



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

**PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris* L.) MEDIANTE LA SIMULACIÓN DEL DAÑO POR
DEFOLIACIÓN**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

P R E S E N T A:

IVAN CRUZ RIVERA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México, junio 2008.



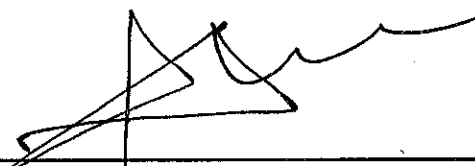
**PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS VARIEDADES DE FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris* L.) MEDIANTE LA SIMULACIÓN DEL DAÑO POR
DEFOLIACIÓN**

Tesis realizada por **IVAN CRUZ RIVERA** bajo la dirección de los Doctores Víctor Manuel Pinto, Ramón Garza García y Jorge Vera Graziano, misma que ha sido aprobada y aceptada por el Consejo Particular indicado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

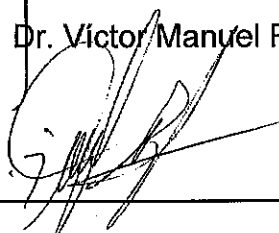
CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR:



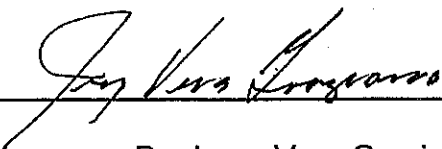
Dr. Víctor Manuel Pinto

ASESOR:



Dr. Ramón Garza García

ASESOR:



Dr. Jorge Vera Graziano

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico otorgado para llevar a cabo los estudios de Maestría.

Al Dr. Ramón Garza García por su infinito apoyo en el desarrollo y revisión de este proyecto.

A los Doctores Víctor Manuel Pinto y Jorge Vera Graziano por toda la ayuda brindada.

A mi musa, Adriana... que Pese a todos los tropiezos que hemos tenido, Es cierto contigo lo he experimentado "No se ama verdaderamente sino cuando se ama sin razón" Gracias por existir y continuar a mi lado.

A mis padres que espiritualmente siempre estarán conmigo.

A todos los compañeros de batalla académica.

A los técnicos del INIFTAP por su gran apoyo.

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres (q.e.p.d): Elitania Rivera y Antonio Cruz Es difícil comprender que la vida y la muerte no son dos polos opuestos, sino dos estados conexos entre los cuales no todos los contactos cesan.

A mis dos grandes amores Adriana y Eli, por la confianza y apoyo en todo momento.

A mi hermana Leticia y sus retoños Fernandita e Ivonne.

A Silvia, mi hermana menor, por su amistad, ayuda y comprensión.

A la familia Rivera por su apoyo constante

A las pocas pero valiosas amistades que han estado conmigo en todo momento.

*Compruébalo todo: las cosas que en realidad no sepas por tí, en realidad
no las sabes
[Bertolt Brecht]*

DATOS BIOGRÁFICOS

IVAN CRUZ RIVERA

Nació el 07 de mayo de 1982 en cd. Nezahualcoyotl, Méx. cursó la educación media superior en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos 07 Cuahutemoc del Instituto Politécnico Nacional del cual egresó en 1999 con el grado de Técnico en Soldadura Industrial. Durante el mismo año participó en el seminario de Inspección en Soldadura Industrial en la American Welding society Mexico. En 1999 ingresó a la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN, en la cual estudio el tronco común en la especialidad de Ingeniería Química Industrial. Un año después ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, lugar donde obtuvo el grado de ingeniero agrónomo especialista en Parasitología Agrícola.

En enero del 2006 se incorpora a la Maestría en Protección Vegetal, en el Departamento de Parasitología agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

Desde el año de 2005 colabora como asesor Técnico en el manejo de plagas urbanas y estructurales en diversas empresas del D.F.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 IMPORTANCIA DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN PARA CULTIVOS AGRÍCOLAS.....	3
2.2 EL PROGRAMA DSSAT V3 Y EL MODELO CROPGRO.....	4
2.3 EL EFECTO CAUSADO POR PLAGAS EN LOS MODELOS DE PREDICCIÓN.....	6
2.4 DAÑOS Y PÉRDIDAS OCASIONADOS AL FRIJOL POR PLAGAS DE INSECTOS.....	7
2.4.1 Ataque de la conchuela y respuesta del frijol al daño ocasionado.....	8
2.5 EFECTO DE LA DEFOLIACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE FRIJOL.....	9
2.6 FENOLOGÍA DE LA PLANTA DE FRIJOL.....	12
2.6.1 Fase vegetativa (V).....	12
2.6.1.1 Etapa V-0 de germinación.....	12
2.6.1.2 Etapa V-1 de emergencia.....	13
2.6.1.3 Etapa V-2 de hojas primarias.....	13
2.6.1.4 Etapa V-3 de primera hoja trifoliada.....	13
2.6.1.5 Etapa V-4 de tercera hoja trifoliada.....	14
2.6.2 Fase reproductiva.....	14
2.6.2.1 Etapa R-5 de prefloración.....	14
2.6.2.2 Etapa R-6 de floración.....	15
2.6.2.3 Etapa R-7 de formación de vainas.....	15
2.6.2.4 Etapa R-8 de llenado de las vainas.....	15
2.6.2.5 Etapa R-9 de maduración.....	16
2.7 COMPONENTES DE RENDIMIENTO AGRONÓMICO PARA EL CULTIVO DEL FRIJOL.....	16
2.7.1 Componentes morfológicos.....	16
2.7.2 Componentes fisiológicos.....	17
III. MATERIALES Y METODOS.....	18
3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	18

