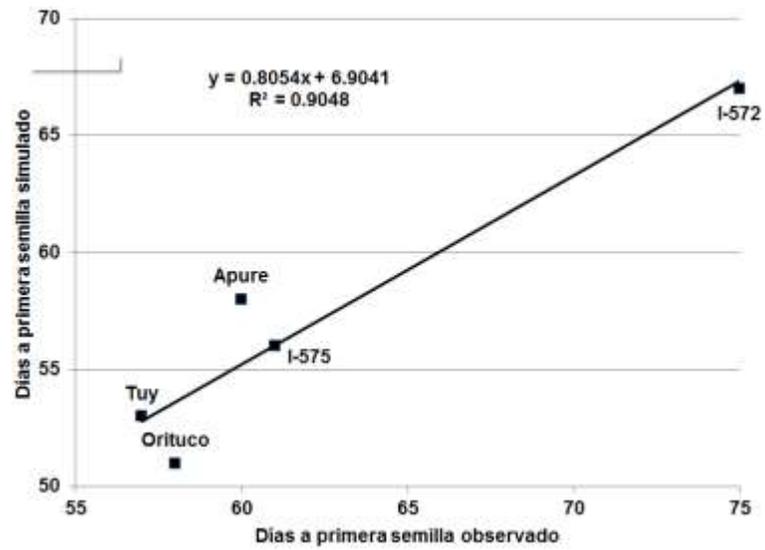


Figura 11 Análisis de regresión para días a primera semilla

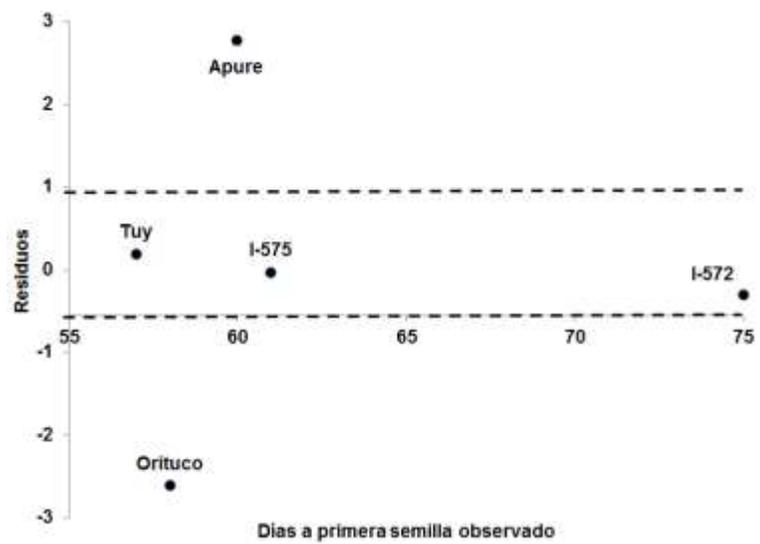


Figura 52 Residuos para días a primera semilla

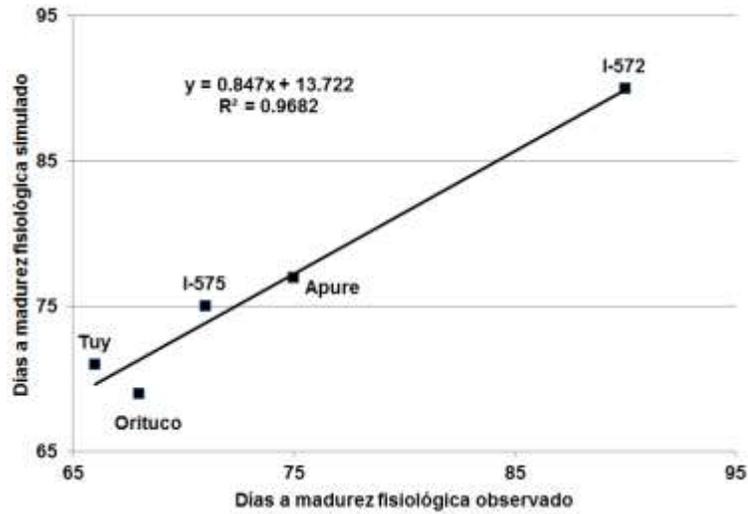


Figura 13 Análisis de regresión para días a madurez fisiológica

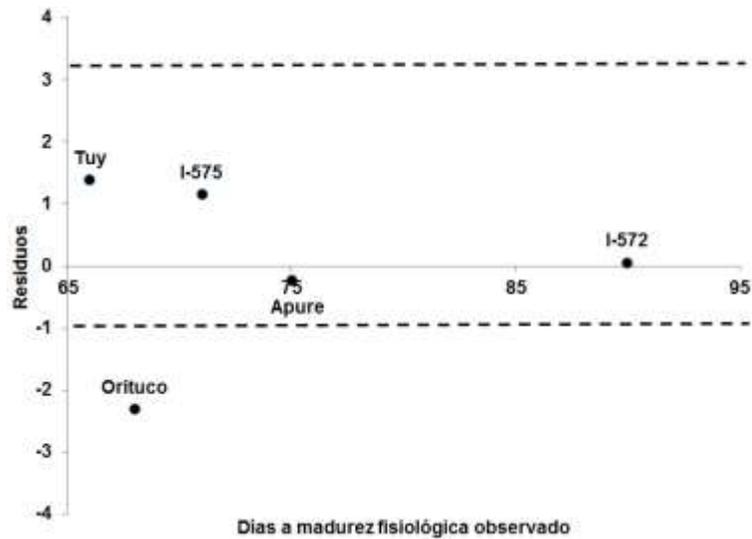


Figura 14 Residuos para días a madurez fisiológica

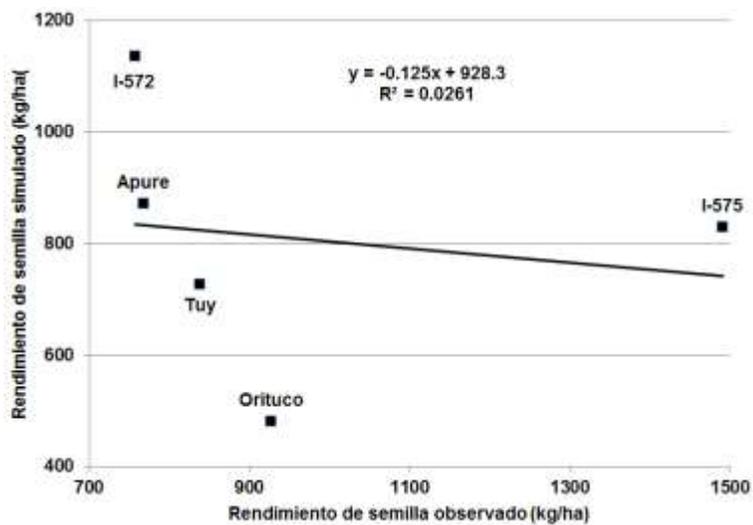


Figura 15 Análisis de regresión para rendimiento de semillas (Kg/ha)

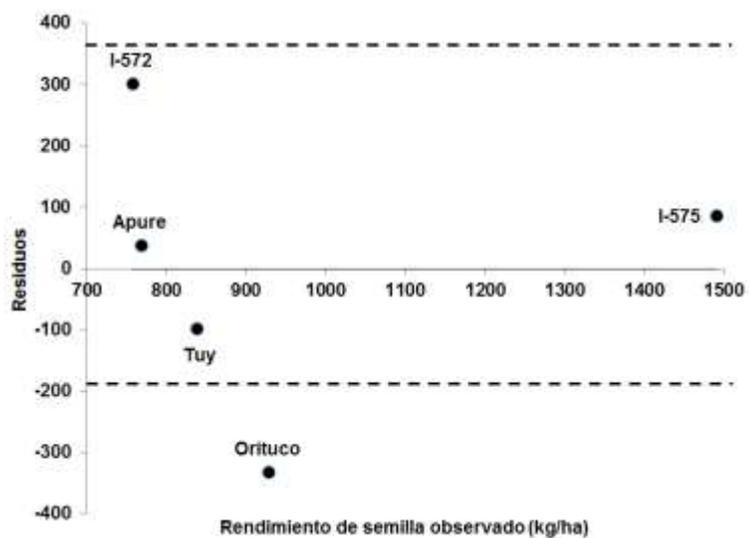


Figura 16 Residuos para rendimiento de semilla

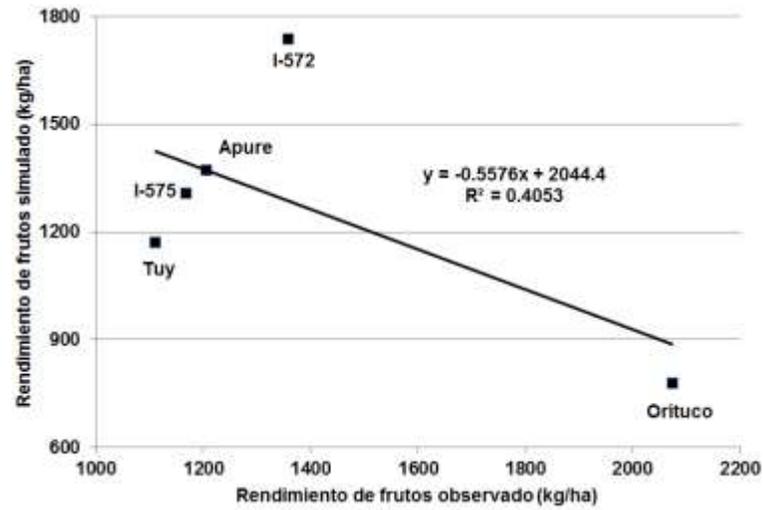


Figura 17 Análisis de regresión para rendimiento de frutos (Kg/ha)

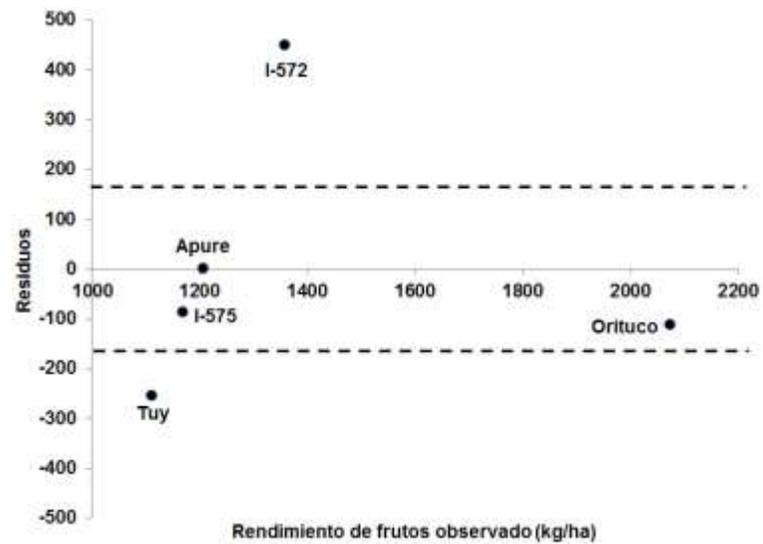


Figura 18 Residuos para el rendimiento de frutos (Kg/ha)

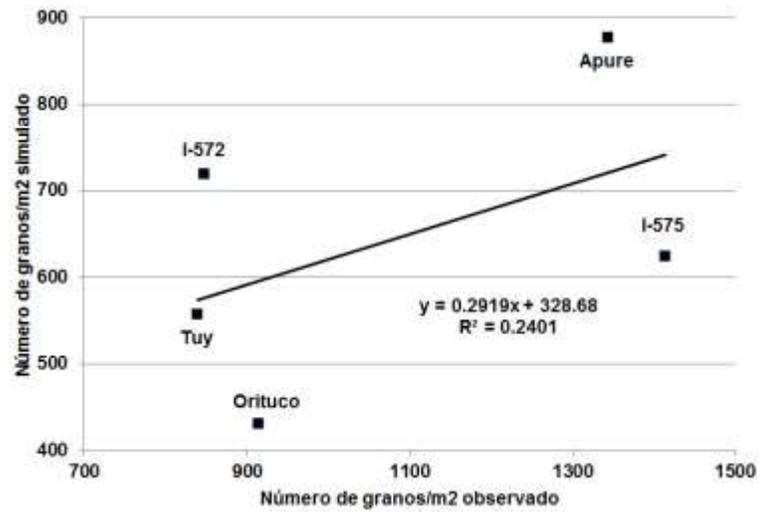


Figura 19 Análisis de regresión para el número de granos/m²

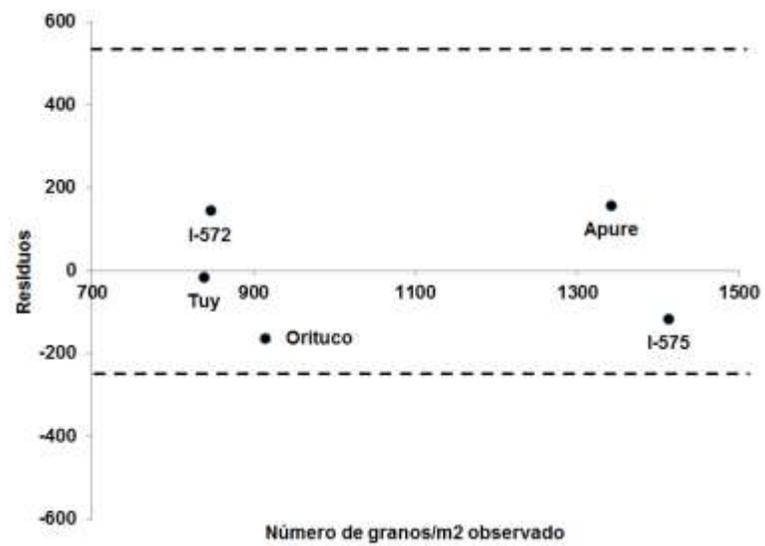


Figura 20 Residuos para el número de granos/m²

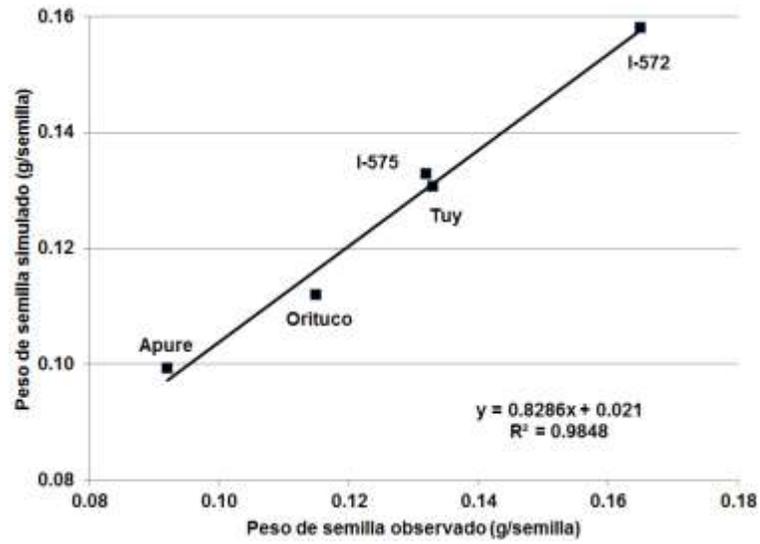


Figura 21 Análisis de regresión para el peso de semilla (g/semillas)

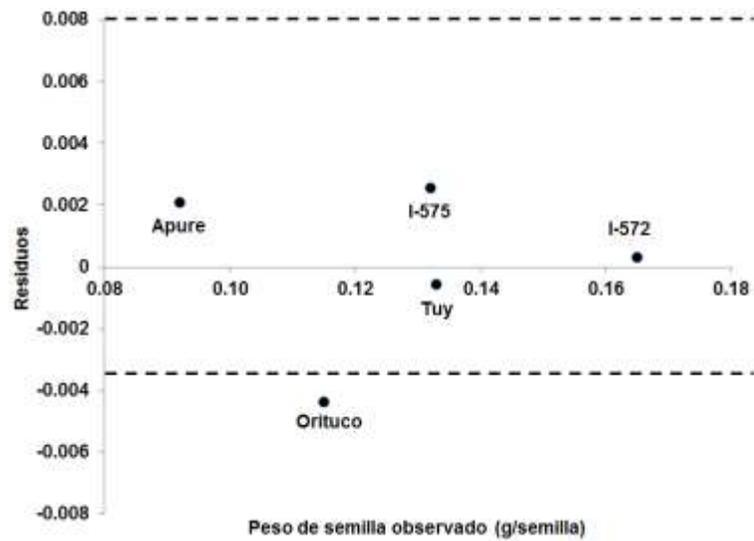


Figura 22 Residuos para el peso de semilla (g/semillas)

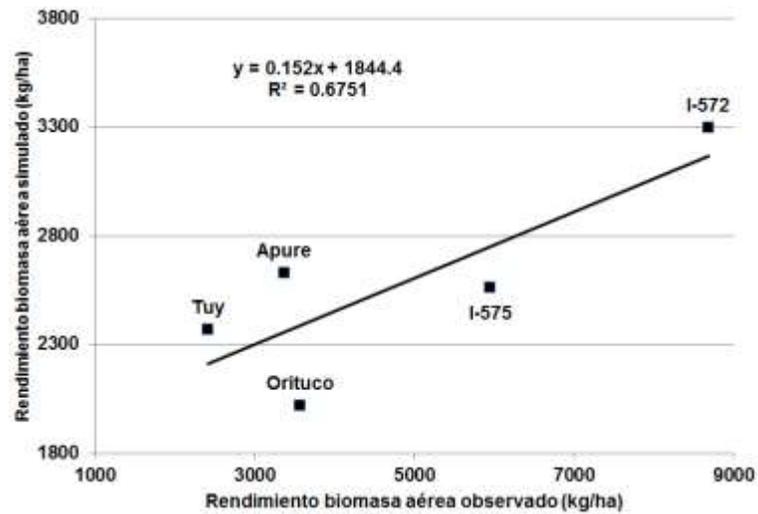


Figura 23 Análisis de regresión para biomasa aérea (Kg/ha)

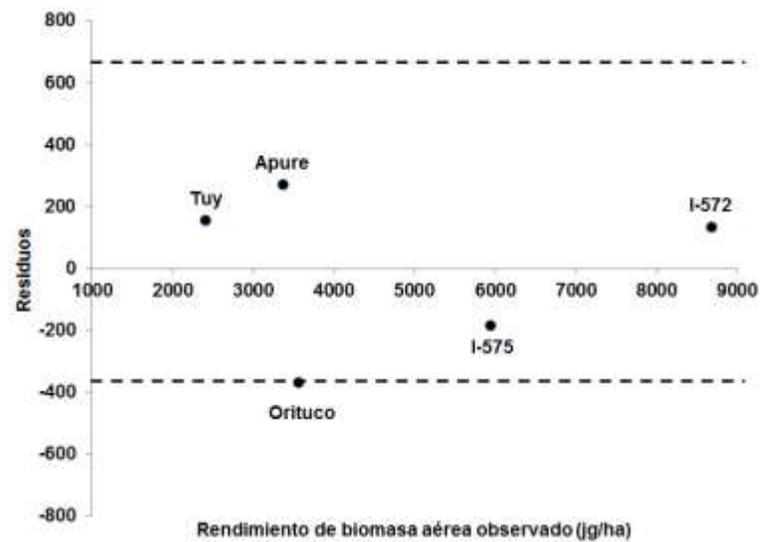


Figura 24 Residuos para el rendimiento de biomasa aérea (Kg/ha)