3.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS.....	18
3.2.1 Bayomex.....	18
3.2.2 Jamapa.....	19
3.3 METODOLOGÍA.....	20
3.3.1 Fase 1: determinación del efecto de la defoliación en el rendimiento de dos variedades de frijol.....	20
3.3.1.1 Diseño del experimento y unidad experimental.	21
3.3.2 Fase 2: Calibración y validación del modelo de simulación para frijol utilizando la opción PEST del DSSAT v3 para la aplicación del grado de defoliación.	22
3.4 ANÁLISIS DE DATOS.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1 EFECTO DE LA DEFOLIACIÓN EN EL RENDIMIENTO AGRONÓMICO Y SUS COMONENTES EN LA VARIEDAD BAYOMEX.	27
4.1.1 Rendimiento de semilla.	27
4.1.2 Área foliar.	28
4.1.3 Número de semillas por vaina.	29
4.1.4 Número de vainas por planta.....	30
4.1.5 Número de semillas no viables por vaina.	31
4.1.6 Número de vainas vanas por planta.	32
4.2 EFECTO DE LA DEFOLIACIÓN EN EL RENDIMIENTO AGRONÓMICO Y SUS COMONENTES EN LA VARIEDAD JAMAPA.	33
4.2.1 Rendimiento de semilla.	34
4.2.2 Área foliar.	35
4.2.3 Semillas por vaina.	36
4.2.4 Vainas por planta.....	36
4.2.5 Semilla no viables por vaina.	37
4.2.6 Vainas no viables por planta.....	38
4.3 VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN PARA FRIJOL UTILIZANDO LA OPCIÓN PEST DEL DSSAT V3 PARA LA APLICACIÓN DEL GRADO DE DEFOLIACIÓN.	40
4.3.1 Relación de los valores simulados y observados en la variedad Bayomex.	40
4.3.1.1 Rendimiento de semilla.....	40

4.3.1.2 Índice de área foliar.....	41
4.3.1.3 Rendimiento de semilla por m ²	43
4.3.1.4 Numero de semillas por vaina.....	44
4.3.1.5 Peso unitario de semilla.	45
4.3.1.6 Relación temporal de las etapas de desarrollo para la variedad Bayomex.	46
4.3.1.7 Análisis general de la simulación para la variedad Bayomex.....	48
4.3.2 Relación de los valores simulados y observados para la variedad Jamapa.....	49
4.3.2.1 Rendimiento de semilla.....	49
4.3.2.2 Índice de área foliar.....	50
4.3.2.3 Rendimiento de semilla por m ²	51
4.3.2.4 Numero de semillas por vaina.....	53
4.3.2.5 Peso unitario de semilla.	54
4.3.2.6 Relación temporal de las etapas de desarrollo para la variedad Jamapa.	55
4.3.2.7 Análisis general de la simulación para la variedad Jamapa.....	57
V. CONCLUSIONES.....	58
VI. LITERATURA CITADA.....	59
VII. APENDICE.....	64

LISTA DE CUADROS

CUADRO		PAG
1	Descripción de los tratamientos	21
2	Comparación del rendimiento de semilla simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.	40
3	Comparación del índice de área foliar simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex	42
4	Comparación del rendimiento de semilla por m ² simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.	43
5	Comparación del N° de semillas por vaina simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.	44
6	Comparación del peso unitario de semilla simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.	45
7	Comparación del rendimiento de semilla simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.	49
8	Comparación del índice de área foliar simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.	50
9	Comparación del rendimiento de semilla por m ² simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.	52
10	Comparación del número de semillas por vaina simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.	53
11	Comparación del peso unitario de semilla simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.	54

LISTA DE FIGURAS

FIG		PAG
1	Diagrama de operación para la simulación utilizando la opción PEST del DSSAT v3	24
2	Rendimiento promedio de semilla en g por planta, de la variedad Bayomex.	28
3	Promedio de área foliar en cm ² por planta, de la variedad Bayomex.	29
4	Cantidad promedio de semillas por vaina, de la variedad Bayomex.	30
5	Cantidad promedio de vainas por planta, de la variedad Bayomex.	31
6	Cantidad promedio de semillas no viables por vaina, de la variedad Bayomex.	32
7	Cantidad promedio de vainas vanas por planta, de la variedad Bayomex.	33
8	Rendimiento promedio de semilla en g por planta, de la variedad Jamapa.	34
9	Promedio de área foliar en cm ² por planta, de la variedad Jamapa.	35
10	Cantidad promedio de semillas por vaina, de la variedad Jamapa.	36
11	Cantidad promedio de vainas por planta, de la variedad Jamapa.	37
12	Cantidad promedio de semillas no viables por vaina, de la variedad Jamapa.	38
13	Cantidad promedio de vainas vanas por planta, de la variedad Jamapa.	39
14	Rendimiento de semilla observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.	41