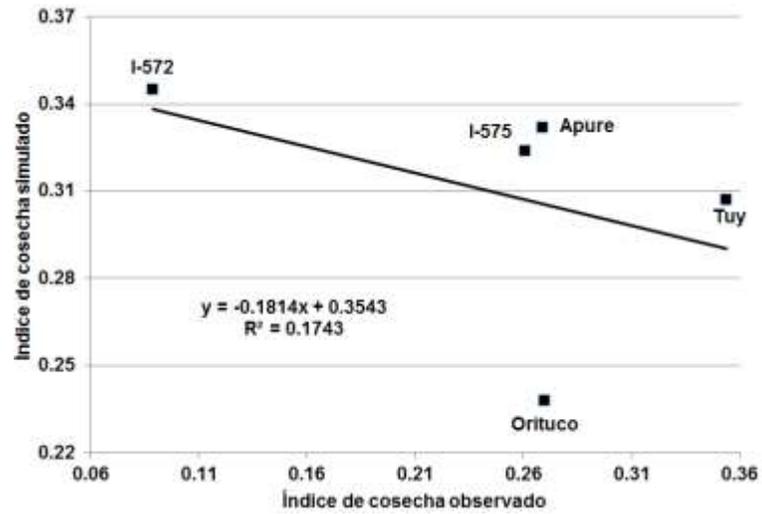


Figura 25 Análisis de regresión para el índice de cosecha

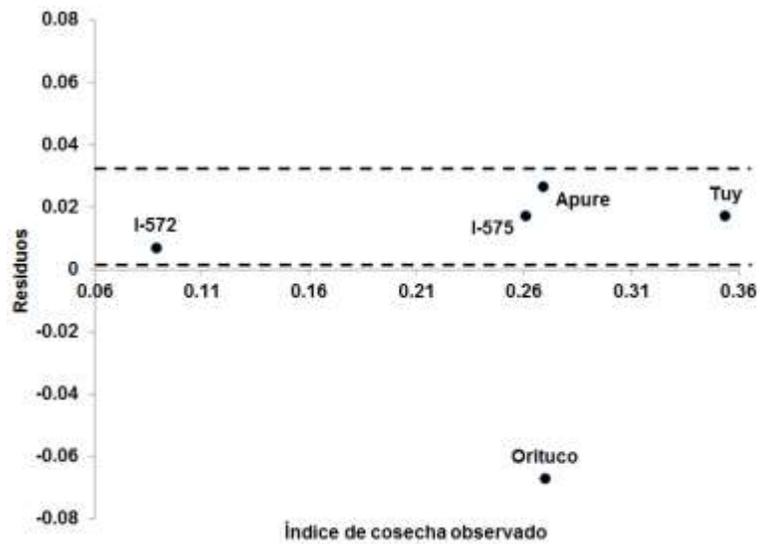


Figura 26 Residuos para el índice de cosecha

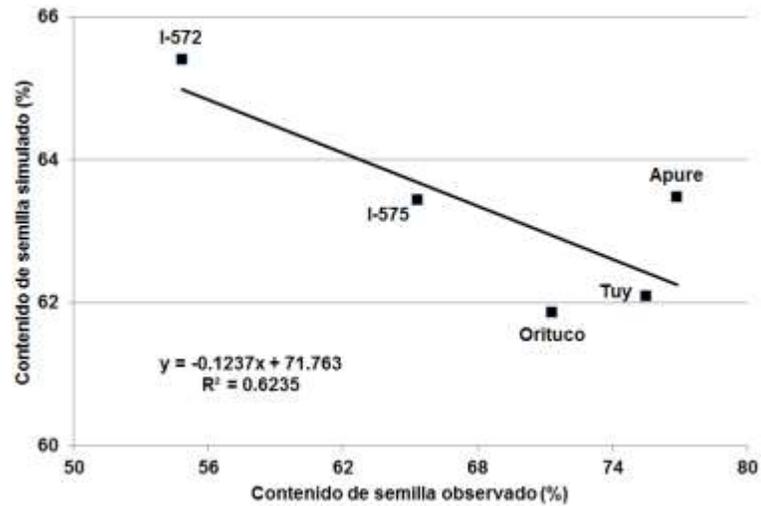


Figura 27 Análisis de regresión para el contenido de semillas (%)

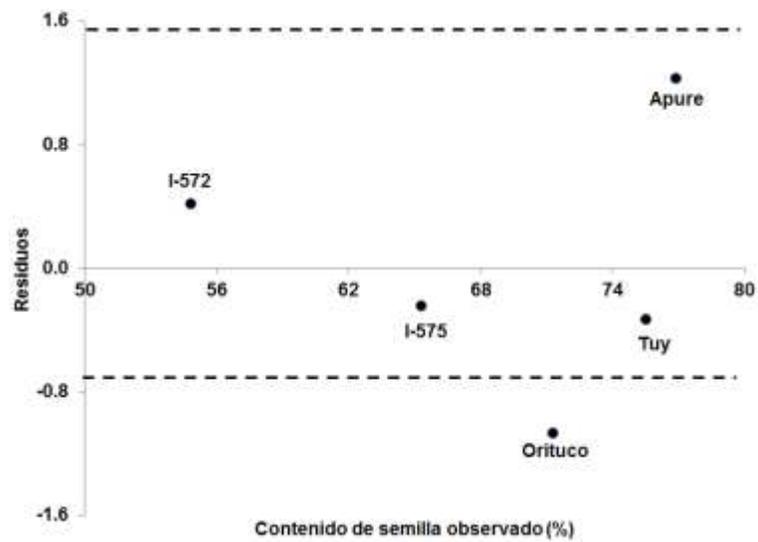


Figura 28 Residuos para el contenido de semilla (%)

DIFERENCIA Y PORCENTAJE DE ERROR EN LOS RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

La diferencia entre los valores observados y simulados en conjunto con el porcentaje de error se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16 Diferencia entre los valores simulados y observados y porcentaje de error de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017

Variable †	Cultivares									
	Tuy		Apure		Orituco		I-575		I-572	
	Dif.	PE	Dif.	PE	Dif.	PE	Dif.	PE	Dif.	PE
DE (DAS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DA (DAS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DPV (DAS)	3	6,67	2	3,92	2	4,55	2	4,08	3	5,08
DPS (DAS)	-4	-7,02	-2	-3,33	-7	-12,1	-5	-8,2	-8	-10,67
DMF (DAS)	5	7,58	2	2,67	1	1,47	4	5,63	0	0
RMC (Kg/ha)	-110,8	-13,2	103,2	13,44	-446,4	-48,1	-662	-44,4	379,1	50,09
RF (Kg/ha)	60	5,4	165	13,67	-1297	-62,5	139	11,9	378	27,81
NSM2M (No)	-281,7	-33,6	-466	-34,7	-484,2	-53	-790	-55,9	-128	-15,12
P1S (g)	-0,0024	-1,8	0,007	7,93	-0,003	-2,7	9E-04	0,68	-0,01	-4,24
BAM (Kg/ha)	-47	-1,95	-745	-22,1	-1553	-43,5	-3380	-56,9	-5388	-62,05
ICM	-0,047	-13,3	0,063	23,42	-0,032	-11,9	0,063	24,14	0,256	287,6
PSVM (%)	-13,42	-17,8	-13,4	-17,4	-9,45	-13,3	-1,86	-2,85	10,58	19,3

† Dif: Diferencia entre valores simulados y observados; PE: Porcentaje de error; DAS: Días después de la siembra; DE: Días a emergencia; DA: Días a anthesis; DPV: Días a primera vaina; DPS: Días a primera semilla; DMF: Días a madurez fisiológica; RMC: Rendimiento a madurez de cosecha; RF: Rendimiento de frutos/ha; NSM2M: Número de semillas/m² a madurez; P1S: Peso de una semilla; BAM: Biomasa aérea a madurez; ICM: índice de cosecha a madurez y PSVM: Porcentaje de semilla/vaina a madurez.

PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTANDAR ENTRE VALORES OBSERVADOS Y SIMULADOS

El promedio y la desviación estándar para los valores observados, simulados y su diferencia se muestran en el cuadro 17.

Cuadro 17 Promedio y desviación estándar para los valores simulados, observados y sus diferencias de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT en cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017

Variable †	Simulado		Observado		Diferencia	
	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
DE (DAS)	5	0	5	0	0	0
DA (DAS)	47,6	5,98	47,6	5,98	0	0
DPV (DAS)	52	6,2	49,6	5,98	2,4	0,55
DPS (DAS)	57	6,2	62,2	7,33	-5,2	2,39
DMF (DAS)	76,4	8,23	74	9,57	2,4	2,07
RMC (Kg/ha)	808,8	237,42	956,18	306,62	-147,38	417
RF (Kg/ha)	1272,8	347,37	1383,8	396,62	-111	673,36
NSM2M (No)	641,4	168,56	1071,4	282,98	-430	248,48
P1S (g)	0,13	0,02	0,13	0,03	0	0,01
BAM (Kg/ha)	2573,4	468,41	4796	2531,91	-2222,6	2163,58
ICM	0,31	0,04	0,25	0,1	0,06	0,12
PSVM (%)	63,26	1,41	68,77	9	-5,51	10,16

† DE: Desviación estándar; DAS: Días después de la siembra; DE: Días a emergencia; DA: Días a antesis; DPV: Días a primera vaina; DPS: Días a primera semilla; DMF: Días a madurez fisiológica; RMC: Rendimiento a madurez de cosecha; RF: Rendimiento de frutos/ha; NSM2M: Número de semillas/m² a madurez; P1S: Peso de una semilla; BAM: Biomasa aérea a madurez; ICM: índice de cosecha a madurez y PSVM: Porcentaje de semilla/vaina a madurez.

ESTADÍSTICOS DE VALIDACIÓN

En el cuadro 18 se muestran las distintas herramientas estadísticas utilizadas para validar el modelo en los diferentes parámetros simulados.

Cuadro 18 Estadísticos de validación de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017

Variable ‡	Estadísticos de validación †					
	IAd	MAE	MBE	RMSE	nTMSE_PE	R2
DE (DAS)	1	0	0	0	0	---
DA (DAS)	1	0	0	0	0	1
DPV (DAS)	0,94	2,4	2,4	2,4	4,94	0,9933
DPS (DAS)	0,74	5,2	-5,2	5,6	9,04	0,9048
DMF (DAS)	0,96	2,4	2,4	3	4,1	0,9682
RMC (Kg/ha)	-1,24	188,7	-147,4	401	41,94	0,0261
RF (Kg/ha)	-1,18	407,8	-111	612,4	44,26	0,4053
NSM2M (No)	-1,25	430	-430	484	45,18	0,2401
P1S (g)	0,83	0	0	0	3,82	0,9848
BAM (Kg/ha)	-0,33	2222,6	-2222,6	2947	61,45	0,6751
ICM	3,74	0,1	0,1	0,1	49,82	0,1743
PSVM (%)	-1,19	9	-5,5	10,6	15,45	0,6235

† IAd: Índice de ajuste d; MAE: Error absoluto de la media; MBE: Error bias; RMSE Error cuadrático medio; nRMSE: RMSE normalizado y R²: Coeficiente de determinación; ‡ DAS: Días después de la siembra; DE: Días a emergencia; DA: Días a antesis; DPV: Días a primera vaina; DPS: Días a primera semilla; DMF: Días a madurez fisiológica; RMC: Rendimiento a madurez de cosecha; RF: Rendimiento de frutos/ha; NSM2M: Número de semillas/m² a madurez; P1S: Peso de una semilla; BAM: Biomasa aérea a madurez; ICM: índice de cosecha a madurez y PSVM: Porcentaje de semilla/vaina a madurez

VALORES SIMULADOS AJUSTADOS A LA VALIDACIÓN

En el cuadro 19 se muestran los resultados de la simulación sin aquellos valores de los cultivares que no ajustaron al menos de manera aceptable el modelo de simulación.

Cuadro 19 Valores simulados y observados de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT en cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017

Cultivares

Variable †	Tuy		Apure		Orituco		I-575		I-572	
	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.	Sim.	Obs.
RMC (Kg/ha)	727	837,8	871	767,8	---	---	---	---	1136	756,9
RF (Kg/ha)	1171	1111	1372	1207	---	---	1307	1168	1737	1359
NSM2M (No)	557	838,7	877	1343	---	---	---	---	719	847,1
BAM (Kg/ha)	2366	2413	2626	3371	2017	3570	---	---	---	---
ICM	0,307	0,354	0,332	0,269	0,238	0,27	0,324	0,261	---	---

† RMC: Rendimiento a madurez de cosecha; RF: Rendimiento de frutos/ha; NSM2M: Número de semillas/m² a madurez; BAM: Biomasa aérea a madurez e ICM: índice de cosecha a madurez

ESTADÍSTICOS DE VALIDACIÓN AJUSTADOS

En el cuadro 20 se muestran los estadísticos de validación para aquellos valores de los cultivares que ajustaron al menos de manera aceptable el modelo de simulación.

Cuadro 20 Estadísticos de validación de las diferentes variables obtenidas por el modelo DSSAT cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017

Variable ‡	Estadísticos de validación †				
	IAd	MAE	MBE	RMSE	nRMSE_PE

RMC (Kg/ha) (2)	0,872	197,7	123,83	235,7	29,93
RF (Kg/ha) (1)	0,894	185,5	185,5	219,7	18,14
NSM2M (No) (2)	0,87	291,9	-291,9	323	31,99
BAM (Kg/ha) (2)	0,927	781,7	-781,7	994,8	31,91
ICM (1)	0,964	0,05	0,01	0,05	18,32

† IAd: Índice de ajuste d; MAE: Error absoluto de la media; MBE: Error bias; RMSE Error cuadrático medio; nRMSE: RMSE normalizado y R²: Coeficiente de determinación;

‡ RMC: Rendimiento a madurez de cosecha; RF: Rendimiento de frutos/ha; NSM2M: Número de semillas/m² a madurez; BAM: Biomasa aérea a madurez e ICM: índice de cosecha a madurez.

DISCUSIÓN

La altura de la planta ha sido registrada en diversos ensayos, Flores *et al.*, (2005) la evaluaron en distintas etapas de desarrollo, entre ellas en el periodo vegetativo cuando las plantas presentaban cinco nudos en el tallo principal, utilizaron distintas genotipos del genero *Vigna*, entre ellos la variedad de frijol Tuy, la cual esta reportado que inicia la floración a los 35 días (Berrios y Ortega 1989), por lo que se presume que dichas mediciones fueron realizadas en un periodo inferior a los 35 días después de la siembra. Obtuvieron en dos localidades una altura para esta variedad de 18,3 cm y 19,11 cm, alturas superiores a las registradas en todos los cultivares del ensayo a los 30 días, incluyendo a la de la variedad Tuy que fue de 13,38 cm, esto posiblemente se deba a que los resultados de Flores *et al.*, (2005) para este carácter fueron obtenidos en un periodo mayor a 30 días, con aplicación de riego y una densidad de siembra mayor, lo que pudo generar competencia por luz solar entre las plantas traduciéndose en una mayor elongación en la primera etapa del cultivo.

Los caracteres relacionados con la raíz en frijol son de gran interés en la investigación agrícola, puesto que se ha observado que los mecanismos de tolerancia a sequía en frijol están fuertemente relacionados con el sistema radical, donde parámetros como densidad de raíces, profundidad de enraizamiento y materia seca radical por unidad de área, pueden ser utilizados como criterios de tolerancia a sequía (Matsuiet *al.*, 2003). También pueden resultar de utilidad, para estudios de biorremedación, nodulación y evaluación del comportamiento del cultivo a la aplicación de micorrizas.

Caldera *et al.*, 2013 a los 60 días utilizando distintas cepas de micorrizas obtuvieron una longitud de la raíz con un rango de variación entre 9,63cm a 22,61 cm, encontrando que la longitud de 20,74cm reportada en este ensayo se encuentra

dentro de este rango, muy cercana a la mayor longitud, ya que la medición de este carácter se realizó también a los 60 días después de la siembra y al no encontrar diferencia significativa entre medias se infiere que las raíces en todos los cultivares manifestaron un buen desarrollo en la zona de estudio. La longitud de la raíz también fue superior a los 16,74 cm registrados por Méndez *et al.*, (2007) sin embargo es importante señalar que en dicho ensayo la longitud fue evaluada a los 36 días y las plantas se encontraban bajo el efecto de un fluido de perforación lo que pudo afectar los caracteres vegetativos de frijol.

El volumen radical también registrado a los 60 días después de la siembra fue de 2,8 cm³ en promedio general y 5,17 cm³ para el mayor promedio, fue inferior al expuesto por Méndez *et al.*, (2007) quienes obtuvieron un volumen promedio de 13,56cm³ sin encontrar diferencias significativas, siendo este valor muy superior al del ensayo a pesar de que también utilizaron un suelo de sabana, su experimento fue conducido en condiciones de invernadero, donde a pesar de los tratamientos utilizados se les brinda a las plantas condiciones menos exigentes a las de campo.

En 20 cultivares de frijol Magashi *et al.*, (2014) encontraron diferencias significativas en distintos caracteres radicales, para la longitud de la raíz registraron un rango de variación de 12 cm a 17,83 cm, valores por debajo de la media obtenida en este ensayo, para el diámetro de la raíz valores de 1,50 mm a 4,50 mm siendo estos inferiores a los 7,60 mm del ensayo, posiblemente debido a que no se da a conocer el sitio donde fue realizada esta evaluación, mientras que en el ensayo la determinación de este carácter se realizó entre 1,5 y 2 cm por debajo del cuello de la planta, en cuanto al número de raicillas obtuvieron un rango de 14,40 a 41,31 raicillas ubicándose entre este rango las 16,12 raicillas del ensayo siendo superadas en gran cantidad por el límite superior, posiblemente debido a las condiciones en las que se llevó a cabo el ensayo, principalmente por este realizarse en Nigeria, centro de origen de la especie, a que realizaron las observaciones a cosecha mientras que en esta

investigación el registro fue a los 60 días, y al mayor espaciamiento entre hileras y entre plantas, los cuales fueron de 0,75m y 0,20 m respectivamente.

Algunos caracteres vegetativos al momento de la cosecha permiten comparar y seleccionar un cultivar entre la inmensa variabilidad que rodea la especie de este cultivo, razón por la cual es importante caracterizarlos, principalmente aspectos que aportan información que va desde la mecanización hasta el valor nutritivo.