15	Índice de área foliar observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.	42
16	Rendimiento de semilla por m ² observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.	43
17	Nº de semillas por vaina observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.	44
18	Peso por semilla observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.	46
19	Desarrollo fisiológico-temporal observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.	48
20	Rendimiento de semilla observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.	50
21	Índice de área foliar observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.	51
22	Rendimiento de semilla por m ² observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.	52
23	Número de semilla por vaina observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.	54
24	Peso por semilla observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.	55
25	Desarrollo fisiológico-temporal observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.	57

PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE DOS
VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus*
vulgaris L.) MEDIANTE LA SIMULACIÓN DEL
DAÑO POR DEFOLIACIÓN

Cruz- Rivera Ivan¹, Pinto Victor, Manuel²

RESUMEN

Los modelos de simulación de cultivos permiten definir estrategias de producción e investigación en la etapa de planificación y desarrollo de un cultivo. La aplicación de esta tecnología requiere de la generación y recopilación de datos a través de una validación y calibración del modelo en una situación específica. Para una mayor exactitud del modelo se requiere considerar también otros posibles problemas como el daño ocasionado por plagas o enfermedades que afectan el desarrollo y rendimiento del cultivo. Por esta razón se estableció un experimento a nivel de invernadero para evaluar el efecto de la defoliación en dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Bayomex y Jamapa. Se utilizó un diseño completamente al azar con siete réplicas para determinar el efecto de niveles de defoliación en algunos componentes de rendimiento del frijol los cuales sirvieron para validar el modelo de simulación CROPGRO-DRY BEAN y la opción PEST para la aplicación de daño. Se registraron, además, datos de temperatura, riego y suelo. Hubo diferencias significativas entre los grados de defoliación aplicados a las plantas para las variables bajo estudio. Los estimados de rendimiento del modelo demostraron ser bajos e intermedios para la mayoría de los componentes de rendimiento, excepto para el rendimiento de semilla de la variedad Bayomex y rendimiento de semilla por metro cuadrado de la variedad Jamapa que resultaron ser altos.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, defoliación, simulación, Cropgro.

¹ Tesista. Maestría en Protección Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo.

² Director de tesis. Profesor-Investigador. Universidad Autónoma Chapingo.

PREDICTION IN YIELD OF TWO VARIETIES OF
BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) THROUGH A
SIMULATION OF DAMAGE BY DEFOLIATION

Cruz- Rivera Ivan¹, Pinto Victor, Manuel²

ABSTRACT

Crop simulation models allow us to define production and research strategies in the planning and development stage of a given crop. The application of this technology requires the generation and gathering of data through the validation and calibration of the model in a specific situation. In order to obtain a greater accuracy of the model, one must consider other possible problems, such as damage caused by pests or diseases, which affect the crop's development and yield. Because of this, an experiment was set up under greenhouse conditions to assess the effect of defoliation in two varieties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Bayomex and Jamapa. A totally random design with seven repetitions was used to determine the effect of different degrees of defoliation in some yield components of dry bean that served to validate the CROPGRO-DRY BEAN simulation model and the PEST option for the damage application. Moreover, Temperature, irrigation, and soil data were registered. Significant differences were found among the degrees of defoliation applied to the plants for the variables in study. The yield estimates model proved to be low and intermediate for most of the yield components, except for seed yield in the Bayomex variety and seed yield per square meter in the Jamapa variety which turned out high.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, defoliation, simulation, Cropgro.

¹ Student. Thesis (Master's in plant protection). Autonomus University Chapingo.

² Thesis Director. Research professor at the Autonomus University Chapingo.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro del grupo de las especies leguminosas, el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las más importantes. Es una planta anual, herbácea intensamente cultivada desde la zona tropical hasta las templadas. Es originaria de América y se le conoce con diferentes nombres: poroto, haricot, caraota, judía, alubia, habichuela entre otros (Voysest, 1983).

El frijol fue domesticado hace mas de siete mil años en los centros de origen de Mesoamérica y la Región Andina. En el transcurso del tiempo los agricultores cultivaron mezclas complejas de tipos de frijol como un mecanismo de defensa contra la sequía, las enfermedades y el ataque de plagas insectiles. Este proceso ha desarrollado una combinación genética casi infinita de frijol con una amplia variedad de colores, texturas y tamaños que satisfacen las condiciones del cultivo y las preferencias gustativas de muchas regiones diferentes (CIAT, 2002).

El frijol es un componente importante en la dieta rural y urbana de los países mesoamericanos, representando la fuente principal de proteína (24%). El valor nutricional de este grano es muy alto debido al contenido de aminoácidos esenciales. Es rico en lisina pero deficiente en los aminoácidos azufrados metionina, cistina y triptófano; por lo cual una dieta adecuada en aminoácidos se logra al combinar frijol con cereales como el arroz o maíz. (Rosas, 1998).