En el periodo de formación de semillas la longitud del eje central fue registrada por Flores *et al.*, (2005) los cuales en dos localidades obtuvieron promedios de 104,6 cm y 69,33 cm, ambos muy superiores a la resultante en el ensayo al momento de la cosecha para la variedad Tuy, la cual fue de 27,64 cm, esto debido principalmente a la aplicación de riego en contraposición a las condiciones de secano a las que fue sometido el ensayo. León *et al.*, (2013), utilizando la misma distancia de siembra (0,6 m x 0,1 m) y también con aplicación de riego, reportaron para la variedad Tuy una altura de 37,23 cm, siendo esta más cercana a la longitud obtenida en este ensayo

Moya (1989), encontró diferencia significativa para la longitud del eje central entre 14 líneas de frijol desarrolladas a partir de la variedad Apure con un rango de variación de 63,5 cm a 133,4 cm dejando fuera de ese rango a los 19,08 cm mostrados en el ensayo, posiblemente debido a que a pesar de utilizar la misma distancia entre hileras, entre plantas dejó una separación de 20 cm lo que pudo a largo plazo traducirse en un mejor aprovechamiento de nutrimentos por área. Pacheco (1985) en 36 líneas provenientes de la variedad Apure encontró un rango de variación altura de 13,9 cm a 51,2 cm, encontrándose el valor arrojado en este ensayo entre ese rango, lo que proporciona información que indica que la selección de la semilla puede influir en distintos caracteres de la planta entre ellos la altura.

Diversos ensayos realizados en la Universidad de Oriente, en Jusepín, en condiciones de sabana aportan información sobre la longitud de las guías para la variedad Apure, se han reportado distintos rangos que pueden oscilar entre 55,6 cm a 112,3 cm (Moya 1989) y 46 cm a 124,6cm Pacheco (1985), resultando estos rangos superiores a los que mostro dicha variedad en el ensayo que fue de 13,69 cm siendo de todos los cultivares a pesar de ser estáticamente igual a los otras variedades comerciales, la que presentó la menor longitud de guías, también es importante señalar que la mayor longitud la presentaron las líneas experimentales I-572 e I-575 con 35,23 cm y 28,73 cm respectivamente quedando también fuera de los rangos expuestos anteriormente, esto posiblemente debido a las condiciones ambientales a las que fue sometido el ensayo, relacionando este parámetro con la baja longitud del eje central.

Con respecto al número de guías para la variedad Apure, Moya (1989) reporta un rango de variación de $3,9\pm 0,3$ guías y Pacheco (1985) un rango de variación de 3,7 a 5,7 guías, siendo inferiores a las 6,95 guías reportadas en este ensayo, lo que puede atribuirse a la metodología utilizada, ya que se midieron tanto las guías vegetativas como aquellas que contenían los frutos en unión con en el eje central, sin embargo, hay que destacar que esta variedad mostro el mayor número de guías con respecto a la otros cultivares bajo estudio, aunque en otros cultivares se han registrado mayor número de guías como Ron, (1984) con 6,18 guías.

La biomasa de un diverso grupo de plantas juega un papel importante en estudios sobre la alimentación animal, destacando de este grupo las leguminosas, donde el frijol debido a su inmensa variabilidad ha sido estudiado frecuentemente. En este ensayo se identificó al cultivar I-572 como superior en el contenido de biomasa aérea fresca de la planta con 62,83 g y el menor Tuy con 16,51 g mostrando una gran diferencia, esto debido principalmente a la mayor acumulación de biomasa durante el ciclo del cultivo, aunque también es importante mencionar que este carácter fue

medido a cosecha donde influyen otras características varietales como es el caso de la antes mencionada variedad Tuy, la cual perdió las hojas; y el tallo en su mayoría se mostraba “seco”. El rendimiento en biomasa aérea/planta de la variedad Apure fue de 28,90 g con una altura, longitud y número de guías estadísticamente igual a la variedad Tuy, sin embargo, esta variedad conservó parte de las hojas y el tallo se mostraba “verde” en su mayoría, aunque este valor puede ser considerado bajo ya que en investigaciones anteriores se ha encontrado para esta variedad un rendimiento en biomasa de $56,7 \pm 5,1$ g (Moya, 1989) y de 91,6g a 109g (Pacheco 1985) por planta.

Los componentes del rendimiento, permiten identificar características deseables de diversos cultivos, siendo de gran utilidad y particularmente interesante en el caso del frijol, no solo para identificar las variedades con el mayor rendimiento en una localidad sino también para programas de mejoramiento, los cuales según Aquino (1989) han jugado un papel importante en la universidad de oriente durante muchos años, donde se han logrado selecciones de líneas promisorias de frijol, por su alto rendimiento y características agronómicas deseables.

El número de frutos que se manifestó en la variedad Tuy fue de 5,90 muy cerca del reportado por Flores *et al.*, (2005) de 6,13 a pesar de sus condiciones de riego, aunque también inferior a los 9,17 reportados por los mismos autores en otra localidad. La variedad Apure a pesar de ser uno de los cultivares con mayor número de frutos del ensayo con 9,51 mostro resultados inferiores a los a los 13,5 a 23,3 frutos (Moya 1989) y 18,3 a 35,7 frutos (Meneses 1987) reportados anteriormente para la zona de Jusepín. En ambos casos puede observarse como estos datos dejan evidencia científica de que este factor se ve influenciado en gran parte por las condiciones ambientales así como el manejo.

El número de semillas en cada fruto que se manifestó en la variedad Apure (12,97 semillas) en conjunto con las otras dos líneas experimentales bajo estudio

resultado estadísticamente superior a las otras variedades comerciales, siendo incluso superior a los reportados por Moya (1989) en 14 líneas de frijol provenientes de la variedad Apure $12,3 \pm 0,4$ y próximo al rango superior suministrado por Pacheco (1985) en 36 líneas provenientes de la variedad Apure de 10,9 a 14,05 semillas, destacando que al momento de su liberación (Ortega 1980) se afirma que esta presenta de 12 a 16 semillas, por lo que se puede inferir, que en cuanto a las condiciones ambientales esta variedad no se ve afectada en gran proporción para este carácter. La variedad Tuy por otro lado mostró resultados con el menor número de semillas con 9,66 semillas por debajo de las 14 por fruto señaladas en el momento de su liberación (Berrios y Ortega 1989), sin embargo, cercano a los de otros ensayos como los de León *et al.*, (2013) con 10,63 semillas; y Flores *et al.*, (2005) con 8,23 y 10,13 semillas en distintas localidades, encontrándose también muy poca variabilidad.

El peso de los frutos por planta se comportó de manera similar, sin encontrar diferencias significativas entre cultivares, situación similar a la del ensayo de León (1985) trabajando con progenies provenientes de la selección individual de la variedad comercial Unare quien tampoco encontró diferencia significativa 44,72g.

En cuanto al peso de semillas por planta no se encontró diferencias significativas con 7,30 g en promedio general, sin embargo, en otras investigaciones que incluyen a la variedad Apure se encontró un rango de variación de 21,12 ga 29,8g (Pacheco 1985) y Moya (1989) quien observo ausencia de diferencia significativa para esta variedad, reportando un promedio de $12,1 \pm 1,2$ g. En otros ensayos realizados en condiciones de sabana con otros cultivares también se ha reportado ausencia de diferencia significativa con promedios de $14,3 \pm 1,5$ g (López 1989), 29 g (Sifontes 1989), 21,8 g (Salazar 1987) y $25,2 \pm 1,29$ g (Hernández 1988).

El análisis de varianza para el peso de 100 semillas encontró diferencia significativas entre cultivares, donde aquellos de tipo “bayo” presentaron los mayores promedios para este carácter, seguidos el cultivar Orituco de “tipo blanco” finalizando con Apure por este ser de grano tipo “perlita”. En este ensayo la variedad Tuy reporto un valor de 13,31 g inferior al registrado al momento de su liberación de 17g (Ortega, 1992) y en otros ensayos con 15,52 g (Flores et al., 2005) y 15,02 g (León et al., 2013); la variedad Orituco manifestó 11,53g valor cercano al reportado en el momento de su liberación 13,5 a 14 g (Ortega et al., 1992) y la variedad Apure 9,23 g siendo este superior a los reportados en otros ensayos que reportan de 7,4 a 8,7 g (Moya 1989); 5,9g a 9,1 g (Pacheco 1985), sin embargo, este fue un poco inferior al reportado por Ortega (1980) de 10 g. El peso reducido en todas las variedades comerciales posiblemente se deba a la precipitación, la cual resulto ser abundante luego del inicio de la floración, además de que esta escaseo en la primera etapa del cultivo. También se debe considerar que se registró la presencia de algunos insectos chupadores lo que pudo influir en el tamaño de los granos, situación favorecida por la baja aplicación de insecticidas, la cual solo se realizó en dos ocasiones en todo el ciclo del cultivo.

El porcentaje de semillas con respecto a frutos exhibió un promedio general de 68,76 %, siendo este similar al expuesto por Moya (1989) para distintas líneas de la variedad Apure con $69 \pm 1,8\%$, superior al promedio para esta misma variedad en el ensayo (65,30%) quien mostro uno de los porcentajes de semillas más bajos, seguidos por la línea I-572 con 54,8%, esto posiblemente debido a la des uniformidad en la madurez de cosecha para este último cultivar, ya que cuando las plantas en su mayoría habían alcanzado la madurez fisiológica algunas en proporciones mucho mayor a las de los otros cultivares aún se encontraban en otra etapa fenológica ocasionando que en la cosecha se recolectaran muchos frutos inmaduros con un menor peso de semillas en relación a los frutos. Las variedades Orituco y Tuy presentaron el mayor porcentaje de semillas debido a sus características varietales,

siendo similares a las del cultivar I-575 para este carácter, además de presentar uniformidad en la madurez de cosecha.

El número de plantas puede afectar el rendimiento por unidad de área de cualquier cultivo, debido a que esta puede modificar la cantidad óptima de plantas en un espacio determinado para obtener los mayores rendimientos, en este ensayo se encontró diferencia significativa en el número de plantas, siendo en la variedad Apure donde se encontraron los menores valores, principalmente esto se debe a un bajo porcentaje de germinación, aunque también en el ensayo se eliminaron plantas con posibles síntomas de virus lo que disminuye el número de plantas afectando a todos los tratamientos, razón por la cual a la variable rendimiento se le aplicó un análisis de covarianza.

El rendimiento de frutos en Kg/ha (1384,2) fue similar al expuesto por Moya (1989) en diferentes líneas de la variedad Apure con 1362 ± 60 kg de frutos también en ausencia de diferencia significativa en condiciones de sabana, sin embargo, en este la siembra fue realizada en el mes de julio, Pacheco (1985) en distintas líneas de esta variedad reportó valores con un rango de variación entre 1326 a 3285 Kg/ha, encontrándose los resultados de este ensayo dentro de ese rango. Distintos autores, en cultivares distintos al ensayo también han señalado ausencia de diferencia significativa para este carácter como Hernández (1988) para distintas líneas de Tejero criollo, Sifontes (1989) con nueve cultivares de frijol, López (1987) en tres líneas de frijol y Martínez (1989) en 16 líneas de frijol Mantuano pequeño.

El rendimiento de semillas en Kg/ha se manifestó de manera similar en los cultivares bajo estudio, con un promedio de 956,22 Kg/ha, valor que se encuentra por debajo de los reportados en las variedades comerciales utilizadas al momento de su liberación, Tuy con 1282 Kg/ha (Berrios y Ortega 1989), Apure con 1410 Kg/ha (Ortega 1980) y Orituco con 1382 Kg/ha (Ortega, *et al.*, 1992), esto quizá se deba a

que luego del inicio de la floración la precipitación resulto ser abundante, acumulando los siguientes 20 días después de la floración del cultivar más precoz 113,5mm, situación similar a la expuesta por Moya (1989) en la evaluación agronómica de 14 líneas de frijol desarrolladas a partir de la variedad Apure, donde presume que sus bajos rendimientos ($940 \pm 104,3$ Kg/ha en promedio) pueden deberse en gran parte a la precipitación ya que en el periodo de llenado de granos 15 días después de la floración, esta fue de 97,6 mm; Meneses (1987), utilizando líneas de frijol “Mantuano pequeño” también señala que sus bajos rendimientos posiblemente se deban a la baja precipitación 10 días después de floración y durante el ciclo del cultivo, la cual fue de 159,2mm, demostrándose así el efecto importante que puede ejercer la precipitación sobre este cultivo.

Núñez *et al.*, (2014) evaluando 16 cultivares de frijol utilizando como testigo la variedad Tuy en Calabozo, Guárico, reportaron bajos rendimientos para esta última, 798,33 Kg/ha, de igual manera Flores *et al.*, (2005) evaluando distintos genotipos del genero *Vigna* en dos localidades del territorio nacional obtuvieron en Maracay sembrando el 16 de noviembre de 2001 un rendimiento de 1127,4 Kg/ha valor un poco inferior al reportado por Berrios y Ortega (1989) al momento de su liberación, sin embargo en la localidad del Samán, estado Carabobo, sembrando el 1 de noviembre obtuvieron 2063 Kg/ha valor muy por encima del reportado, indicando que las condiciones ambientales locales pudieron ejercer su efecto marcando una reducción en los rendimientos. Sin embargo, los altos rendimientos obtenidos por Flores *et al.*, (2005), pueden atribuirse a la aplicación de riegos en ambas localidades, por surcos en Maracay y por aspersión en el Samán.

Utilizando 36 líneas provenientes del frijol variedad Apure, Pacheco (1985), identifiqué nuevas líneas de esta variedad con buenos rendimientos, obteniendo un rango de variación de 1828 a 619 Kg/ha de semillas, por lo que puede presumirse que la procedencia de la semilla también pudo afectar los rendimientos.

El análisis de covarianza aplicado a los rendimientos señaló ausencia de diferencia significativa, situación similar a la de Moya (1989) en la evaluación de 14 líneas de frijol desarrolladas a partir de la variedad apure; Meneses (1987) en la evaluación agronómica de líneas avanzadas de selecciones individuales de frijol tipo mantuano; Martínez (1989) en la evaluación agronómica de 16 líneas de frijol “mantuano pequeño”; López (1989) en la evaluación agronómica de tres líneas de frijol con combinaciones de calcio, magnesio y potasio; Sifontes (1989) evaluación agronómica de nueve cultivares de frijol y su respuesta a tres dosis de cal; Salazar (1987) en la evaluación agronómica de líneas de frijol “tejero criollo” (grupo I), probadas en condiciones ecológicas de sabana y Hernández (1988) en la evaluación agronómica de líneas avanzadas de frijol tejero criollo (grupo I), en Jusepín en condiciones de sabana similares a las del ensayo encontraron ausencia de diferencia significativa en los rendimientos.

La simulación del modelo DSSAT (versión 4,6) fue de acuerdo con el nRMSE considerada excelente para aquellos caracteres relacionados con la fenología del cultivo, es decir, para días a emergencia (DE); días a antesis (DA); días a primera vaina (DPV); días a primera semilla (DPS) y días a madurez fisiológica (DMS), con valores de 0; 0; 4,94; 9,04 y 4,1 respectivamente, encontrándose estos valores por debajo del 10% requerido para dicha clasificación, además de presentar altos coeficientes de determinación de 1; 1; 0,9933; 0,9048 y 0,9682 respectivamente. El valor de d-estadístico para días a emergencia y días a antesis fue de 1, mientras que para días a primera vaina, días a primera semilla y días a madurez fisiológica fue de 0,94; 0,74 y 0,96 respectivamente, encontrándose estos cercanos a 1, siendo de esta manera promisorios para la validación. Estas variables fueron simuladas de manera eficiente por el modelo, esto quizás pudo haber sido influenciado por el hecho de que la calibración fue realizada en el mismo sitio de la validación, lo que puede ser indicador de que para la zona de Maturín y en condiciones de sabana es viable la utilización del modelo para estos caracteres en los cinco cultivares utilizados.

El peso de una semilla (P1S) con un valor de nRMSE de 3,82 fue simulado por el modelo de manera excelente, con un coeficiente de determinación 0,9848 y un valor de d-estadístico de 0,83 cercano al valor ideal, lo que indica el adecuado uso del modelo en la predicción de este parámetro en los cinco cultivares.

Los resultados de la simulación para el porcentaje de semilla en relación frutos(PSVM) de acuerdo con el nRMSE fue considerado “bueno” ya que este fue de 14,45; encontrándose entre el 10 y 20%, con un coeficiente de determinación de 0,63 y un valor de d-estadístico de -1,19, indicando que los resultados del modelo son adecuados para este carácter al realizar la comparación con los datos observados en campo.

El rendimiento a madurez de cosecha (RMC); rendimiento de frutos/ha (RF), número de semillas/m² a madurez (NSM2M); la biomasa aérea a madurez (BAM) y el índice de cosecha a madurez (ICM) con porcentajes de error por encima del 20%, de acuerdo los estadísticos de validación no fueron simulados de manera satisfactoria por el modelo en todos los cultivares, situación similar a la de Warnock *et al.*, (2005) quienes utilizando 10 cultivares de caraota en Venezuela, demostraron el adecuado comportamiento del modelo solo en 7 de los 10 cultivares, además de señalar que el uso de ajustes inadecuados y la utilización de coeficientes genéticos genéricos puede causar sobre-estimación de hasta un 61%, lo que pudo influir en los resultados de la simulación ya que los coeficientes genéticos para los distintos cultivares de frijol fueron estimados por el modelo. Duna (2014) validó satisfactoriamente el modelo para Soya, sin embargo, destacó que el modelo presento una alta sensibilidad a la variación de los coeficientes genéticos en los cultivares utilizados, así como desarrollo fenológico y el rendimiento. Para determinar el comportamiento del modelo en los diferentes cultivares se procedió a descartar aquellos cultivares que comprometían la aceptación del modelo en los diferentes estadísticos de validación.

Para el rendimiento de semillas a madurez de cosecha (RMC) se descartó el cultivar Orituco ya que el modelo subestimó el rendimiento con 481Kg/ha mientras este resultó ser de 927 Kg/ha y el cultivar I-575 para el cual subestimó el rendimiento con 829 Kg/ha y este fue de 1491Kg/ha. El nRMSE resultante fue de 29,93 y el valor de d-estadístico fue de 0,87 demostrando que el modelo puede simular el rendimiento de semillas de manera aceptable para el resto de los cultivares utilizados.

El rendimiento de frutos (RF) observado para la variedad Orituco fue de 2074 Kg/ha mientras que el modelo simuló 777 Kg/ha con un porcentaje de error de -62,54% siendo este uno de los más lejanos a 0 de todos los caracteres simulados, razón por la cual se procedió a descartar esta variedad para la validación del modelo, modificando el nRMSE a 18,14% y el d-estadístico a 0,89 cambiando la consideración de la simulación de pobre a buena, demostrando la influencia que puede ejercer un cultivar en los estadísticos de validación.

El número de semillas por metro cuadrado a madurez fue subestimado en los cultivares Orituco e I-575, con 914,2 a 430Kg/ha y 1414 a 624Kg/ha respectivamente, y con porcentajes de error de -52,56 y -55,87; siendo estos cultivares eliminados en la validación del modelo, resultando un nRMSE de 31,99 % calificando la simulación como pobre de acuerdo a este estadístico, sin embargo, el d-estadístico fue de 0,87 siendo este cercano a 1 indicando que el modelo puede ser usado para simular este carácter.

La biomasa aérea a madurez en campo para el cultivar I-575 fue de 5942 Kg/ha mientras que la simulada por el modelo fue de 2562 Kg/ha arrojando un porcentaje de error de -56,88 y para el cultivar I-572 fue de 8684 Kg/ha subestimada por el modelo con 3296 Kg/ha con un porcentaje de error de -62,05, posiblemente esto se deba a la diferencia en el hábito de crecimiento de las líneas experimentales en relación a las variedades comerciales. Al descartar estos cultivares el d-estadístico fue de 0,92 lo

que sugiere que el modelo puede utilizarse de manera satisfactoria en la estimación de este parámetro para las variedades comerciales, sin embargo, el nRMSE fue de 31,92 menoscabando la validación del modelo.

Para el índice de cosecha a madurez (ICM) se descarto el cultivar I-572 ya que para este carácter fue el que presento el mayor porcentaje de error del ensayo con 287,64%; resultando de acuerdo al nRMSE la simulación como “buena” con 18,32 % y 0,96 el valor del d-estadístico.

En la validación los cultivares Orituco y Tuy, no fueron descartados para ningún carácter, lo que demuestra que el modelo puede simular satisfactoriamente su crecimiento y desarrollo además de aquellos caracteres relacionados con el rendimiento, esto posiblemente se deba a la fiabilidad de los coeficientes genéticos generados para estas variedades, de acuerdo con Bastos *et al.*, (2002) quienes calibrando el modelo con nuevas variedades determinaron que para la zona de Parnaíba, Brasil este simula satisfactoriamente el crecimiento y desarrollo en frijol.

CONCLUSIONES

- Los coeficientes genéticos para los distintos cultivares fueron determinados mediante la calibración del modelo en la zona de estudio.
- Se crearon archivos de entrada con información meteorológica correspondiente al periodo de enero de 2016 a febrero de 2017, los cuales pueden ser utilizados en simulaciones futuras, asimismo se creó un archivo de suelos con información edáfica de la zona de estudio.
- Se comprobaron los diferentes valores simulados por el modelo con los datos observados en campo, además de aplicar un análisis de varianza para comparar los cultivares utilizados.
- La capacidad de predicción del modelo fue evaluada mediante el error medio (Bias), el error cuadrático medio (RMSE), el error cuadrático medio (nRMSE) normalizado, el índice de concordancia (d-estadístico) y el coeficiente de determinación (r^2), observando el adecuado comportamiento del modelo en los caracteres relacionados con la fenología para los cinco cultivares, y en todos los caracteres para los cultivares Apure y Tuy.

RECOMENDACIONES

- Realizar un ensayo destinado a establecer una metodología para la determinación de los coeficientes genéticos que disminuya la discrepancia entre los valores observados y simulados.
- Determinar los coeficientes genéticos en una región y periodo distinto a la localidad donde se quiere validar el modelo.
- Incluir en lo posible todos los parámetros requeridos en los distintos archivos de entrada del modelo.
- Repetir esta investigación en diferentes cultivos y cultivares.
- Evidenciar la capacidad de predicción del modelo DSSAT y compararla con otros modelos de simulación de cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Addiscott, T.M. and A.P. Whitmore. 1987. Computer simulation of changes in soil mineral nitrogen and crop nitrogen during autumn, winter and spring. *J. Agric. Sci.* 109:141–157
- Ambrose, J.R. and Rosech, S.E. 1982. Dynamic estuary of model performance, *J. Environ.Ecol.*, 108-109 pp.
- Aponte, A. 2009. Manual de semilla solidaria. Maracay, Venezuela, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Plan Nacional de Semilla. (Serie D - N° 10)
- Aquino, J. 1989. Tamaño óptimo de parcela experimental efectiva para varios caracteres y descripción agronómica de frijol (*Vigna unguiculata*[L.] Walp.), línea introducida TVX-2724-01F, en la sabana de Jusepín, en lluvias 1986. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Bastos, E. Folegatti, M. Faria, R. Andrade, A. and Cardoso, M. 2002. Simulation of growth and development of irrigated cowpea in Piauí State by CROPGRO model. *Pesq. Agropec. Bras.* 37(10): 1381-1387.
- Berrios, G. Ortega, Y. 1975. Tuy: Nuevo cultivar de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) *Agron. Tropical* 25(2): 103-106.
- Berroteran, L. 2013. La agricultura en Venezuela. Leguminosas de grano comestible en Venezuela. *Agricultura en Venezuela* 1: 63-95.

- Bwalya, C. Phiri, E. Shepande, C. and Sichingabula, H. 2015. Evaluating CERES-maize model using planting dates and nitrogen fertilizer in Zambia. *Journal of Agricultural Science* 7(3): 79-97
- Caldera, E. Acosta, K. Garcés, G. Petit, B. Gutiérrez, W. y Pérez C. 2013. Respuesta del cultivo fríjol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) variedad catatumbo a la inoculación con micorrizas nativas y comerciales bajo condiciones controladas. *REDIELUZ* (3) 1,2:157 - 164
- Comerma, J. Guenni, L. y Medina, G. 1986. Validación del balance hídrico del modelo CERES maíz en la zona de Maracay, estado Aragua Venezuela. *Agron. Tropical* 35(4-6): 115-132.
- Confalone, A. Boote, K. Lizaso, J. y Sau, F. 2010. Predicción de la fenología de *vicia faba*: estimación de parámetros con el modelo CROPGRO- faba bean usando experimentos de múltiples fechas de siembra. XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología.
- Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO). 2014. Indicadores de producción por grupo de cultivo. Disponible en línea en: <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>. Última visita 08/06/16.
- Cortes, A. 2013. Uso del modelo AquaCrop para estimar rendimientos para el cultivo de maíz en los departamentos de Córdoba, Meta, Tolima y Valle del Cauca. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/3/a-i3429s.pdf>. Última visita 02/04/16.
- Dina, M. (2014). Modelagem da relação clima-productividade da soja em Moçambique: perspectivas atuais e futuras. Trabajo de grado para el título de

Magister en Ciencias. Brasil, Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Ingeniería Agrícola. 4-37.

Directorate Plant Production (DPP). 2011. Production guidelines for Cowpeas. Disponible en línea en: <http://www.arc.agric.za/arc-gci/Fact%20Sheets%20Library/Cowpea%20.%20Production%20guidelines%20for%20cowpea.pdf>. Última visita 12/06/16.

Egeh, M. H. 1998. Modeling corn growth, development and yield under Québec conditions. Thesis for Master of Science. Department of Agricultural and Biosystems Engineering. Macdonald *Campus* of McGill University Ste-Anne de Bellevue, Québec, Canada,

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) (2012). Disponible en línea en: http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/informacoes_tecnicas_cultivo_feijao.pdf. Última visita 12/06/16.

Flores, C. Madriz, P. Warnock, R. y Trujillo, A. 2005. Evaluación de altura de plantas y componentes de rendimiento de seis genotipos del género *Vigna* en dos localidades de Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 22: 351-364

Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1988. El cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). Maracay, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie Paquetes Tecnológicos No. 5. 84 p.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2015. Crop-model to simulate yield response to water. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html>. Última visita 07/04/16.

- Fundación Servicio para el Agricultor (FUSAGRI). 1987. Caraota y frijol. Serie Petróleo y Agricultura No 11. 95 p.
- Gálvez , G. Sigarroa, A. López T. y Fernández J. 2010. Modelación de cultivos agrícolas. Algunos ejemplos. Cultivos Tropicales 31(3): 60-65.
- Gil Marín, J. A.; B. I. Lozada García, N. López Pérez, L. Márquez y G. Berardelli. 2012. Régimen pluviométrico de Maturín, estado Monagas, Venezuela. UDO Agrícola 12 (1): 187-196.
- Hernández, A. 1988. Evaluación agronómica de líneas avanzadas de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) tejero criollo (grupo I) en la época de lluvias de norte 1986-87 en la sabana de Jusepín. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Hernández, N. Soto, F. y Caballero, A. 2009. Modelos de simulación de cultivos: características y usos. Cultivos Tropicales 30(1): 73-82.
- Hunt, L. White, J. and Hoogenboom, G. 2001. Agronomic data: advances in documentation and protocols for exchange and use. Agricultural Systems 70: 477-492.
- Jamieson, P.D., Porter, J.R. and Wilson, D.R. 1991. A test of computer simulation model ARC-WHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. Field Crops Res., 27: 337–350.
- Jones , J., Hoogenboom , G. Porter a, C. Boote, K. Batchelor, W. Hunt, L. Wilkens, P. Singh , U. Gijssman , A. and Ritchie, J. 2003. The DSSAT cropping system model. Europ. J. Agronomy 18: 235-265.

- Keating, B. Carberry, P. Hammer, G. Probert, M. Robertson, M. Holzworth, D.Huth, N. Hargreaves, Meinke, J. Hochman, Z. McLean, G. Verburg, K. Snow, V. Dimes, J.Silburn, M. Wang, E. Brown, S. Bristow, K. Asseng, S. Chapman S. McCown, R.L. Freebairne, D.M.and Smith C.J. 2003. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. *Europ. J. Agronomy* 18: 267-288.
- Kumar, M. Pannul, R. Singh, R. Singh, B, Dhaka, A. and Rajeev. 2017. Prediction of Growth and Yield of Late Sown Wheat Using DSSAT (v4.5) Model under Western Zone of Haryana. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 6(3): 1687-1696.
- Labarca, M. Mora, S. Silva, S. Bracho, B. Castro, C. Higuera, A y Mavares, O. 1999. Optimización de riego en frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en suelos de la altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 16: 306-317.
- León, D. 1985. Variaciones fenotípicas en progenies de selecciones individuales del frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) cultivar Unare, en la sabana de Jusepín, durante la época de invierno. . Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Leon, O. Torrealba, J. Higuera, A. Reina, Y. y Saéz, T. 2013. Evaluación agronómica y participativa de cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. *UDO Agrícola* 13(1): 17-24.
- López, A. 1989. Evaluación agronómica de tres líneas de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), con combinaciones de calcio, magnesio y potasio en un ultisol de la sabana de Jusepín, en épocas de lluvias-1987. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.

- Magashi, A. Musa, S. and Ibrahim, M. 2014. Evaluation of Cowpea Genotypes (*Vigna unguiculata* [L.]Walp) for some Yield and Root Parameters and their Usage in Breeding Programme for Drought Tolerance .Int'l Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engg. (IJAAEE) Vol. 1, ISSN 2349-1523 EISSN
- Matsui, T. y Singh, B. 2003. Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedlingstage. Exp. Agric. 29, 29-38.
- Martínez, L. 1989. Evaluación agronómica de 16 líneas avanzadas de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) “mantuano pequeño” en época de lluvias de norte, en la sabana de Jusepín. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Méndez-Natera, J. Otahola-Gómez, V. Pereira-Garantón R, Simosa-Mallé, J. Tellis, L. y Zabala, E. 2007. Comparación del desecho de un fluido de perforación base agua no disperso con la fertilización química en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). (25)1:7-20
- Meneses, J. 1987. Evaluación agronómica de líneas avanzadas de selecciones individuales del frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) tipo mantuano, en la sabana de Jusepín. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Montaldo, A. Montilla, J. Viera, J. Holmquist, J. Vargas, R. 1989. Uso actual y potencial de leguminosas tropicales. Maracay: Publicación especial de la facultad de agronomía y facultad de ciencias veterinarias de la Universidad Central de Venezuela.

- Moya, L. 1989. Evaluación agronómica de 14 líneas de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), desarrolladas a partir de la variedad Apure, probadas en la sabana de Jusepín, en lluvias 1987. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Núñez-Torrealba, G. Yovanny, R. León-Brito, O. Martínez, G. Moros y A, Sáez, T. 2014. Evaluación y selección participativa de cultivares de *Vigna unguiculata* [L.] Walp. *Agronomía Trop.* 64(1-2): 73-81.
- Ortega, Y. 1979. Unare: Nuevo cultivar de frijol blanco. *Agron. Tropical* 29(4): 367-370.
- Ortega, Y. 1980. Apure: Nuevo cultivar de frijol blanco tipo "Perlita" (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). *Agron. Tropical.* 29(5): 459-462.
- Oteng-Darko, P. Yeboah, S. Addy, S. Amponsah, S. and Owusu, E. 2012. Crop modeling: a tool for agricultural research – a review. *E3 Journal of Agricultural Research and Development* 2(1): 001-006.
- Pacheco, M. 1985. Variaciones fenotípicas en progenies de selecciones individuales del frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) variedad "Apure" en la sabana de Jusepín, en la época de lluvia de invierno. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Raes, D. Steduto, P. Hsiao, P. and Ferreres, E. 2009. AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/nr/water/docs/aquacropchapter1.pdf>. Última visita 07/04/16.

- Rhada, V. 2003. Crop growth modeling and its applications in agricultural meteorology. Disponible en línea en: <http://www.wamis.org/agm/pubs/agm8/Paper-12.pdf>. Última visita 01/04/16.
- Ron, I. 1984. Variaciones fenotípicas en progenies de selecciones individuales del frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) tipo mantuano en la sabana de Jusepín, en la época de lluvias de invierno. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Salazar, D. 1987. Evaluación agronómica de líneas de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) “tejero criollo” (grupo I), probadas en condiciones ecológicas de sabana, en lluvias de norte 1985-1986. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Sifontes, R. 1989. Evaluación agronómica de nueve cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) y su respuesta a tres dosis de cal en un ultisol de la sabana de Jusepín, en épocas de lluvias. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Agronomía.
- Valladares, N. 1990. Nuevas líneas experimentales de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) para la ecología de sabana desarrolladas por selección individual a partir de la población original “Tejero Criollo”. Premio gropecurio banco consolidado 1990.
- Villalobos, F. 2009. Fitotecnia. Ediciones MundiPrens. Segunda Edición. Madrid, España. 498 p.

- Wadsworth, J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/docrep/w7452s/w7452s01.htm>. Última visita 02/04/16.
- Warnock, R. Madriz, P. y Trujillo, A. 2005. Determinación de los coeficientes genéticos del modelo CROPGRO para siete cultivares de caraota en Venezuela. *Interciencia* 30(4): 205-212.
- Willmott, C.J., Akleson, G.S., Davis, R.E., Feddema, J.J., Klink, K.M., Legates, D.R., Odonnell, J. and Rowe, C.M. 1985. Statistic for the evaluation and comparison of models. *J. Geophysical Res.*, 90: 8995–9005
- Willmott, C.J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 64:1309–1313
- Wolday, K. and Hruy, G. 2015. A review on: performance evaluation of crop simulation model (APSIM) in prediction crop growth, development and yield in semi arid tropics. *Journal of Natural Sciences Research* 5(21):34-39.

APÉNDICE

Cuadro 1 Totales y promedios para el porcentaje de germinación de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	88,88	80,50	91,11	260,49	86,83
Apure	56,66	47,22	62,22	166,10	55,37
Orituco	66,67	61,66	78,33	206,66	68,89
I-575	89,44	92,22	89,44	271,10	90,37
I-572	91,66	92,77	83,88	268,31	89,44
Total	393,31	374,37	404,98	1172,66	
Promedio	78,66	74,87	81,00	234,53	
Gran Promedio					78,18

Cuadro 2 Caracteres relacionados con la fenología del cultivo de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

	Emergencia (DDS)	Primera flor (DDS)	Primer fruto (DDS)	Primer fruto amarillo (DDS)	Secado primer fruto (DDS)	Secado ultimo fruto (DDS)
TUY	5	43	45	57	62	66
APURE	5	49	51	60	71	75
ORITUCO	5	42	44	58	63	68
I-575	5	47	49	61	64	71
I-572	5	57	59	75	77	90

Cuadro 3 Totales y promedios para la longitud del eje central (cm) a los 30 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	14,04	12,79	13,30	40,12	13,37
Apure	10,32	7,93	8,15	26,40	8,80
Orituco	12,80	10,56	12,70	36,06	12,02
I-575	18,17	12,26	15,93	46,36	15,45
I-572	13,48	14,63	14,76	42,87	14,29
Total	68,81	58,17	64,85	191,82	
Promedio	13,76	11,63	12,97	38,36	
Gran Promedio					12,79

Cuadro 4 Análisis de varianza para la longitud del eje central (cm) a los 30 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	11,564	5,7820	3,14	0,0982 ns
Cultivares	4	78,602	1,8395	10,68	0,0027**
Error Exp.	8	14,716	1,83,95		
Total	14	104,881			

Promedio general: 12,79 cm Coeficiente de variación: 10,61%

Cuadro 5 Totales y promedios para la longitud de la raíz (cm) a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	21,53	18,90	19,15	59,58	19,86
Apure	20,23	22,63	22,38	65,23	21,74
Orituco	24,40	19,03	21,55	64,98	21,66
I-575	23,40	16,58	18,58	58,55	19,52
I-572	20,18	20,93	21,63	62,73	20,91
Total	109,73	98,05	103,28	311,06	
Promedio	21,95	19,61	20,66	62,21	
Gran Promedio					20,74

Cuadro 6 Análisis de varianza para la longitud de la raíz (cm) a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	13,6693	6,83466	1,60	0,2596ns
Cultivares	4	12,4579	3,11447	0,73	0,5957ns
Error Exp.	8	34,0968	4,26210		
Total	14	60,2240			

Promedio general: 20,74 cm Coeficiente de variación: 9,95%

Cuadro 7 Totales y promedios para el volumen radical (cm³) a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	1,50	1,75	2,00	5,25	1,75
Apure	2,00	3,00	1,88	6,88	2,29
Orituco	2,20	2,18	2,75	7,13	2,38
I-575	3,25	1,50	2,50	7,25	2,42
I-572	4,75	6,25	4,50	15,50	5,17
Total	13,70	14,68	13,63	42,00	
Promedio	2,74	2,94	2,73	8,40	
Gran Promedio					2,80

Cuadro 8 Análisis de varianza para el volumen radical (cm³) a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	0,1379	0,06893	0,13	0,8811ns
Cultivares	4	21,8594	5,46486	10,20	0,0031**
Error Exp.	8	4,2860	0,53575		
Total	14	26,2833			

Promedio general: 2,80 cm³ Coeficiente de variación: 26,13%

Cuadro 9 Totales y promedios para el diámetro de la raíz (mm) a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	6,94	5,42	7,19	19,54	6,51
Apure	7,61	7,93	7,25	22,79	7,60
Orituco	7,22	7,95	8,40	23,57	7,86
I-575	8,43	5,58	7,41	21,42	7,14
I-572	9,14	8,89	8,66	26,69	8,90
Total	39,34	35,76	38,90	114,00	
Promedio	7,87	7,15	7,78	22,80	
Gran Promedio					7,60

Cuadro 10 Análisis de varianza para el diámetro de la raíz (mm) a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	1,5193	0,75965	1,10	0,3795ns
Cultivares	4	9,3973	2,34933	3,39	0,0666ns
Error Exp.	8	5,5426	0,69282		
Total	14	16,4592			

Promedio genera 7,60mm Coeficiente de variación 10,95%

Cuadro 11 Totales y promedios para el número de raicillas a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	19,50	15,25	13,50	48,25	16,08
Apure	13,50	16,00	14,25	43,75	14,58
Orituco	9,75	10,00	13,25	33,00	11,00
I-575	22,50	14,75	17,25	54,50	18,17
I-572	17,75	28,00	16,50	62,25	20,75
Total	83,00	84,00	74,75	241,75	
Promedio	16,60	16,80	14,95	48,35	
Gran Promedio					16,12

Cuadro 12 Análisis de varianza para el número de raicillas a los 60 días después de la siembra de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	10,308	5,1542	0,32	0,7379ns
Cultivares	4	162,608	40,6521	2,49	0,1266ns
Error Exp.	8	130,567	16,3208		
Total	14	303,483			