Por esta razón el aumento de la producción y calidad de este cultivo han sido los principales objetivos de los científicos. Sin embargo y pese a los grandes esfuerzos de investigación que se han realizado en la actualidad, el frijol es un

cultivo vulnerable a las sequías, las heladas tempranas, al exceso de lluvia fuera de tiempo, a la baja calidad de los suelos, así como a pérdidas causadas por enfermedades, malezas e insectos, las cuales se estiman en 37% de la producción a nivel mundial (Anónimo, 1992).

Los avances en el entendimiento de los principios que rigen el crecimiento y desarrollo de los cultivos, han guiado a la creación de algoritmos computarizados que simulan mecanismos implícitos en los procesos fisiológicos de algunos cultivos. Específicamente para el cultivo de frijol se han desarrollado modelos de simulación que pueden ayudar a definir estrategias de manejo y servir como herramienta de trabajo en la investigación y la enseñanza (Villalobos y Retana, 2003).

En México la adopción y utilidad de estos programas de simulación aún no ha sido empleada en gran medida, sin embargo es de suma importancia conocer la calibración y validación de estos modelos, ya que representan una herramienta para mejorar la producción del cultivo de frijol.

Por tal motivo, para esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- ⊕ Determinar el efecto de 4 niveles de defoliación sobre componentes morfológicos y de rendimiento de semilla en dos variedades de frijol comun.
- ⊕ Calibrar y validar el modelo DSSATv3-CROPGRO en su modulo DRY-BEAN, utilizando la opción PEST para la simulación de daño por defoliación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Importancia de los modelos de simulación para cultivos agrícolas.

La aplicación de modelos de simulación en problemas ambientales y agrícolas, ha ido aumentando en la última década. La ventaja de los modelos, es que reducen el tiempo y los recursos humanos requeridos para los análisis complejos, como los que involucran los recursos naturales, el ambiente y la producción de cultivos (Villalobos y Retana, 2003).

Según Meira y Guevara (2003) estos ayudan a la comprensión de interacciones genéticas-fisiológicas-ambientales, con una integración interdisciplinaria.

Los modelos tienen varias aplicaciones actuales y potenciales en respuesta a temas relacionados con investigación, manejo del cultivo y planificación. Los modelos permiten definir estrategias de producción en la etapa de planificación de un cultivo futuro o ayudar a tomar decisiones tácticas durante el ciclo del cultivo tales como: prácticas culturales, fertilización, riego y el uso de plaguicidas; también podría determinar la viabilidad de un cultivo en una región en particular con un clima específico y estimar el rendimiento final del cultivo. Por otro lado pueden ser utilizados por los investigadores como herramienta de trabajo que les permita conocer prioridades de investigación, por educadores como herramienta de enseñanza, ayudando a los estudiantes a entender mejor la interacción entre las plantas y el medio ambiente (Hoogenboom *et al.*, 1992).

Los modelos de simulación integran diversas variables como son temperatura, precipitación y características del suelo para representar las condiciones de

crecimiento del cultivo en un ambiente específico y establecer el comportamiento y/o reacción del cultivo a estas condiciones (White *et al.*, 1995).

Según Villalobos y Retana (2003) el punto crítico de estos modelos es su calibración y validación. La primera requiere de la recolección de datos ambientales, de manejo del cultivo y de los rendimientos. La segunda depende del grado de concordancia entre los datos de rendimientos estimados por el modelo con respecto a los históricos, bajo diferentes condiciones climáticas, manejo y épocas de siembra.

2.2 El programa DSSAT v3 y el modelo CROPGRO.

El DSSAT v3 es un programa de computación diseñado para proveer a los usuarios el manejo apropiado de información sobre suelos, clima, cultivo y datos experimentales, con la finalidad de simular el crecimiento, desarrollo y rendimiento de varios cultivos de importancia económica. Incluye 2 estructuras generales que son: CERES programa específico para cereales y CROPGRO modelo de simulación para leguminosas (Tsuji *et al.*, 1994).

CROPGRO es un modelo que utiliza el formato de los archivos de un Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia de Agrotecnología (DSSAT v3), con una frecuencia de calculo diario para leguminosas de grano que incluye desarrollo del cultivo, balance de carbono y balance de nitrógeno y agua en el suelo (Boote *et al.*, 2002). Este es un modelo dinámico que simula el crecimiento y desarrollo para un amplio rango de cultivos. Estos cultivos incluyen soya (*Glycine max* L. Merr), cacahuete (*Arachis hypogaea* L.), chicharo de vaca (*Vigna unguiculata* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Boote *et al.*, 2003).

Los modelos de leguminosas poseen tres archivos que cuantifican parámetros para cada cultivo. Especifican características morfológicas y fisiológicas de un

genotipo en particular. En estos archivos se pueden encontrar todos los datos específicos requeridos para realizar una simulación (Tsuji *et al.*, 1994).

CROPGRO simula el desarrollo vegetativo y reproductivo como función de la temperatura, fotoperiodo e interacción con factores de sequía y otros factores de estrés. El modelo predice el número de nudos en el tallo principal, altura del follaje, ancho del follaje, profundidad de las raíces y ocurrencia de cada fase de crecimiento, incluyendo germinación, emergencia, inicio de floración, antesis, ocurrencia de primera vaina y primera semilla, madurez fisiológica y madurez de cosecha (Nielsen *et al.*, 2002).

El modelo CROPGRO ha sido extensamente evaluado por su habilidad para predecir crecimiento y rendimiento de frijol bajo un amplio rango de condiciones (Sexton *et al.*, 1998).

BEANGRO es un módulo de CROPGRO para simular el crecimiento de frijol que fue desarrollado como una herramienta de múltiples propósitos para investigación agrícola (Hoogenboom *et al.* 1994). El modelo responde a un rango de datos incluyendo fecha de siembra, clima diario (temperatura máxima y mínima, radiación solar, precipitación y fotoperiodo), tipo y características de suelo, selección del cultivar, prácticas de siembra (espacio entre surcos y plantas) y riego (White *et al.*, 1995). Este modelo hace estimados diarios de crecimiento de materia seca, índice de área foliar (LAI), desarrollo del cultivo, peso final de la semilla, fotosíntesis, crecimiento, repartición de los asimilados, y otros componentes de frijol utilizando sub-rutinas para procesos específicos (White *et al.*, 1995). El modelo ha sido diseñado para utilizarse en micro-computadoras y sus datos y resultados siguen los archivos estándares de IBSNAT (The International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer), (Harrison *et al.*, 1990). Este puede ser aplicado a un rango de problemas, incluyendo mecanismos de adaptación a déficit de agua (Hoogenboom *et al.*, 1988), sistemas agrícolas (Hoogenboom & Thornton, 1990;

citados de White *et al.*, 1995) y planificación de uso de terrenos utilizando Sistemas de Información Geográfica (GIS), (Lal *et al.*, 1993).

Dos ensayos hechos con los cultivares de frijol Porrillo Sintético y BAT 477 en Gainesville, Florida, sirvieron para calibrar el modelo. Mas tarde, el modelo fue evaluado en Colombia empleando los mismos genotipos. En general, los valores de peso seco de las estructuras vegetales analizadas coincidieron bien con los datos de campo obtenidos en Colombia; en cambio, los valores predichos para algunos sitios de Florida fueron mas bajos que los observados en esos mismos sitios. Pero en general se concluyó que el modelo BEANGRO es potencialmente útil para entender el efecto que ejercen en el cultivo de frijol las características de los cultivares y las practicas agronómicas relacionadas ambas con las condiciones climatologicas y meteorológicas (White *et al.*, 1995).

Aunque el modelo fue relativamente exitoso para predecir resultados en Gainesville y en CIAT-Palmira, es necesario mejorar su precisión. Al mismo tiempo, se requieren datos de otras localidades para verificar su utilidad (Villalobos y Retana, 2003).

2.3 El efecto causado por plagas en los modelos de predicción.

La omisión del efecto de las plagas en los modelos de simulación de cultivos es una de las principales limitaciones para su adopción como herramientas de manejo a nivel de campo (Tsuji *et al.*, 1994).

En los modelos de desarrollo de cultivos los primeros intentos para incorporar los efectos de plagas en modelos de desarrollo de cultivos involucraron el acoplamiento directo con modelos de plagas, los cuales predecían poblaciones y las subsecuentes tasas diarias de daño (Batchelor *et al.*, 1993).

Gutiérrez *et al.* (1977) acoplaron un modelo poblacional del gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) a un modelo de algodón (Wang *et al.*, 1977). El modelo predijo las tasas de consumo de masa foliar por las larvas del gusano rosado, las cuales fueron posteriormente substraídas de la variable de estado correspondiente a la masa foliar en el modelo del algodón. Ellos detectaron el método de utilidad para evaluar los efectos de esta plaga sobre la defoliación y el rendimiento. Sin embargo, tuvieron dificultades en predecir las densidades poblacionales de la plaga debido a la incertidumbre con respecto a sus migraciones y mortalidad.

Esfuerzos similares se han hecho para la soya. El modelo SICM (Soybean Integrated Crop Management) (Wilkerson *et al.* 1983a) conjugó el modelo del crecimiento de la soya, SOYGRO (Wilkerson *et al.* 1983b) a un modelo población del gusano terciopelo (*Anticarsia gemmatalis*) desarrollado en base a un trabajo de Stiner *et al.* (1974). Los niveles poblacionales diarios y sus respectivas tasas de defoliación fueron predichos por el modelo del gusano terciopelo. El daño fue entonces aplicado a la variable masa foliar en el modelo SOYGRO. Los efectos de este daño sobre el rendimiento fueron estimados por SOYGRO para determinar si un umbral de tratamiento fue alcanzado.

Para poder desarrollar una estructura de aplicación para el daño causado por plagas a un modelo de predicción de cultivo es necesario conocer los aspectos fisiológicos de la planta que están estrechamente relacionados con el grado de daño que provoca la plaga.