Promedio general: 16,12 raicillas Coeficiente de variación: 25,07%

Cuadro 13 Totales y promedios para la longitud del eje central de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	27,31	18,79	21,14	67,24	22,41
Apure	25,58	15,56	16,11	57,24	19,08
Orituco	21,76	20,07	22,59	64,42	21,47
I-575	131,16	44,92	105,98	282,05	94,02
I-572	100,26	143,34	153,56	397,16	132,39
Total	306,07	242,67	319,37	868,11	
Promedio	61,21	48,53	63,87	173,62	
Gran Promedio					57,87

Cuadro 14 Análisis de varianza para la longitud del eje central de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	671,9	335,94	0,54	0,6020ns
Cultivares	4	32837,6	8209,39	13,22	0,0013**
Error Exp.	8	4967,2	620,90		
Total	14	38476,7			

Promedio general: 57,87 cm Coeficiente de variación: 43,05%

Cuadro 15 Totales y promedios para la longitud de guías (cm) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	23,44	16,59	19,66	59,70	19,90
Apure	18,23	10,09	12,76	41,08	13,69
Orituco	23,05	19,31	13,37	55,73	18,58
I-575	36,92	19,91	29,37	86,19	28,73
I-572	34,78	32,24	38,68	105,70	35,23
Total	136,43	98,14	113,83	348,40	
Promedio	27,29	19,63	22,77	69,68	
Gran Promedio					23,23

Cuadro 16 Análisis de varianza para la longitud de guías (cm) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	148,11	74,057	4,78	0,0430*
Cultivares	4	894,24	223,559	14,44	0,0010**
Error Exp.	8	123,85	15,481		
Total	14	1166,20			

Promedio general: 23,23 cm Coeficiente de variación: 16,94%

Cuadro 17Totales y promedios para el número de guías de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata [L.] Walp.*) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	7,23	6,27	6,41	19,91	6,64
Apure	8,16	5,38	7,31	20,85	6,95
Orituco	5,22	5,96	6,55	17,72	5,91
I-575	5,61	3,42	5,87	14,90	4,97
I-572	4,32	4,11	5,59	14,02	4,67
Total	30,54	25,13	31,73	87,40	
Promedio	6,11	5,03	6,35	17,48	
Gran Promedio					5,83

Cuadro 18Análisis de varianza para el número de guías de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata [L.] Walp.*) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	4,9336	2,46681	3,62	0,0760ns
Cultivares	4	11,9841	2,99602	4,39	0,0359*
Error Exp.	8	5,4556	0,68195		
Total	14	22,3733			

Promedio general: 5,83 Coeficiente de variación: 14,17%

Cuadro 19 Totales y promedios para la biomasa fresca de la planta (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata [L.] Walp.*) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	21,69	12,58	15,27	49,53	16,51
Apure	48,34	16,27	21,98	86,58	28,86
Orituco	36,37	25,82	24,88	87,06	29,02
I-575	56,05	20,34	48,28	124,67	41,56
I-572	67,39	56,79	64,31	188,49	62,83
Total	229,83	131,79	174,72	536,34	
Promedio	45,97	26,36	34,94	107,27	
Gran Promedio					35,76

Cuadro 20 Análisis de varianza para la biomasa fresca de la planta (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata [L.] Walp.*) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	966,15	483,073	7,59	0,0142*
Cultivares	4	3689,30	922,325	14,49	0,0010**
Error Exp.	8	509,26	63,657		
Total	14	5164,70			

Promedio general: 35,76 g Coeficiente de variación: 22,31%

Cuadro 21 Totales y promedios para el número de frutos de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	6,58	5,58	5,52	17,67	5,89
Apure	12,22	6,63	9,69	28,53	9,51
Orituco	8,00	11,24	10,60	29,84	9,95
I-575	8,95	5,27	10,19	24,40	8,13
I-572	3,96	4,46	5,86	14,29	4,76
Total	39,70	33,17	41,86	114,74	
Promedio	7,94	6,63	8,37	22,95	
Gran Promedio					7,65

Cuadro 22 Análisis de varianza para el número de frutos de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	8,1737	4,0869	1,12	0,3718ns
Cultivares	4	61,2645	15,3161	4,21	0,0400**
Error Exp.	8	29,1307	3,6413		
Total	14	98,5690			

Promedio general: 7,65 frutos Coeficiente de variación: 24,94%

Cuadro 23 Totales y promedios para el número de semillas por fruto de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	10,96	8,66	9,36	28,98	9,66
Apure	11,92	11,62	15,36	38,90	12,97
Orituco	7,26	8,36	7,30	22,92	7,64
I-575	12,45	11,61	12,48	36,53	12,18
I-572	13,14	12,98	12,82	38,94	12,98
Total	55,73	53,22	57,32	166,27	
Promedio	11,15	10,64	11,46	33,25	
Gran Promedio					11,08

Cuadro 24 Análisis de varianza para el número de semillas por fruto de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	1,7004	0,8502	0,62	0,5637ns
Cultivares	4	66,6881	16,6720	12,09	0,0018**
Error Exp.	8	11,0341	1,3793		
Total	14	79,42			

Promedio general: 11,08 semillas Coeficiente de variación: 10,59%

Cuadro 25 Totales y promedios para el peso de los frutos (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	8,91	6,33	7,56	22,80	7,60
Apure	13,46	8,09	10,30	31,85	10,62
Orituco	8,97	11,47	9,09	29,53	9,84
I-575	16,25	8,19	19,67	44,11	14,70
I-572	8,03	7,82	14,28	30,13	10,04
Total	55,61	41,90	60,89	158,41	
Promedio	11,12	8,38	12,18	31,68	
Gran Promedio					10,56

Cuadro 26 Análisis de varianza para el peso de los frutos (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	38,474	19,2372	1,93	0,2073ns
Cultivares	4	80,138	20,0344	2,01	0,1863ns
Error Exp.	8	79,831	9,9789		
Total	14	198,443			

Promedio general: 10,56 g Coeficiente de variación: 29,91%

Cuadro 27 Totales y promedios para el peso semillas por planta (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	6,80	4,97	5,42	17,19	5,73
Apure	8,95	5,12	6,81	20,88	6,96
Orituco	6,87	8,76	7,06	22,69	7,56
I-575	11,61	5,63	14,51	31,75	10,58
I-572	4,11	4,11	8,67	16,90	5,63
Total	38,35	28,58	42,49	109,42	
Promedio	7,67	5,72	8,50	21,88	
Gran Promedio					7,29

Cuadro 28 Análisis de varianza para el peso semillas por planta (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	20,318	10,1591	1,77	0,2309ns
Cultivares	4	48,656	12,1641	2,12	0,1698ns
Error Exp.	8	45,905	5,7382		
Total	14	114,880			

Promedio general: 7,30 g Coeficiente de variación: 32,84%

Cuadro 29 Totales y promedios para el peso de 100 semillas (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	13,48	13,42	13,04	39,94	13,31
Apure	8,99	9,70	8,99	27,68	9,23
Orituco	11,14	12,25	11,21	34,60	11,53
I-575	13,16	12,88	13,70	39,73	13,24
I-572	16,20	16,89	16,48	49,57	16,52
Total	62,97	65,15	63,41	191,54	
Promedio	12,59	13,03	12,68	38,31	
Gran Promedio					12,77

Cuadro 30 Análisis de varianza para el peso de 100 semillas (g) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	0,5247	0,2623	1,63	0,2546ns
Cultivares	4	86,0834	21,5209	133,83	0,0000**
Error Exp.	8	1,2865	0,1608		
Total	14	87,8946			

Promedio general: 12,77 g Coeficiente de variación: 3,14%

Cuadro 31 Totales y promedios para el porcentaje de semillas con respecto a frutos en cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	76.32	78.52	71.69	226.53	75.51
Apure	66.49	63.29	66.12	195.90	65.30
Orituco	76.59	76.37	77.67	230.63	76.88
I-575	71.45	68.74	73.77	213.96	71.32
I-572	51.18	52.56	60.71	164.45	54.82
Total	342.03	339.48	349.96	1031.46	
Promedio	68.41	67.90	69.99	206.29	
Gran Promedio					68.76

Cuadro 32 Análisis de varianza para el porcentaje de semillas con respecto a frutos de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	11,95	5,974	0,56	0,5915ns
Cultivares	4	973,15	243,288	22,85	0,0002**
Error Exp.	8	85,18	10,648		
Total	14	1070,28			

Promedio general: 68,76 Coeficiente de variación: 4,75%

Cuadro 33 Totales y promedios para el número de plantas de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	26,00	26,00	27,00	79,00	26,33
Apure	25,00	16,00	16,00	57,00	19,00
Orituco	23,00	23,00	20,00	66,00	22,00
I-575	28,00	26,00	23,00	77,00	25,67
I-572	25,00	28,00	22,00	75,00	25,00
Total	127,00	119,00	108,00	354,00	
Promedio	25,40	23,80	21,60	70,80	
Gran Promedio					23,60

Cuadro 34 Análisis de varianza para el número de plantas de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	36,400	18,2000	2,65	0,1309ns
Cultivares	4	112,267	28,0667	4,09	0,0429*
Error Exp.	8	54,933	6,8667		
Total	14	203,600			

Promedio general: 23,60 Coeficiente de variación: 11,10%

Cuadro 35 Totales y promedios para el rendimiento de frutos (Kg/ha) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	1287.00	914.33	1134.00	3335.33	1111.78
Apure	1869.44	719.11	915.56	3504.11	1168.04
Orituco	1146.17	1465.61	1010.00	3621.78	1207.26
I-575	2527.78	1183.00	2513.39	6224.17	2074.72
I-572	1115.28	1216.44	1745.33	4077.06	1359.02
Total	7945.67	5498.50	7318.28	20762.44	
Promedio	1589.13	1099.70	1463.66	4152.49	
Gran Promedio					1384.16

Cuadro 36 Análisis de varianza para el rendimiento de frutos (Kg/ha) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	695943	347971	1,74	0,2429ns
Cultivares	4	1614143	403536	2,02	0,1955ns
N° de plantas	1	315700	315700	1,58	0,2488ns
Error Exp.	7	1396561	199509		
Total	14				

Promedio general: 1384,2 Kg/ha Coeficiente de variación: 32,27%

Cuadro 37 Totales y promedios para el rendimiento de semillas (Kg/ha) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Cultivares	Repeticiones			Total	Promedio
	I	II	III		
Tuy	982,48	717,30	813,59	2513,37	837,79
Apure	1242,69	455,27	605,43	2303,39	767,80
Orituco	878,15	1119,23	784,79	2782,17	927,39
I-575	1806,67	812,57	1854,56	4473,79	1491,26
I-572	570,87	639,72	1060,04	2270,62	756,87
Total	5480,86	3744,08	5118,42	14343,35	
Promedio	1096,17	748,82	1023,68	2868,67	
Gran Promedio					956,22

Cuadro 38 Análisis de covarianza para el rendimiento de semillas (Kg/ha) de cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) evaluados bajo condiciones de sabana en Maturín, edo. Monagas en lluvias de norte 2016-2017.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Probabilidad
Bloques	2	361170	180585	1,54	0,2790
Cultivares	4	971491	242873	2,07	0,1882
N° de plantas	1	121178	121178	1,03	0,3431
Error Exp.	7	820538	117220		
Total	14				

Promedio general: 956,22 Kg/ha Coeficiente de variación: 35,80%

Cuadro 39 Coeficientes genéticos medrados para la estimación de los coeficientes genéticos finales

Coeficiente genético †	Cultivares				
	Tuy	Apure	Orituco	I-575	I-572
CSDL	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
PPSEN	0,294	0,294	0,294	0,294	0,294
EM-FL	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2
FL-SH	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
FL-SD	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
SD-PM	31	31	31	31	31
FL-LF	17	17	17	17	17
LFMAX	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
SLAVR	260	260	260	260	260
SIZLF	270	270	270	270	270
XFRT	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
WTPSD	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
SFDUR	7	7	7	7	7
SDPDV	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
PODUR	32	32	32	32	32
THRSH	66,5	66,5	66,5	66,5	66,5
SDPRO	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226
SDLIP	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41

†CSDL Duración crítica del día corto bajo el desarrollo reproductivo (para plantas de día corto) (hora), PPSSEN: Pendiente de la respuesta relativa del desarrollo al fotoperiodo con el tiempo (1/hora), EM-FL: Tiempo entre la emergencia de la planta y la aparición de las flores (R1) (días fototérmicos); FL-SH: Tiempo entre la primera flor y la primera vaina (R3) (días fototérmicos), FL-SD; Tiempo entre la primera flor y la primera semilla (R5) (días fototérmicos); SD-PM: Tiempo entre la primera semilla (R5) y la madurez fisiológica (R7) (días fototérmicos) FL-LF: Tiempo entre la primera flor (R1) y el final de la expansión foliar (días fototérmicos); LFMAX: Máxima tasa fotosintética foliar a 30° C (mg CO₂/m²/s); SLAVR: Área foliar específica del cultivar bajo condiciones normales de crecimiento (cm²/g); SIZLF: Tamaño máximo de la hoja completa (tres hojas) (cm²); XFRT: Máxima fracción del crecimiento diario que se particiona a semilla y vaina; WTPSD: Máximo peso por semilla (g); SFDUR: Duración del periodo de llenado para la vaina en condiciones normales de crecimiento (días fototérmicos); SDPDV: Promedio de semillas por vaina bajo condiciones normales de crecimiento (#/vaina; PODUR: Tiempo requerido por el cultivar para alcanzar la última carga de la vaina bajo condiciones óptimas; THRESH: relación máxima semillas/(semilla+vaina) a maduración que causa que la semilla detiene su crecimiento a medida que incrementa su peso seco hasta que se llenan las vainas; SDPRO: Fracción de proteína en las semillas (g proteína)/g semilla) y SDLIP: fracción de aceite en las semillas (g aceite/g semilla)

Archivos de entrada y salida del modelo DSSAT

Archivo de clima. Año 2016

*WEATHER DATA :AM37MATURIN

@	INSILATLONG	ELEV TAV	AMP	REFHTW	NDHT		
AM37	9.749	63.153	68	28.2	2.3	-99.0	-99.0
@DATE	SRADT	MAXTMIN	RAIN				
16061	15.4	33.2	24.1	0.0			
16062	13.2	32.8	23.4	0.0			
16063	16.7	34.2	23.3	0.0			
16064	13.5	34.7	23.8	0.0			
16065	16.5	33.4	23.6	0.0			
16066	14.9	34.8	23.4	0.0			
16067	13.5	34.2	23.3	0.0			
16068	14.7	34.7	24.0	0.0			
16069	17.2	34.2	23.2	0.0			
16070	16.9	33.7	23.6	0.0			
16071	11.4	32.6	23.5	1.1			
16072	16.2	33.5	22.5	0.0			
16073	14.1	34.0	23.5	0.0			
16074	12.3	34.5	24.4	0.0			
16075	14.4	35.4	24.6	0.0			
16076	15.7	35.0	23.6	0.0			
16077	14.9	35.1	24.1	0.0			
16078	13.5	34.7	24.1	0.0			
16079	16.1	35.1	23.9	0.0			
16080	14.8	35.7	24.2	0.0			
16081	14.1	34.8	24.6	0.0			
16082	15.9	34.3	24.6	0.0			
16083	15.0	34.2	24.6	0.7			
16084	15.9	34.4	24.5	0.0			
16085	15.2	33.8	24.0	0.0			
16086	14.0	34.3	23.7	0.0			
16087	13.9	34.0	23.8	0.0			
16088	15.7	35.2	24.0	0.0			
16089	14.1	34.8	24.3	0.0			
16090	13.1	35.2	24.5	0.0			
16091	7.0	31.4	25.1	0.0			
16092	10.8	34.3	25.4	1.4			
16093	13.2	34.5	25.1	0.0			
16094	15.1	34.6	24.6	0.0			
16095	17.1	34.7	24.5	0.0			
16096	15.6	34.5	24.7	0.0			
16097	14.4	33.6	24.9	1.1			
16098	13.3	34.9	25.2	0.0			
16099	12.6	34.3	25.0	0.0			
16100	14.6	34.8	24.8	0.0			
16101	13.9	35.2	23.6	0.0			
16102	18.3	35.1	24.0	0.0			

16103	15.1	35.2	24.0	0.0
16104	11.7	34.9	24.7	0.0
16105	14.3	35.9	25.1	0.0
16106	12.5	35.1	25.1	0.0
16107	13.4	35.7	25.8	0.0
16108	12.7	35.9	26.2	0.0
16109	12.3	36.5	25.7	0.0
16110	15.0	34.5	25.7	0.0
16111	12.2	35.2	25.2	0.0
16112	11.5	32.3	24.5	1.8
16113	11.7	34.4	25.7	1.0
16114	16.2	34.2	25.0	1.0
16115	12.7	33.8	25.0	0.0
16116	12.9	34.0	24.3	0.0
16117	12.5	35.6	24.6	0.0
16118	12.9	35.3	25.1	2.8
16119	6.9	30.4	24.0	27.3
16120	7.1	30.4	24.0	60.4
16121	7.9	29.5	24.3	3.3
16122	4.8	24.6	21.7	44.1
16123	9.2	29.6	23.2	1.6
16124	15.2	32.8	24.0	0.0
16125	18.4	32.9	23.9	0.0
16126	13.9	32.3	24.0	0.0
16127	14.9	34.5	24.2	0.0
16128	15.6	32.3	25.1	5.5
16129	16.3	34.2	25.1	0.1
16130	15.9	34.5	24.6	0.0
16131	14.0	32.8	24.5	0.0
16132	14.8	32.1	24.5	0.1
16133	13.8	34.0	24.6	4.9
16134	19.2	34.7	25.2	0.0
16135	10.7	31.7	25.6	2.1
16136	14.3	33.1	25.1	1.7
16137	11.9	33.7	24.7	0.7
16138	8.7	31.7	24.3	13.9
16139	13.2	33.3	24.7	0.6
16140	12.3	32.7	24.2	0.0
16141	11.3	31.2	24.2	2.7
16142	14.0	31.7	24.1	0.2
16143	8.9	30.9	24.4	0.5
16144	13.0	33.4	24.8	7.2
16145	15.2	32.9	23.9	0.0
16146	15.6	32.1	23.5	0.0
16147	14.5	32.2	23.5	0.1
16148	10.1	32.0	23.1	18.0
16149	12.8	32.9	23.9	3.0
16150	9.9	30.7	24.5	2.6
16151	14.6	31.8	24.1	0.3
16152	10.1	31.2	23.4	28.0
16153	5.3	29.6	23.6	19.4
16154	14.0	31.5	22.5	0.0