2.4 Daños y pérdidas ocasionados al frijol por plagas de insectos.

Crispín *et al.* (1976), investigando las plagas y enfermedades que atacan el frijol en México, observaron que por lo menos 45 especies de insectos, agrupadas en 28 géneros, dañan al cultivo; la mayoría de ellas son consideradas de importancia económica. En cualquier etapa de desarrollo del cultivo, desde que nace la planta hasta su maduración, alguna de estas especies de insectos

pueden causarle daños. Por ejemplo, la mosquita de la semilla (Diptera: Anthomyiidae), las diabroticas (Coleoptera: Chrysomelidae) y la gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeidae) atacan a la semilla en la siembra. Después de la emergencia del cultivo, lo atacan varias especies de chicharrita (Homoptera: Cicadellidae), mosquitas blancas (Homoptera: Aleyrodidae), diabroticas en estado adulto y trips (Thysanoptera: Thripidae). Conforme avanza el desarrollo de las plantas, llegan las plagas de minadores (Coleoptera: Chrysomelidae), conchuela (Coleoptera: Coccinellidae) y picudos (Coleoptera: Curculionidae). Los insectos que se alimentan del follaje y de los granos tiernos son los que causan el mayor daño.

Miranda (1971) señala que cuando se descuidan las plagas, estas ocasionan pérdidas que van desde un 33 al 83%, siendo la conchuela la que causa los mayores daños al cultivo.

2.4.1 Ataque de la conchuela y respuesta del frijol al daño ocasionado.

La conchuela (*Epilachna varivestis*) esta considerada como la principal plaga del frijol en México (Miranda, 1967; Crispín *et al.*, 1976; Sifuentes, 1985). El daño producido por dicho insecto a las plantas de frijol resulta de los hábitos de alimentación de los adultos y larvas; la mayor cantidad del daño es producido por el consumo de tejido foliar principalmente en el envés de las hojas (Anónimo, 1980; Sifuentes, 1981; Kabissa y Fronk, 1986), lo cual produce una peculiar apariencia de follaje esqueletonizado. Las larvas jóvenes destruyen la superficie interior del tejido foliar y solo dejan una delgada capa semitransparente por el haz; mientras que las larvas de mayor edad y los adultos llegan a hacer perforaciones, dejando únicamente las nervaduras (Anónimo, 1980). La conchuela prefiere las hojas jóvenes sobre las maduras (Crispín *et al.*, 1976); sin embargo, cuando las poblaciones son altas, hasta los tallos y vainas son dañados (Terrazas, 1947; Sifuentes, 1981). Cuando esto ocurre, la planta termina completamente defoliada y con frecuencia muere antes de que llegue a la madurez (Guerrero *et al.*, 1979).

Se ha logrado conocer que las plantas de frijol atacadas por la conchuela son más dañadas en etapas relativamente tempranas de su desarrollo, que cuando son atacadas antes de la maduración de las vainas (Turner y Friend, 1933). La mayor disminución en el rendimiento se obtiene cuando el daño ocurre después del inicio de la floración y formación de vainas (Douglas, 1933; citado por Garza, 1985). La magnitud del daño depende del número de insectos por área, de la época de aparición del insecto en el campo, de la etapa de desarrollo de la planta y de las variaciones climáticas.

Michels y Burkhardt (1981), en Wyoming, EUA, determinaron que el daño y las pérdidas en el rendimiento del frijol pinto se incrementaron a medida que se elevaron los niveles de infestación de conchuela. Densidades de 5, 10, 20 y 40 larvas por planta ocasionaron disminuciones en los rendimientos de 12 a 17%, de 18 a 30%, de 35 a 37% y de 47 a 51%, respectivamente.

Kabissa y Fronk (1986) observaron que los niveles de reducción en la producción del frijol por la alimentación de larvas de segundo, tercero y cuarto instares y el adulto de la conchuela fueron: 2.0, 2.1, 8.3 y 54.9%, respectivamente, en infestaciones realizadas durante la floración del cultivo en 5 plantas (10 insectos por planta).

2.5 Efecto de la defoliación en el rendimiento de frijol.

Algunos investigadores han simulado el daño al follaje de las plantas mediante defoliaciones o remociones manuales practicadas en diferentes grados de intensidad y en diferentes etapas de desarrollo del cultivo, considerando que este tipo de defoliación se aproxima al daño ocasionado por el insecto en forma natural (Ruesink y Kogan, 1975; Poston *et al.*, 1976; Capinera y Roltsch, 1980).

Al remover las hojas, se esta disminuyendo la capacidad de la fuente fotosintetica, especialmente si éstas han alcanzado su máxima área foliar, puesto que la fotosíntesis (actividad) por unidad de área foliar (tamaño), se incrementa con el desarrollo de la hoja y llega al máximo cuando el área de la hoja llega también a su máximo (Tanaka y Fujita, 1979).

Fanjul (1978) al remover los dos foliolos laterales (66% del área foliar) en la variedad Flor de Mayo X-16441 (tipo IVb+), observó una disminución significativa en el peso seco de los tallos, el peso seco de los órganos reproductivos, en el número de inflorescencias y el número de vainas por planta. Mientras que al eliminar la mitad de los tres foliolos (50% del área de la hoja) no se encontró ningún efecto sobre los parámetros estudiados.