16155	13.0	32.0	24.2	0.7
16156	9.5	31.3	24.2	2.8
16157	13.9	32.0	23.7	1.2
16158	6.6	31.2	23.3	13.3
16159	8.1	31.5	24.1	7.0
16160	10.5	30.4	24.3	0.7
16161	12.3	31.7	23.6	17.1
16162	13.2	32.1	23.4	0.0
16163	15.6	31.6	24.0	0.0
16164	9.5	31.3	24.0	12.4
16165	11.3	30.4	23.7	3.9
16166	14.1	31.6	24.0	1.2
16167	14.4	32.2	23.8	0.2
16168	14.9	31.5	23.1	0.0
16169	8.7	32.3	24.0	4.8
16170	12.9	31.3	23.9	9.6
16171	11.7	29.8	24.3	11.7
16172	8.8	30.2	22.7	14.5
16173	10.2	32.3	23.6	1.4
16174	12.5	30.2	23.8	3.2
16175	7.1	30.6	23.8	6.4
16176	5.8	31.4	23.9	17.7
16177	3.8	28.3	24.1	2.7
16178	15.0	32.2	23.5	0.0
16179	7.5	31.5	24.2	1.0
16180	14.9	32.2	24.2	0.9
16181	12.3	32.2	24.2	6.6
16182	15.8	32.1	23.5	0.0
16183	11.1	32.1	23.8	3.1
16184	13.9	32.3	24.0	1.2
16185	12.1	33.2	23.8	1.9
16186	11.2	31.3	22.2	0.1
16187	4.3	31.0	22.0	60.7
16188	8.7	29.3	22.1	26.7
16189	16.2	32.2	24.3	0.0
16190	38.6	32.5	24.4	0.0
16191	13.7	31.5	23.9	5.6
16192	8.0	31.4	24.4	3.5
16193	14.3	31.4	24.6	3.7
16194	16.0	31.9	23.7	0.0
16195	13.3	31.0	23.9	0.1
16196	10.9	31.0	24.2	5.6
16197	2.0	29.9	24.2	47.0
16198	14.6	31.1	23.7	0.0
16199	10.4	31.8	24.4	0.0
16200	15.4	32.6	23.1	0.0
16201	15.3	32.2	24.4	0.0
16202	16.6	33.0	23.8	0.0
16203	13.3	32.0	24.3	0.0
16204	10.2	32.6	24.7	11.0
16205	12.8	32.6	23.4	0.0
16206	13.7	31.7	22.4	40.0

16207	16.5	32.8	23.4	0.0
16208	13.3	31.5	24.3	7.0
16209	61.6	32.4	24.0	0.0
16210	12.0	33.0	24.0	1.3
16211	14.1	32.1	24.8	1.9
16212	17.3	32.0	24.0	0.0
16213	11.0	29.9	23.0	0.0
16214	11.0	32.6	24.0	0.5
16215	10.9	32.3	22.7	14.6
16216	14.1	28.8	20.7	31.1
16217	16.6	32.5	21.1	0.5
16218	15.7	32.8	24.0	35.1
16219	8.6	30.2	22.0	8.8
16220	22.9	33.0	24.2	3.6
16221	13.4	31.1	22.9	10.9
16222	16.2	32.1	23.9	13.6
16223	16.0	30.7	23.1	44.3
16224	16.6	32.7	23.9	0.0
16225	10.8	31.0	23.4	0.8
16226	14.2	31.9	23.8	2.7
16227	8.0	32.0	22.6	0.0
16228	2.6	29.8	23.4	30.9
16229	16.7	32.5	23.2	0.0
16230	17.0	32.2	23.5	0.0
16231	16.0	33.0	25.1	0.0
16232	13.0	33.6	22.8	0.0
16233	15.0	31.6	26.0	0.0
16234	17.0	31.7	24.9	4.3
16235	19.1	31.2	22.9	92.1
16236	12.0	32.6	22.7	0.0
16237	6.8	33.8	25.4	7.6
16238	9.2	32.7	23.7	5.9
16239	12.8	33.5	24.2	0.0
16240	14.0	32.6	25.1	4.0
16241	5.5	32.9	24.7	0.0
16242	3.0	28.7	24.4	0.0
16243	7.2	32.4	24.8	0.0
16244	10.5	32.3	24.7	0.8
16245	14.4	32.9	24.0	4.3
16246	11.1	32.6	23.3	14.5
16247	3.4	32.9	24.1	0.0
16248	3.5	33.3	23.6	42.8
16249	3.6	33.4	23.5	3.7
16250	10.3	31.3	24.5	3.5
16251	6.6	31.5	23.1	0.0
16252	11.2	32.5	23.5	0.0
16253	16.4	33.6	24.5	7.8
16254	13.5	32.8	24.9	0.1
16255	13.7	32.6	23.5	19.3
16256	11.0	32.5	24.6	1.3
16257	12.8	32.1	24.5	7.3
16258	16.1	33.0	25.3	0.0

16259	3.7	33.3	24.7	2.7
16260	17.1	33.0	24.3	0.0
16261	8.1	30.3	23.8	11.7
16262	11.2	32.9	24.5	5.2
16263	16.1	33.9	24.7	1.1
16264	2.2	33.8	24.8	0.0
16265	15.8	34.2	25.1	40.2
16266	8.8	32.8	24.1	0.1
16267	6.7	32.2	25.2	7.3
16268	14.5	34.0	24.3	0.4
16269	4.3	31.4	24.1	9.6
16270	15.8	33.5	24.3	0.0
16271	17.9	33.7	24.9	0.0
16272	2.5	33.3	24.7	7.6
16273	3.1	29.9	23.3	29.8
16274	16.2	33.2	23.8	0.0
16275	15.3	32.9	26.0	9.5
16276	4.5	32.0	22.8	2.9
16277	16.7	33.2	25.2	0.0
16278	6.5	32.7	25.1	1.6
16279	15.5	32.3	25.6	0.0
16280	3.5	33.4	25.7	0.0
16281	12.8	34.1	24.9	0.0
16282	1.6	33.2	25.6	0.0
16283	5.2	33.5	25.5	70.9
16284	13.1	32.9	22.7	0.3
16285	4.6	32.1	24.6	7.1
16286	12.9	34.0	24.6	19.6
16287	14.0	33.6	25.7	0.0
16288	10.0	32.7	25.6	0.0
16289	16.7	33.7	25.6	0.0
16290	14.2	34.1	26.2	0.0
16291	13.2	34.0	24.6	0.0
16292	13.5	34.0	25.3	0.0
16293	13.5	34.3	26.0	0.0
16294	10.2	34.5	25.8	2.5
16295	9.2	34.0	25.6	6.7
16296	7.3	34.8	25.5	0.0
16297	9.9	33.7	24.9	13.1
16298	13.9	33.6	24.7	0.0
16299	14.0	33.1	24.7	0.0
16300	13.5	33.5	25.6	0.0
16301	13.5	34.1	25.3	0.0
16302	14.9	34.8	25.9	0.0
16303	11.2	32.1	24.7	12.7
16304	9.1	33.9	24.7	17.7
16305	6.4	31.7	23.9	43.6
16306	1.3	28.3	24.6	0.0
16307	11.1	33.1	24.4	0.0
16308	3.7	34.3	25.3	0.0
16309	5.9	33.6	26.0	0.0
16310	12.9	33.7	22.5	0.0

16311	7.2	33.8	23.6	0.0
16312	13.7	34.5	25.3	0.0
16313	11.3	32.5	25.4	0.0
16314	10.8	34.1	25.1	0.0
16315	8.7	35.0	24.9	0.8
16316	1.8	34.2	26.5	0.0
16317	5.0	32.8	25.7	9.9
16318	1.5	32.9	25.1	0.0
16319	13.3	33.2	24.3	0.0
16320	12.5	33.7	24.0	18.5
16321	6.7	30.5	24.6	0.0
16322	12.6	33.9	25.2	14.0
16323	10.7	30.6	24.5	3.5
16324	2.9	32.4	24.7	0.0
16325	8.4	33.3	25.3	0.0
16326	12.7	32.6	24.2	0.0
16327	1.6	34.3	24.5	0.3
16328	12.6	34.6	25.9	25.0
16329	2.6	33.8	25.1	0.0
16330	2.5	31.9	25.3	0.0
16331	3.5	32.0	24.7	0.3
16332	10.2	34.0	24.3	0.0
16333	1.8	32.4	24.1	23.7
16334	6.5	31.4	23.3	42.8
16335	1.4	25.3	21.9	79.9
16336	9.6	33.0	23.9	50.0
16337	1.3	32.6	24.3	0.6
16338	10.7	30.7	23.5	0.0
16339	14.4	29.9	23.1	0.0
16340	12.5	32.0	25.0	0.4
16341	8.4	32.7	24.4	1.0
16342	13.8	31.1	24.7	7.2
16343	7.2	31.4	24.6	28.6
16344	3.5	32.2	24.7	5.2
16345	4.1	31.6	23.5	5.1
16346	5.4	31.8	23.4	6.3
16347	5.7	31.8	23.9	5.2
16348	14.3	32.1	23.2	2.4
16349	5.7	33.6	24.0	7.0
16350	1.7	32.7	23.9	0.0
16351	14.2	32.8	23.3	4.4
16352	11.5	31.2	24.6	7.2
16353	16.8	32.4	23.4	0.6
16354	15.2	31.7	23.4	9.3
16355	8.2	32.2	23.0	1.5
16356	1.9	30.2	23.4	0.0
16357	14.5	33.2	23.4	0.6
16358	7.7	32.0	24.3	5.6
16359	7.5	30.2	23.7	0.0
16360	5.2	31.3	23.9	0.0
16361	6.3	29.4	23.8	1.9
16362	2.8	32.1	23.8	8.4

16363	9.9	29.4	23.8	26.2
16364	12.1	32.0	23.6	6.3
16365	13.6	32.0	24.1	0.3
16366	1.3	32.1	24.0	1.9

Archivo de clima. Año 2017

*WEATHER DATA :AM37MATURIN

```
@ INSILATLONG  ELEVAV  AMP REFHTWNDHT
AM37  9.749  63.153  68 28.2  2.3 -99.0 -99.0
@DATE  SRADTMAXTMIN  RAIN  DEWP  WIND  PAR  EVAP  RHUM
17001  17.9 30.8 23.2 0.0
17002  7.1 31.3 21.9 9.8
17003  7.9 31.7 23.0 0.0
17004  13.3 29.7 23.0 0.2
17005  9.7 32.0 23.2 29.3
17006  14.9 31.3 23.1 1.6
17007  10.7 31.0 24.1 6.7
17008  7.7 31.2 23.9 0.0
17009  14.9 30.5 22.6 0.0
17010  1.5 31.2 22.1 0.0
17011  11.7 31.5 22.3 0.5
17012  5.0 31.5 23.2 0.0
17013  9.6 31.6 23.1 0.0
17014  16.2 32.2 23.1 0.0
17015  15.8 31.7 21.4 0.0
17016  14.4 32.1 22.1 0.0
17017  10.1 32.5 23.0 0.0
17018  7.7 29.9 24.0 0.3
17019  9.6 31.5 22.6 0.0
17020  11.5 32.8 22.7 0.0
17021  7.4 31.8 23.8 0.0
17022  10.3 29.9 23.3 6.4
17023  13.6 32.8 22.9 0.0
17024  11.7 33.3 23.2 0.0
17025  10.3 32.3 23.6 0.0
17026  15.8 32.9 22.5 0.0
17027  6.9 30.8 23.1 0.0
17028  12.8 31.9 23.3 0.0
17029  7.3 29.2 23.2 4.2
17030  8.5 31.4 22.8 0.0
17031  10.8 31.7 23.3 0.0
17032  11.6 32.3 22.4 6.8
17033  11.0 30.7 23.1 2.3
17034  15.3 32.0 23.3 0.0
17035  13.4 32.5 23.3 0.0
17036  6.9 32.9 23.0 0.0
17037  5.6 32.1 24.2 0.0
17038  1.4 32.6 23.4 0.0
17039  11.0 32.4 24.2 1.8
17040  16.1 31.8 23.6 0.0
17041  12.2 30.3 22.3 4.5
17042  1.4 31.7 22.8 0.0
17043  13.4 30.3 22.9 0.9
17044  16.1 31.3 21.1 0.0
17045  3.4 31.0 21.7 0.0
17046  16.3 32.0 20.1 0.0
17047  5.2 32.1 23.0 0.0
17048  14.2 31.3 23.2 0.0
17049  3.8 31.7 22.6 1.1
17050  9.8 30.5 23.8 6.1
17051  4.1 29.3 23.7 0.0
17052  15.7 31.0 23.0 0.0
17053  2.5 33.9 20.9 0.0
17054  14.5 32.5 22.9 0.0
17055  10.5 33.2 23.3 0.0
17056  10.6 29.9 24.4 1.3
17057  12.2 32.7 23.4 0.2
17058  9.5 31.9 23.0 4.6
17059  1.4 31.3 22.5 16.9
```

Archivo de suelo

```

*SOILS: General DSSAT Soil Input File
*UDANASUELO:PROPIA      SL      100 Serie Maturin
@SITE      COUNTRY      LAT      LONG SCS FAMILY
Maturin    Venezuela    9.749 -63.153 Ultisol
@ SCOMBALBLSLUISLDRSLROSLNFSLEFSLMBSLMPXSMKE
  BN .13  6  .6  73  1  1 IB001IB001IB001
@ SLBSLMHSLLLSDULSATSRRGFSSKSSBDMSLCCLSLSLSLCFLSLNISLHWSLHE SCEC SADC
20 -99 .166 .268 .444 1 2.59 1.37 1.98 17.2 6 -99 0 4.8 -99 .6 -99
40 -99 .156 .259 .429 .549 2.59 1.39 1.62 17.2 11 -99 0 4.4 -99 .8 -99
60 -99 .141 .234 .418 .368 2.59 1.46 1.08 17.2 12 -99 0 4 -99 .8 -99
80 -99 .166 .278 .454 .247 2.59 1.34 2.16 16.2 9 -99 0 4.8 -99 1 -99
100 -99 .139 .258 .468 .165 2.59 1.3 2.28 10.2 13 -99 0 5 -99 .8 -99
@ SLBSLFXSLPTSLEPOCACO3SLALSLEFSLMNSLBSLPLASLPSLWESLIMGSLNASLSUSLECSLCA
20 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 .2 -99 -99 -99 -99 -99 -99
40 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 .2 -99 -99 -99 -99 -99 -99
60 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 .1 -99 -99 -99 -99 -99 -99
80 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 .1 -99 -99 -99 -99 -99 -99
100 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 -99 .2 -99 -99 -99 -99 -99 -99

```

Archivo de los coeficientes genéticos

*CONPEA GENOTYPE COEFFICIENTS: CRGR0046 MODEL

```

|
| COEFF  DEFINITIONS
| *****
| EXPNO  Number of experiments used to estimate cultivar parameters
| ECO#   Code for the ecotype to which this cultivar belongs (see *.eco file)
| CSDL   Critical Short Day length below which reproductive development
|        progresses with no daylength effect (for shortday plants) (hour)
| PPSEN  Slope of the relative response of development to photoperiod with time
|        (positive for shortday plants) (1/hour)
| EM-FL  Time between plant emergence and flower appearance (R1)
|        (photothermal days)
| FL-SH  Time between first flower and first pod (R3) (photothermal days)
| FL-SD  Time between first flower and first seed (R5) (photothermal days)
| SD-PM  Time between first seed (R5) and physiological maturity (R7)
|        (photothermal days)
| FL-LF  Time between first flower (R1) and end of leaf expansion
|        (photothermal days)
| LFMAX  Maximum leaf photosynthesis rate at 30 C, 350 ppm CO2, and high light
|        (mg CO2/m2-s)
| SLAVR  Specific leaf area of cultivar under standard growth conditions
|        (cm2/g)
| SIZLF  Maximum size of full leaf (three leaflets) (cm2)
| XFRT   Maximum fraction of daily growth that is partitioned to seed + shell
| WTPSD  Maximum weight per seed (g)
| SFDUR  Seed filling duration for pod cohort at standard growth conditions
|        (photothermal days)
| SDPDV  Average seed per pod under standard growing conditions (#/pod)
| PODUR  Time required for cultivar to reach final pod load under optimal
| THRESH The maximum ratio of (seed/(seed+shell)) at maturity.
|        Causes seed to stop growing as their dry weights
|        increase until shells are filled in a cohort.
| SDPRO  Fraction protein in seeds (g(protein)/g(seed))
| SOLIP  Fraction oil in seeds (g(oil)/g(seed))

@VAR#  VRNAME..... EXPNO  ECO#  CSDL  PPSEN  EM-FL  FL-SH  FL-SD  SD-PM  FL-LF  LFMAX  SLAVR  SIZLF  XFRT  WTPSD  SFDUR  SDPDV  PODUR  THRESH  SDPRO  SOLIP
|
| 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
CP0007 TUY - VE      1,1 CP0410 11.52 .2940 31.99 3.50 7.207 14.88 17.00 1.600 260.0 270.0 0.850 .1518 7.0 7.040 15.38 66.5 .226 .041
IP0007 TUY - VE      . CP0410 12.80 .2940 33.20 3.50 7.20 31.00 17.00 1.000 260.0 270.0 0.850 .2200 7.0 6.40 32.0 66.5 .226 .041
CP0008 Apure - VE   1,1 CP0410 11.52 .2940 36.52 3.50 7.132 14.88 17.00 1.600 260.0 270.0 0.850 .1055 7.0 7.040 15.38 66.5 .226 .041
IP0008 Apure - VE   . CP0410 12.80 .2940 33.20 3.50 7.20 31.00 17.00 1.000 260.0 270.0 0.850 .2200 7.0 6.40 32.0 66.5 .226 .041
CP0009 Orituco - VE 1,1 CP0410 11.52 .2940 30.62 3.50 6.926 14.88 17.00 1.600 260.0 270.0 0.850 .1225 7.0 7.040 22.35 66.5 .226 .041
IP0009 Orituco - VE . CP0410 12.80 .2940 33.20 3.50 7.20 31.00 17.00 1.000 260.0 270.0 0.850 .2200 7.0 6.40 32.0 66.5 .226 .041
CP0010 I-575 - VE   1,1 CP0410 11.52 .2940 34.86 3.50 7.098 14.88 17.00 1.600 260.0 270.0 0.850 .1446 7.0 7.040 15.38 66.5 .226 .041
IP0010 I-575 - VE   . CP0410 12.80 .2940 33.20 3.50 7.20 31.00 17.00 1.000 260.0 270.0 0.850 .2200 7.0 6.40 32.0 66.5 .226 .041
CP0011 I-572 - VE   1,1 CP0410 11.52 .2940 44.18 3.50 7.177 17.80 17.00 1.600 260.0 270.0 0.850 .1566 7.0 7.040 15.38 66.5 .226 .041
IP0011 I-572 - VE   . CP0410 12.80 .2940 33.20 3.50 7.20 31.00 17.00 1.000 260.0 270.0 0.850 .2200 7.0 6.40 32.0 66.5 .226 .041

```

*SIMULATION OVERVIEW FILE

*DSSAT Cropping System Model Ver. 4.6.1.000 -release JUN 15, 2017; 22:56:40

*RUN 1 : Tuy CRGRO046UDMA1701 1
 MODEL : CRGRO046 - Cowpea
 EXPERIMENT : UDMA1701CP EVALUACIÓN DE CINCO CULTIVARES DE FRIJOL
 DATA PATH : C:\DSSAT46\COWPEA\
 TREATMENT 1 : Tuy CRGRO046

CROP : CowpeaCULTIVAR : TUY - VE ECOTYPE :CP0410
 STARTING DATE : MAR 1 2016
 PLANTING DATE : NOV 4 2016 PLANTS/m2 : 16.0 ROW SPACING : 60.cm
 WEATHER : AM37 2016
 SOIL : IB00000008TEXTURE : SL - DEFAULT - MEDIUM SANDY LO
 SOIL INITIAL C :DEPTH:150cmEXTR. H2O:165.6mmNO3: 0.0Kg/ha NH4: 0.0Kg/ha
 WATER BALANCE : IRRIGATE ON REPORTED DATE(S)
 IRRIGATION : 0 mm IN 0 APPLICATIONS
 NITROGEN BAL. : SOIL-N, N-UPTAKE & DYNAMIC N-FIXATION SIMULATION
 N-FERTILIZER : NO N-FERTILIZER APPLIED
 RESIDUE/MANURE : INITIAL : 0 Kg/ha ; 0 Kg/ha IN 0 APPLICATIONS
 ENVIRONM.OPT. :DAYL= 0.00 SRAD= 0.00 TMAX= 0.00 TMIN= 0.00
 RAIN= 0.00 CO2 = 0.00 DEW = 0.00 WIND= 0.00
 SIMULATION OPT : WATER :Y NITROGEN:YN-FIX:YPHOSPH :N PESTS :N
 PHOTO :L ET :R INFIL:SHYDROL :R SOM :G
 CO2 400ppmNSWIT :1 EVAP :S SOIL :2 STEMP :D
 MANAGEMENT OPT : PLANTING:RIRRIG :R FERT :N RESIDUE:NHARVEST:M
 WEATHER :M TILLAGE :N

*SUMMARY OF SOIL AND GENETIC INPUT PARAMETERS

DEPTH	LOWER LIMIT	UPPER LIMIT	SAT SW	EXTRINIT SWSWDIST	ROOT DENS	BULK	pH	NO3NH4	ORG			
cm	cm3/cm3	cm3/cm3	cm3/cm3	cm3/cm3	g/cm3	ugN/g	ugN/g	%	C			
0-	5	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	1.00	1.40	4.80	0.00	0.00	1.98
5-	15	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	1.00	1.40	4.80	0.00	0.00	1.98
15-	30	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	0.64	1.40	4.53	0.00	0.00	1.74
30-	45	0.073	0.192	0.360	0.119	0.192	0.47	1.43	4.27	0.00	0.00	1.44
45-	60	0.073	0.192	0.360	0.119	0.192	0.35	1.50	4.00	0.00	0.00	1.08
60-	90	0.128	0.232	0.361	0.104	0.232	0.22	1.30	4.87	0.00	0.00	2.20
90-	120	0.143	0.243	0.359	0.100	0.243	0.12	1.30	5.00	0.00	0.00	2.28
120-	150	0.138	0.243	0.360	0.105	0.243	0.07	1.62	6.50	0.00	0.00	0.12
TOT-150	16.0	32.6	54.0	16.6	32.6	<--cm	-	Kg/ha-->	0.0	0.0	313932	
SOIL ALBEDO	: 0.13		EVAPORATION LIMIT : 6.00				MIN. FACTOR : 1.00					
RUNOFF CURVE #	: 70.00		DRAINAGE RATE : 0.50				FERT. FACTOR : 1.00					

CowpeaCULTIVAR :CP0007-TUY - VE ECOTYPE :CP0410
 CSDVAR :11.52PPSEN : 0.29 EMG-FLW:31.99FLW-FSD: 7.29 FSD-PHM : 14.88
 WTPSD :0.152SDPDVR : 7.04 SDFDUR : 7.00 PODDUR :15.38 XFRUIT : 0.85
 THRESH : 66.5 SDPRO :0.226 SDLIP : 0.041

*SIMULATED CROP AND SOIL STATUS AT MAIN DEVELOPMENT STAGES

RUN NO. 1 Tuy

DATE	AGE	CROP GROWTH STAGE	BIOMASS		LEAF		CROP N		STRESS			STRESS 2RSTG
			Kg/ha	LAI	NUM	Kg/ha	%	H2O	Nitr	Phos1	Phos2	
1 MAR	0	Start Sim	0	0.00	0.0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0
4 NOV	0	Sowing	0	0.00	0.0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0
9 NOV	5	Emergence	7	0.02	0.1	0	5.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0
9 NOV	5	End Juven.	7	0.02	0.1	0	5.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0
15 NOV	11	Unifoliate	16	0.06	1.6	1	4.7	0.00	0.01	0.00	0.00	0
15 NOV	11	Flower Ind	16	0.06	1.6	1	4.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0
17 DEC	43	First Flwr	815	2.44	14.8	23	2.8	0.00	0.11	0.00	0.00	1
22 DEC	48	First Pod	1193	3.04	16.6	36	3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	3
27 DEC	53	First Seed	1398	3.20	18.5	44	3.1	0.00	0.00	0.00	0.00	5
8 JAN	65	End Leaf	2336	2.43	22.6	65	2.8	0.00	0.00	0.00	0.00	5
14 JAN	71	Phys. Mat	2719	1.90	24.1	68	2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	7
20 JAN	77	End Msnode	2403	0.47	25.7	52	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	7
21 JAN	78	End Pod	2366	0.37	25.7	51	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	8
21 JAN	78	Harv. Mat	2366	0.37	25.7	51	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	8
21 JAN	78	Harvest	2366	0.37	25.7	51	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	8

*MAIN GROWTH AND DEVELOPMENT VARIABLES

@	VARIABLE	SIMULATED	MEASURED
	-----	-----	-----
	Anthesis day (dap)	43	43
	First pod day (dap)	48	45
	First seed day (dap)	53	57
	Physiological maturity day (dap)	71	66
	Yield at harvest maturity (kg [dm]/ha)	727	837.8
	Pod/Ear/Panicle weight at maturity (kg [dm]/ha)	1171	1111.
	Number at maturity (no/m2)	557	838.7
	Unit wt at maturity (g [dm]/unit)	0.1306	0.133
	Number at maturity (no/unit)	6.68	-99
	Tops weight at maturity (kg [dm]/ha)	2366	2413.
	By-product produced (stalk) at maturity (kg[dm]/ha)	1640	-99
	Leaf area index, maximum	3.24	-99
	Harvest index at maturity	0.307	0.354
	Threshing % at maturity	62.09	75.51
	Grain N at maturity (Kg/ha)	28	-99
	Tops N at maturity (Kg/ha)	51	-99
	Stem N at maturity (Kg/ha)	10	-99
	Grain N at maturity (%)	3.80	-99
	Tops weight at anthesis (kg [dm]/ha)	815	-99
	Tops N at anthesis (Kg/ha)	23	-99
	Leaf number per stem at maturity	25.65	-99
	Grain oil at maturity (%)	3.88	-99
	Canopy height (m)	1.97	-99
	Harvest maturity day (dap)	78	-99
	Emergence day (dap)	5	5

Cowpea YIELD : 727 Kg/ha [Dry weight]

*DSSAT Cropping System Model Ver. 4.6.1.000 -release JUN 15, 2017; 22:56:40

*RUN 2 : Apure CRGRO046UDMA1701 2
MODEL : CRGRO046 - Cowpea
EXPERIMENT : UDMA1701CP EVALUACIÓN DE CINCO CULTIVARES DE FRIJOL
DATA PATH : C:\DSSAT46\COWPEA\
TREATMENT 2 : Apure CRGRO046

CROP : Cowpea CULTIVAR : Apure - VE ECOTYPE :CP0410
STARTING DATE : MAR 1 2016
PLANTING DATE : NOV 4 2016 PLANTS/m2 : 16.0 ROW SPACING : 60.cm
WEATHER : AM37 2016
SOIL : IB00000008TEXTURE : SL - DEFAULT - MEDIUM SANDY LO
SOIL INITIAL C :DEPTH:150cmEXTR. H2O:165.6mmNO3: 0.0Kg/ha NH4: 0.0Kg/ha
WATER BALANCE : IRRIGATE ON REPORTED DATE(S)
IRRIGATION : 0 mm IN 0 APPLICATIONS
NITROGEN BAL. : SOIL-N, N-UPTAKE & DYNAMIC N-FIXATION SIMULATION
N-FERTILIZER : NO N-FERTILIZER APPLIED
RESIDUE/MANURE : INITIAL : 0 Kg/ha ; 0 Kg/ha IN 0 APPLICATIONS
ENVIRONM.OPT. :DAYL= 0.00 SRAD= 0.00 TMAX= 0.00 TMIN= 0.00
RAIN= 0.00 CO2 = 0.00 DEW = 0.00 WIND= 0.00
SIMULATION OPT : WATER :Y NITROGEN:YN-FIX:YPHOSPH :N PESTS :N
PHOTO :L ET :R INFIL:SHYDROL :R SOM :G
CO2 400ppmNSWIT :1 EVAP :S SOIL :2 STEMP :D
MANAGEMENT OPT : PLANTING:RIRRIG :R FERT :N RESIDUE:NHARVEST:M
WEATHER :M TILLAGE :N

*SUMMARY OF SOIL AND GENETIC INPUT PARAMETERS

Table with 13 columns: SOIL DEPTH, LOWER LIMIT, UPPER LIMIT, SAT SW, EXTRIN SW, NITRIN SW, ROOT DENS, BULK DENS, pH, NO3NH4 %, ORG C. Rows include soil profile data from 0-150cm and summary statistics like TOT-150, SOIL ALBEDO, RUNOFF CURVE #.

Cowpea CULTIVAR :CP0008-Apure - VE ECOTYPE :CP0410
CSDVAR :11.52PPSEN : 0.29 EMG-FLW:36.52FLW-FSD: 7.13 FSD-PHM : 14.88
WTPSD :0.105SDPDVR : 7.04 SDFDUR : 7.00 PODDUR :15.38 XFRUIT : 0.85
THRESH : 66.5 SDPRO :0.226 SDLIP : 0.041

*SIMULATED CROP AND SOIL STATUS AT MAIN DEVELOPMENT STAGES

RUN NO. 2 Apure
CROP GROWTH BIOMASS LEAF CROP N STRESS STRESS
DATE AGESTAGEKg/ha LAINUM Kg/ha % H2ONitrPhos1Phos2RSTG

Date	Event	0	0.00	0.0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
1 MAR	0 Start Sim	0	0.00	0.0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
4 NOV	0 Sowing	0	0.00	0.0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
9 NOV	5 Emergence	5	0.01	0.1	0	5.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
9 NOV	5 End Juven.	5	0.01	0.1	0	5.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
15 NOV	11 Unifoliate	12	0.05	1.6	1	4.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
15 NOV	11 Flower Ind	12	0.05	1.6	1	4.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
23 DEC	49 First Flwr	1143	3.05	17.0	35	3.1	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	1
27 DEC	53 First Pod	1281	3.37	18.5	41	3.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3
1 JAN	58 First Seed	1605	3.31	20.4	54	3.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5
13 JAN	70 End Leaf	2406	2.35	24.4	71	2.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5
20 JAN	77 Phys. Mat	2944	1.65	26.2	73	2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7
25 JAN	82 End Msnode	2670	0.51	27.5	59	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7
27 JAN	84 End Pod	2626	0.32	27.5	57	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8
27 JAN	84 Harv. Mat	2626	0.32	27.5	57	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8
27 JAN	84 Harvest	2626	0.32	27.5	57	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8

*MAIN GROWTH AND DEVELOPMENT VARIABLES

@	VARIABLE	SIMULATED	MEASURED
	Anthesis day (dap)	49	49
	First pod day (dap)	53	51
	First seed day (dap)	58	60
	Physiological maturity day (dap)	77	75
	Yield at harvest maturity (kg [dm]/ha)	871	767.8
	Pod/Ear/Panicle weight at maturity (kg [dm]/ha)	1372	1207.
	Number at maturity (no/m2)	877	1343.
	Unit wt at maturity (g [dm]/unit)	0.0993	0.092
	Number at maturity (no/unit)	6.44	-99
	Tops weight at maturity (kg [dm]/ha)	2626	3371.
	By-product produced (stalk) at maturity (kg[dm]/ha)	1750	-99
	Leaf area index, maximum	3.51	-99
	Harvest index at maturity	0.332	0.269
	Threshing % at maturity	63.48	76.88
	Grain N at maturity (Kg/ha)	33	-99
	Tops N at maturity (Kg/ha)	57	-99
	Stem N at maturity (Kg/ha)	10	-99
	Grain N at maturity (%)	3.78	-99
	Tops weight at anthesis (kg [dm]/ha)	1143	-99
	Tops N at anthesis (Kg/ha)	35	-99
	Leaf number per stem at maturity	27.51	-99
	Grain oil at maturity (%)	3.92	-99
	Canopy height (m)	2.03	-99
	Harvest maturity day (dap)	84	-99
	Emergence day (dap)	5	5

Cowpea YIELD : 871 Kg/ha [Dry weight]

*DSSAT Cropping System Model Ver. 4.6.1.000 -release JUN 15, 2017; 22:56:40

*RUN 3 : OritucoCRGRO046UDMA1701 3
 MODEL : CRGRO046 - Cowpea
 EXPERIMENT : UDMA1701CP EVALUACIÓN DE CINCO CULTIVARES DE FRIJOL
 DATA PATH : C:\DSSAT46\COWPEA\
 TREATMENT 3 : OritucoCRGRO046

CROP : CowpeaCULTIVAR :Orituco - VE ECOTYPE :CP0410
 STARTING DATE : MAR 1 2016
 PLANTING DATE : NOV 4 2016 PLANTS/m2 : 16.0 ROW SPACING : 60.cm
 WEATHER : AM37 2016
 SOIL : IB00000008TEXTURE : SL - DEFAULT - MEDIUM SANDY LO
 SOIL INITIAL C :DEPTH:150cmEXTR. H2O:165.6mmNO3: 0.0Kg/ha NH4: 0.0Kg/ha
 WATER BALANCE : IRRIGATE ON REPORTED DATE(S)
 IRRIGATION : 0 mm IN 0 APPLICATIONS
 NITROGEN BAL. : SOIL-N, N-UPTAKE & DYNAMIC N-FIXATION SIMULATION
 N-FERTILIZER : NO N-FERTILIZER APPLIED
 RESIDUE/MANURE : INITIAL : 0 Kg/ha ; 0 Kg/ha IN 0 APPLICATIONS
 ENVIRONM.OPT. :DAYL= 0.00 SRAD= 0.00 TMAX= 0.00 TMIN= 0.00
 RAIN= 0.00 CO2 = 0.00 DEW = 0.00 WIND= 0.00
 SIMULATION OPT : WATER :Y NITROGEN:YN-FIX:YPHOSPH :N PESTS :N
 PHOTO :L ET :R INFIL:SHYDROL :R SOM :G
 CO2 400ppmNSWIT :1 EVAP :S SOIL :2 STEMP :D
 MANAGEMENT OPT : PLANTING:RIRRIG :R FERT :N RESIDUE:NHARVEST:M
 WEATHER :M TILLAGE :N

*SUMMARY OF SOIL AND GENETIC INPUT PARAMETERS

DEPTH	LOWER	UPPER	SAT	EXTRINIT	ROOT	BULK	pH	NO3NH4	ORG		
cm	cm3/cm3	cm3/cm3	SW	SWSWDIST	DENS	ugN/g	ugN/g	%	C		
0- 5	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	1.00	1.40	4.80	0.00	0.00	1.98
5- 15	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	1.00	1.40	4.80	0.00	0.00	1.98
15- 30	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	0.64	1.40	4.53	0.00	0.00	1.74
30- 45	0.073	0.192	0.360	0.119	0.192	0.47	1.43	4.27	0.00	0.00	1.44
45- 60	0.073	0.192	0.360	0.119	0.192	0.35	1.50	4.00	0.00	0.00	1.08
60- 90	0.128	0.232	0.361	0.104	0.232	0.22	1.30	4.87	0.00	0.00	2.20
90-120	0.143	0.243	0.359	0.100	0.243	0.12	1.30	5.00	0.00	0.00	2.28
120-150	0.138	0.243	0.360	0.105	0.243	0.07	1.62	6.50	0.00	0.00	0.12
TOT-150	16.0	32.6	54.0	16.6	32.6	<--cm - Kg/ha-->		0.0	0.0	313932	
SOIL ALBEDO	: 0.13		EVAPORATION LIMIT		: 6.00		MIN. FACTOR		: 1.00		
RUNOFF CURVE #	:70.00		DRAINAGE RATE		: 0.50		FERT. FACTOR		: 1.00		

CowpeaCULTIVAR :CP0009-Orituco - VE ECOTYPE :CP0410
 CSDVAR :11.52PPSEN : 0.29 EMG-FLW:30.62FLW-FSD: 6.93 FSD-PHM : 14.88
 WTPSD :0.123SDPDVR : 7.04 SDFDUR : 7.00 PODDUR :22.35 XFRUIT : 0.85
 THRESH : 66.5 SDPRO :0.226 SDLIP : 0.041

*SIMULATED CROP AND SOIL STATUS AT MAIN DEVELOPMENT STAGES

RUN NO. 3 Orituco

DATE	AGE	STAGE	CROP GROWTH	BIOMASS	LEAF	CROP N	STRESS	STRESS
---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	Kg/ha	LAI	NUM	Kg/ha %	H2O	NitrPhos1Phos2RSTG
1 MAR	0	Start Sim	0	0.00	0.0	0 0.0	0.00	0.00 0.00 0.00
4 NOV	0	Sowing	0	0.00	0.0	0 0.0	0.00	0.00 0.00 0.00
9 NOV	5	Emergence	6	0.01	0.1	0 5.1	0.00	0.00 0.00 0.00
9 NOV	5	End Juven.	6	0.01	0.1	0 5.1	0.00	0.00 0.00 0.00
15 NOV	11	Unifoliate	14	0.05	1.6	1 4.7	0.00	0.00 0.00 0.00
15 NOV	11	Flower Ind	14	0.05	1.6	1 4.7	0.00	0.00 0.00 0.00
16 DEC	42	First Flwr	668	2.05	14.4	19 2.8	0.00	0.11 0.00 0.00
20 DEC	46	First Pod	1018	2.60	15.9	30 2.9	0.00	0.00 0.00 0.00
25 DEC	51	First Seed	1267	2.85	17.8	39 3.1	0.00	0.00 0.00 0.00
6 JAN	63	End Leaf	2073	2.25	22.0	59 2.9	0.00	0.00 0.00 0.00
12 JAN	69	Phys. Mat	2377	1.79	23.8	60 2.5	0.00	0.00 0.00 0.00

18 JAN	75 End Msnode	2053	0.45	25.5	42	2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	7
19 JAN	76 End Pod	2017	0.36	25.5	41	2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8
19 JAN	76 Harv. Mat	2017	0.36	25.5	41	2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8
19 JAN	76 Harvest	2017	0.36	25.5	41	2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8