Las defoliaciones entre los 30 y 45 días despues de la siembra (comienzo de la floración hasta su terminación) resultan ser los mas perjudiciales para los rendimientos (CIAT, 1975).

Alderfer (1976) al remover todas las hojas que emergieron arriba de la primera hoja trifoliada en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) (tipo I), indujo una mayor rapidez en la expansión foliar e incrementó la tasa fotosintética en la primera hoja trifoliada comparada con la del testigo no defoliado.

Galvez *et al.* (1977) redujeron el área foliar de 2 variedades de frijol de guía en niveles de 20, 40, 60 y 80% durante las siguientes etapas de desarrollo: tercera hoja trifoliada, inicio de la floración, formación de vainas e inicio de la madurez. Estos autores detectaron en todas las etapas, que la reducción en la producción fue mayor al incrementarse el nivel de defoliación; las pérdidas mayores se obtuvieron cuando la defoliación se realizó en las etapas de floración y de formación de vainas.

Coggin y Dively (1980), mediante defoliaciones manuales practicadas al frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) en 5 etapas de su desarrollo, determinaron que el mayor impacto de las pérdidas de follaje sobre el rendimiento ocurrió durante la etapa de formación de vainas; en las etapas de final de floración, inicio de formación de vainas y maduración, el rendimiento solo disminuyó por efecto de la defoliación total. La disminución en rendimiento estuvo en el rango de 28 a 49%, respecto al testigo.

García (1980), con base en defoliaciones manuales del frijol (*Phaseolus vulgaris*), determinó que, en cuanto a pérdidas de follaje por la variedad Ojo de Cabra, la época crítica queda comprendida de la floración al llenado de vainas. Durante las etapas tempranas (antes de floración) y después del llenado de vainas, la planta fue capaz de soportar defoliaciones acumulativas hasta del 100% sin que se afectara el rendimiento.

Mullins *et al.* (1981) detectaron que los niveles de defoliación de 10, 20, 30 y 40% ocasionaron pérdidas en el rendimiento del cultivo y redujeron el peso de la planta de frijol ejotero *Phaseolus vulgaris*; la producción y peso de la planta fueron más afectadas con el mayor porcentaje de defoliación practicado en la etapa de postfloración. Los niveles de defoliación tuvieron poco efecto sobre el desarrollo de las semillas y sobre el vigor de las vainas.

Resulta interesante analizar la abundante información que se ha publicado sobre el efecto de la defoliación artificial en los rendimientos del cultivo del frijol. Se aprecia que los estudios se han efectuado sobre variedades muy distintas y las etapas de desarrollo del cultivo no han sido definidas en forma homogénea; además, las variaciones en el tamaño de parcela y procedimientos experimentales empleados hacen difícil el uso de los datos en forma conjunta, para generar modelos descriptivos de la relación defoliación-pérdida. Sin embargo se puede observar que el periodo crítico del frijol a la defoliación se

encuentra principalmente en las etapas de floración, de formación de vainas y de llenado de vainas.

2.6 Fenología de la planta de frijol.

En frijol común las etapas (que se identifican por una letra y un número) tienen una duración variable. Los factores que influyen en la duración de las etapas son el hábito de crecimiento, la precocidad y el medio (principalmente clima, CIAT 1982). Dichas etapas se pueden agrupar en dos fases (fenofases), que son la vegetativa y la reproductiva. Tanto las etapas como las fases se pueden referir a nivel del individuo o al nivel de población. Cada etapa comienza en un evento del desarrollo de la planta con cuyo nombre se identifica y termina donde se inicia la siguiente (CIAT, 1982).

2.6.1 Fase vegetativa (V).

Estrictamente, la fase vegetativa comprende desde el inicio de la germinación hasta el momento de la diferenciación de los primordios florales. La fase vegetativa se inicia cuando se le brinda a la semilla las condiciones para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento determinado, o los primeros racimos en las variedades de crecimiento indeterminado y constan de las cinco etapas siguientes: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada, tercera hoja trifoliada (CIAT, 1982).

2.6.1.1 Etapa V-0 de germinación.

La germinación es la reanudación del crecimiento del embrión. Se considera como inicio de la etapa V-0 (CIAT, 1982), el día en que la semilla tiene a su disposición suficiente humedad para embeberse y, consecuentemente, iniciar la germinación.

Entre el inicio de la germinación y la fase siguiente, que es la emergencia, la raíz crece hacia abajo. Por otro lado, el crecimiento de la plúmula hacia arriba, y especialmente el alargamiento (elongación) del hipocotilo, son responsables de que la plántula "se abra paso" a través del suelo hacia la superficie, emergiendo primero el gancho plumular con lo cual termina la etapa V-0 (CIAT, 1982).