*MAIN GROWTH AND DEVELOPMENT VARIABLES

@	VARIABLE	SIMULATED	MEASURED
	-----	-----	-----
	Anthesis day (dap)	42	42
	First pod day (dap)	46	44
	First seed day (dap)	51	58
	Physiological maturity day (dap)	69	68
	Yield at harvest maturity (kg [dm]/ha)	481	927.4
	Pod/Ear/Panicle weight at maturity (kg [dm]/ha)	777	2074.
	Number at maturity (no/m2)	430	914.2
	Unit wt at maturity (g [dm]/unit)	0.1119	0.115
	Number at maturity (no/unit)	6.44	-99
	Tops weight at maturity (kg [dm]/ha)	2017	3570.
	By-product produced (stalk) at maturity (kg[dm]/ha)	1540	-99
	Leaf area index, maximum	2.88	-99
	Harvest index at maturity	0.238	0.270
	Threshing % at maturity	61.87	71.32
	Grain N at maturity (Kg/ha)	18	-99
	Tops N at maturity (Kg/ha)	41	-99
	Stem N at maturity (Kg/ha)	11	-99
	Grain N at maturity (%)	3.74	-99
	Tops weight at anthesis (kg [dm]/ha)	668	-99
	Tops N at anthesis (Kg/ha)	19	-99
	Leaf number per stem at maturity	25.46	-99
	Grain oil at maturity (%)	3.99	-99
	Canopy height (m)	1.95	-99
	Harvest maturity day (dap)	76	-99
	Emergence day (dap)	5	5

Cowpea YIELD : 481 Kg/ha [Dry weight]

*DSSAT Cropping System Model Ver. 4.6.1.000 -release JUN 15, 2017; 22:56:40

```

*RUN 4 : I-575 CRGRO046UDMA1701 4
MODEL : CRGRO046 - Cowpea
EXPERIMENT : UDMA1701CP EVALUACIÓN DE CINCO CULTIVARES DE FRIJOL
DATA PATH : C:\DSSAT46\COWPEA\
TREATMENT 4 : I-575 CRGRO046

CROP : Cowpea CULTIVAR : I-575 - VE ECOTYPE :CP0410
STARTING DATE : MAR 1 2016
PLANTING DATE : NOV 4 2016 PLANTS/m2 : 16.0 ROW SPACING : 60.cm
WEATHER : AM37 2016
SOIL : IB00000008TEXTURE : SL - DEFAULT - MEDIUM SANDY LO
SOIL INITIAL C :DEPTH:150cmEXTR. H2O:165.6mmNO3: 0.0Kg/ha NH4: 0.0Kg/ha
WATER BALANCE : IRRIGATE ON REPORTED DATE(S)
IRRIGATION : 0 mm IN 0 APPLICATIONS
NITROGEN BAL. : SOIL-N, N-UPTAKE & DYNAMIC N-FIXATION SIMULATION
N-FERTILIZER : NO N-FERTILIZER APPLIED
RESIDUE/MANURE : INITIAL : 0 Kg/ha ; 0 Kg/ha IN 0 APPLICATIONS

```

ENVIRONM.OPT. :DAYL= 0.00 SRAD= 0.00 TMAX= 0.00 TMIN= 0.00
 RAIN= 0.00 CO2 = 0.00 DEW = 0.00 WIND= 0.00
 SIMULATION OPT : WATER :Y NITROGEN:YN-FIX:YPHOSPH :N PESTS :N
 PHOTO :L ET :R INFIL:SHYDROL :R SOM :G
 CO2 400ppmNSWIT :1 EVAP :S SOIL :2 STEMP :D
 MANAGEMENT OPT : PLANTING:RIRRIG :R FERT :N RESIDUE:NHARVEST:M
 WEATHER :M TILLAGE :N

*SUMMARY OF SOIL AND GENETIC INPUT PARAMETERS

DEPTH	LOWER	UPPER	SAT	EXTRINIT	ROOT	BULK	pH	NO3NH4	ORG			
cm	cm3/cm3	cm3/cm3	SW	SWSWDIST	DENS	g/cm3	ugN/g	%	C			
0-	5	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	1.00	1.40	4.80	0.00	0.00	1.98
5-	15	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	1.00	1.40	4.80	0.00	0.00	1.98
15-	30	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	0.64	1.40	4.53	0.00	0.00	1.74
30-	45	0.073	0.192	0.360	0.119	0.192	0.47	1.43	4.27	0.00	0.00	1.44
45-	60	0.073	0.192	0.360	0.119	0.192	0.35	1.50	4.00	0.00	0.00	1.08
60-	90	0.128	0.232	0.361	0.104	0.232	0.22	1.30	4.87	0.00	0.00	2.20
90-	120	0.143	0.243	0.359	0.100	0.243	0.12	1.30	5.00	0.00	0.00	2.28
120-	150	0.138	0.243	0.360	0.105	0.243	0.07	1.62	6.50	0.00	0.00	0.12

TOT-150 16.0 32.6 54.0 16.6 32.6 <--cm - Kg/ha--> 0.0 0.0 313932
 SOIL ALBEDO : 0.13 EVAPORATION LIMIT : 6.00 MIN. FACTOR : 1.00
 RUNOFF CURVE # : 70.00 DRAINAGE RATE : 0.50 FERT. FACTOR : 1.00

CowpeaCULTIVAR :CP0010-I-575 - VE ECOTYPE :CP0410
 CSDVAR :11.52PPSEN : 0.29 EMG-FLW:34.86FLW-FSD: 7.10 FSD-PHM : 14.88
 WTPSD :0.145SDPDVR : 7.04 SDFDUR : 7.00 PODDUR :15.38 XFRUIT : 0.85
 THRESH : 66.5 SDPRO :0.226 SDLIP : 0.041

*SIMULATED CROP AND SOIL STATUS AT MAIN DEVELOPMENT STAGES

RUN NO. 4 I-575

DATE	AGE	CROP STAGE	GROWTH	BIOMASS	LEAF	CROP N	STRESS	STRESS
---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
---	---	-----	Kg/ha	LAI	NUM	Kg/ha %	H2O	NitrPhos1Phos2RSTG
1 MAR	0	Start Sim	0	0.00	0.0	0 0.0	0.00	0.00 0.00 0.00
4 NOV	0	Sowing	0	0.00	0.0	0 0.0	0.00	0.00 0.00 0.00
9 NOV	5	Emergence	7	0.01	0.1	0 5.1	0.00	0.00 0.00 0.00
9 NOV	5	End Juven.	7	0.01	0.1	0 5.1	0.00	0.00 0.00 0.00
15 NOV	11	Unifoliate	16	0.06	1.6	1 4.7	0.00	0.01 0.00 0.00
15 NOV	11	Flower Ind	16	0.06	1.6	1 4.7	0.00	0.00 0.00 0.00
21 DEC	47	First Flwr	1061	2.92	16.2	32 3.0	0.00	0.10 0.00 0.00
25 DEC	51	First Pod	1310	3.40	17.8	41 3.1	0.00	0.00 0.00 0.00
30 DEC	56	First Seed	1626	3.54	19.7	53 3.2	0.00	0.00 0.00 0.00
11 JAN	68	End Leaf	2401	2.47	23.9	70 2.9	0.00	0.00 0.00 0.00
18 JAN	75	Phys. Mat	2912	1.76	25.7	73 2.5	0.00	0.00 0.00 0.00
23 JAN	80	End Msnode	2610	0.54	26.9	57 2.2	0.00	0.00 0.00 0.00
24 JAN	81	End Pod	2583	0.43	26.9	56 2.2	0.00	0.00 0.00 0.00
25 JAN	82	Harv. Mat	2562	0.34	26.9	55 2.2	0.00	0.00 0.00 0.00
25 JAN	82	Harvest	2562	0.34	26.9	55 2.2	0.00	0.00 0.00 0.00

*MAIN GROWTH AND DEVELOPMENT VARIABLES

@	VARIABLE	SIMULATED	MEASURED
---	-----	-----	-----
	Anthesis day (dap)	47	47
	First pod day (dap)	51	49

First seed day (dap)	56	61
Physiological maturity day (dap)	75	71
Yield at harvest maturity (kg [dm]/ha)	829	1491.
Pod/Ear/Panicle weight at maturity (kg [dm]/ha)	1307	1168.
Number at maturity (no/m2)	624	1414.
Unit wt at maturity (g [dm]/unit)	0.1329	0.132
Number at maturity (no/unit)	6.73	-99
Tops weight at maturity (kg [dm]/ha)	2562	5942
By-product produced (stalk) at maturity (kg[dm]/ha)	1730	-99
Leaf area index, maximum	3.56	-99
Harvest index at maturity	0.324	0.261
Threshing % at maturity	63.44	65.30
Grain N at maturity (Kg/ha)	32	-99
Tops N at maturity (Kg/ha)	55	-99
Stem N at maturity (Kg/ha)	10	-99
Grain N at maturity (%)	3.81	-99
Tops weight at anthesis (kg [dm]/ha)	1061	-99
Tops N at anthesis (Kg/ha)	32	-99
Leaf number per stem at maturity	26.91	-99
Grain oil at maturity (%)	3.86	-99
Canopy height (m)	2.02	-99
Harvest maturity day (dap)	82	-99
Emergence day (dap)	5	5

Cowpea YIELD : 829 Kg/ha [Dry weight]

*DSSAT Cropping System Model Ver. 4.6.1.000 -release JUN 15, 2017; 22:56:40

```

*RUN 5 : I-572 CRGRO046UDMA1701 5
MODEL : CRGRO046 - Cowpea
EXPERIMENT : UDMA1701CP EVALUACIÓN DE CINCO CULTIVARES DE FRIJOL
DATA PATH : C:\DSSAT46\COWPEA\
TREATMENT 5 : I-572 CRGRO046

CROP : Cowpea CULTIVAR : I-572 - VE ECOTYPE :CP0410
STARTING DATE : MAR 1 2016
PLANTING DATE : NOV 4 2016 PLANTS/m2 : 16.0 ROW SPACING : 60.cm
WEATHER : AM37 2016
SOIL : IB00000008TEXTURE : SL - DEFAULT - MEDIUM SANDY LO
SOIL INITIAL C :DEPTH:150cmEXTR. H2O:165.6mmNO3: 0.0Kg/ha NH4: 0.0Kg/ha
WATER BALANCE : IRRIGATE ON REPORTED DATE(S)
IRRIGATION : 0 mm IN 0 APPLICATIONS
NITROGEN BAL. : SOIL-N, N-UPTAKE & DYNAMIC N-FIXATION SIMULATION
N-FERTILIZER : NO N-FERTILIZER APPLIED
RESIDUE/MANURE : INITIAL : 0 Kg/ha ; 0 Kg/ha IN 0 APPLICATIONS
ENVIRONM.OPT. :DAYL= 0.00 SRAD= 0.00 TMAX= 0.00 TMIN= 0.00
RAIN= 0.00 CO2 = 0.00 DEW = 0.00 WIND= 0.00
SIMULATION OPT : WATER :Y NITROGEN:YN-FIX:YPHOSPH :N PESTS :N
PHOTO :L ET :R INFIL:SHYDROL :R SOM :G
CO2 400ppmNSWIT :1 EVAP :S SOIL :2 STEMP :D
MANAGEMENT OPT : PLANTING:RIRRIG :R FERT :N RESIDUE:NHARVEST:M
WEATHER :M TILLAGE :N

```

*SUMMARY OF SOIL AND GENETIC INPUT PARAMETERS

SOIL LOWER	UPPER	SAT	EXTRINIT	ROOT	BULK	pH	NO3NH4	ORG
DEPTH LIMIT	LIMIT	SW	SWSWDIST	DENS				C

cm	cm3/cm3	cm3/cm3	cm3/cm3	cm3/cm3	g/cm3	ugN/g	ugN/g	%			
0- 5	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	1.00	1.40	4.80	0.00	0.00	1.98
5- 15	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	1.00	1.40	4.80	0.00	0.00	1.98
15- 30	0.052	0.176	0.359	0.124	0.176	0.64	1.40	4.53	0.00	0.00	1.74
30- 45	0.073	0.192	0.360	0.119	0.192	0.47	1.43	4.27	0.00	0.00	1.44
45- 60	0.073	0.192	0.360	0.119	0.192	0.35	1.50	4.00	0.00	0.00	1.08
60- 90	0.128	0.232	0.361	0.104	0.232	0.22	1.30	4.87	0.00	0.00	2.20
90-120	0.143	0.243	0.359	0.100	0.243	0.12	1.30	5.00	0.00	0.00	2.28
120-150	0.138	0.243	0.360	0.105	0.243	0.07	1.62	6.50	0.00	0.00	0.12
TOT-150	16.0	32.6	54.0	16.6	32.6	--cm - Kg/ha-->		0.0	0.0	313932	
SOIL ALBEDO	: 0.13		EVAPORATION LIMIT		: 6.00		MIN. FACTOR		: 1.00		
RUNOFF CURVE #	: 70.00		DRAINAGE RATE		: 0.50		FERT. FACTOR		: 1.00		
Cowpea CULTIVAR : CP0011-I-572 - VE ECOTYPE : CP0410											
CSDVAR : 11.52 PPSSEN : 0.29 EMG-FLW : 44.18 FLW-FSD : 7.18 FSD-PHM : 17.80											
WTPSD : 0.157 SDPDVR : 7.04 SDFDUR : 7.00 PODDUR : 15.38 XFRUIT : 0.85											
THRESH : 66.5 SDPRO : 0.226 SDLIP : 0.041											

*SIMULATED CROP AND SOIL STATUS AT MAIN DEVELOPMENT STAGES

RUN NO. 5 I-572

DATE	AGE	CROP STAGE	GROWTH	BIOMASS	LEAF	CROP N	STRESS	STRESS					
				Kg/ha	LAI	NUM	Kg/ha	%	H2O	Nitr	Phos1	Phos2	RSTG
1 MAR	0	Start	Sim	0	0.00	0.0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0
4 NOV	0	Sowing		0	0.00	0.0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0
9 NOV	5	Emergence		8	0.02	0.1	0	5.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0
9 NOV	5	End Juven.		8	0.02	0.1	0	5.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0
15 NOV	11	Unifoliate		17	0.06	1.6	1	4.7	0.00	0.01	0.00	0.00	0
15 NOV	11	Flower Ind		17	0.06	1.6	1	4.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0
31 DEC	57	First Flwr		1543	3.90	20.0	52	3.4	0.00	0.08	0.00	0.00	1
5 JAN	62	First Pod		1896	4.20	21.9	64	3.4	0.00	0.00	0.00	0.00	3
10 JAN	67	First Seed		2079	3.69	23.7	72	3.5	0.00	0.00	0.00	0.00	5
22 JAN	79	End Leaf		2896	2.28	27.8	87	3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	5
2 FEB	90	Phys. Mat		3547	1.22	30.6	91	2.6	0.00	0.00	0.00	0.00	7
4 FEB	92	End Msnode		3479	0.74	31.1	82	2.4	0.00	0.00	0.00	0.00	7
9 FEB	97	Harv. Mat		3296	0.23	31.1	73	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	8
9 FEB	97	Harvest		3296	0.23	31.1	73	2.2	0.00	0.00	0.00	0.00	8

*MAIN GROWTH AND DEVELOPMENT VARIABLES

@	VARIABLE	SIMULATED	MEASURED
	Anthesis day (dap)	57	57
	First pod day (dap)	62	59
	First seed day (dap)	67	75
	Physiological maturity day (dap)	90	90
	Yield at harvest maturity (kg [dm]/ha)	1136	756.9
	Pod/Ear/Panicle weight at maturity (kg [dm]/ha)	1737	1359.
	Number at maturity (no/m2)	719	847.1
	Unit wt at maturity (g [dm]/unit)	0.1580	0.165
	Number at maturity (no/unit)	6.84	-99
	Tops weight at maturity (kg [dm]/ha)	3296	8684.
	By-product produced (stalk) at maturity (kg [dm]/ha)	2160	-99
	Leaf area index, maximum	4.23	-99
	Harvest index at maturity	0.345	0.089
	Threshing % at maturity	65.40	54.82
	Grain N at maturity (Kg/ha)	43	-99

Tops N at maturity (Kg/ha)	73	-99
Stem N at maturity (Kg/ha)	14	-99
Grain N at maturity (%)	3.78	-99
Tops weight at anthesis (kg [dm]/ha)	1543	-99
Tops N at anthesis (Kg/ha)	52	-99
Leaf number per stem at maturity	31.11	-99
Grain oil at maturity (%)	3.93	-99
Canopy height (m)	2.17	-99
Harvest maturity day (dap)	97	-99
Emergence day (dap)	5	5

HOJAS METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Calibración y validación del modelo dssat v. 4.6 módulo cropgro para simular el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cinco cultivares de frijol (<i>vigna unguiculata</i>[l.] Walp.) Bajo condiciones de sabana en Maturín, estado Monagas.
Subtítulo	

El Título es requerido, El subtítulo o título alternativo es opcional,

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Marín Rodríguez Plácido José	CVLAC	C.I: 24.578.083
	e-mail	placidojmarin@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

modelo
validación
frijol
tesis de grado

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso -2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y ciencias aplicadas	Ingeniería Agronómica

Resumen

(Abstract):

El objetivo de esta investigación fue la calibración y validación del modelo DSSAT versión 4.6 en cinco cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* [L] Walp) en condiciones de sabana en Maturín, estado Monagas durante la época de lluvias de norte en el periodo noviembre 2016 - enero 2017. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos correspondientes a los cultivares Tuy, Apure, Orituco, I-575 e I-572, donde se evaluaron distintos caracteres mediante un análisis de varianza, para la calibración y validación del modelo se utilizó el promedio de las tres repeticiones. Los archivos de entrada de clima y suelo fueron creados de acuerdo a la zona de estudio. La predicción del modelo se evaluó mediante el error medio (Bias), el error cuadrático medio (RMSE), el error cuadrático medio (nRMSE) normalizado, el índice de concordancia (d-estadístico) y el coeficiente de determinación (r^2), observando el adecuado comportamiento del modelo en los caracteres días a emergencia (DE), días a antesis (DA), días a primera vaina (DPV), días a primera semilla (DPS), días a madurez fisiológica (DMS); peso de una semilla (P1S) y el porcentaje de semilla en relación frutos (PSVM) en los cinco cultivares utilizados. Para el rendimiento a madurez de cosecha (RMC); rendimiento de frutos/ha (RF), número de semillas/m² a madurez (NSM2M); la biomasa aérea a madurez (BAM) y el índice de cosecha a madurez (ICM) se procedió a eliminar cultivares con elevados porcentajes de error en los distintos caracteres demostrando el adecuado comportamiento del modelo en las variedades Apure y Tuy donde el modelo simulo satisfactoriamente todos los caracteres.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Mendez Natera, Jesus Rafael	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 8.203.513
	e-mail	mendeznatera@gmail.com
Layne Garsaball, José Alberto	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 13.030.889
	e-mail	jalaynezg@yahoo.es
Simosa Mallé, José Alejandro	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 4.608.289
	e-mail	jasimosam@gmail.com
López Pérez, Nadiezhda	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 16.807.661
	e-mail	nadiezhda@cantv.net

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad).. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2017	10	09

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
NMOTTG_MRPJ2017

L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)
Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Agrónomo

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: Ingeniería

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias Aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Publicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUMBEI
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/mansja

Hoja de Metadatos Para Tesis y Trabajos De Ascensos -6/6

Artículo 41 del Reglamento de trabajo de grado (vigente a partir del II semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de Exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”



Plácido José Marín Rodríguez
CI: 24.578.083
Autor



Jesús Rafael Méndez Natera
CI: 8.203.513
Tutor



José Alberto Laynez Garsaball
CI: 13.030.889
Tutor