2.6.1.2 Etapa V-1 de emergencia.

Esta etapa se inicia cuando en el 50% de la población esperada en un cultivo, enseguida de que emerge el gancho plumular, los cotiledones aparecen al nivel del suelo. Posteriormente, se endereza el gancho plumular, y los cotiledones pueden verse en posición horizontal en el nudo 1. El desarrollo de la planta prosigue con la elongación del tallo y la expansión y el proceso de despliegue de las hojas primarias. Las plantas que se encuentran en las condiciones descritas del desarrollo se consideran dentro de la etapa V-1 (CIAT, 1982).

2.6.1.3 Etapa V-2 de hojas primarias.

Esta etapa comienza cuando las hojas primarias, que son simples y están en posición opuesta en el nudo 2, están completamente desplegadas en el caso de una planta, o cuando esto ocurre en el 50% de las plantas de un cultivo. El desarrollo continúa con la expansión de las hojas primarias y de los folíolos de las hojas compuestas o trifoliadas, mismos que se encuentran plegados; su desarrollo posterior implica la continuación de su expansión, su separación y despliegue (CIAT, 1982).

2.6.1.4 Etapa V-3 de primera hoja trifoliada.

Esta etapa se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana (CIAT, 1982).

2.6.1.5 Etapa V-4 de tercera hoja trifoliada.

De manera semejante a la etapa anterior, esta se indica cuando la tercera hoja compuesta se encuentra completamente desplegada y los folíolos se localizan en un solo plano. Esta etapa V-4, continua con la expansión de la tercera hoja trifoliolada y el crecimiento de las siguientes hojas compuestas así como el tallo (CIAT, 1982).

2.6.2 Fase reproductiva.

Estrictamente, la fase reproductiva se inicia desde el momento de la diferenciación de las yemas florales, mismas que como en el caso de algunas variedades como la Cacahuete-72, de hábito determinado, pueden distinguirse (mediante el estereomicroscopio) los primeros primordios florales ya al final de la etapa V-2. Esta fase termina en el momento en que la semilla completa su desarrollo (CIAT, 1982).

De acuerdo con CIAT (1982), cuando las yemas apicales de las plantas de hábito de crecimiento determinado se desarrollan en botones florales y en las yemas axilares de las plantas de hábito de crecimiento indeterminado se desarrolla el primer racimo, termina la fase vegetativa y empieza la fase reproductiva de la planta. Las etapas que comprenden esta última fase, son: prefloración, floración, formación de vainas, llenado de las vainas y maduración.

2.6.2.1 Etapa R-5 de prefloración.

Esta etapa se inicia entonces cuando aparece el primer botón o el primer racimo. En condiciones de cultivo, se considera que éste ha entrado en esta etapa cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. (CIAT, 1982).

2.6.2.2 Etapa R-6 de floración.

Esta etapa se inicia cuando la planta presenta la antesis de la primera flor (la primera flor abierta). Las flores permanecen frescas y turgentes y poseen la coloración característica de la especie, lo cual sucede solamente el mismo día de la antesis. Al día siguiente se tornan flácidas y marchitas y cambian de color. Tres o cuatro días después de la antesis, la corola se marchita y puede estar colgando próxima a desprenderse o puede haberse desprendido, dejando visible la vaina joven (CIAT, 1982).

2.6.2.3 Etapa R-7 de formación de vainas.

Esta etapa se inicia cuando la planta presenta la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida. Esto sucede alrededor de tres o cuatro días después de la antesis (CIAT, 1982).

La vaina crece rápidamente en longitud, de tal manera que en alrededor de dos o tres semanas alcanza su máxima longitud constituyendo este estado el final de la etapa R-7. Sin embargo en este estado del desarrollo de la vaina, las semillas no son mayores que el tamaño de una lenteja y corresponde al estado de desarrollo en que las vainas se cosechan para ejote (CIAT, 1982).

2.6.2.4 Etapa R-8 de llenado de las vainas.

Esta etapa se inicia cuando la planta empieza a llenar la primera vaina, debido a que se inicia un crecimiento acelerado de las semillas, la cual alcanza su máximo peso alrededor de 40-45 días después de la antesis en la zona de Chapingo. Las semillas tienen un color verde, pero al final de la etapa R-8 van adquiriendo el color característico de la variedad, es decir la testa empieza a pigmentarse. Asimismo, empieza la secuencia de las hojas, perdiendo el color

verde y tornándose amarillas, y finalmente ocurre la abscisión de los folíolos individuales (CIAT, 1982).

2.6.2.5 Etapa R-9 de maduración.

La etapa R-9 se caracteriza por la decoloración y el secado de las vainas. En un cultivo, el inicio de esta etapa se considera cuando la primera vaina inicia el proceso citado en el 50% de las plantas. Al final del ciclo de la planta ha perdido todos los folíolos, quedando algunas veces el raquis unido a los tallos y las vainas unidas a la planta (CIAT, 1982).

2.7 Componentes de rendimiento agronómico para el cultivo del frijol.

El rendimiento agronómico se conoce en inglés como rendimiento económico. Sin embargo, hemos preferido no utilizar esta expresión porque tiene un significado propio en el campo de la economía (CIAT, 1982).

Según sea el órgano de interés antropocéntrico, el rendimiento agronómico puede estar representado por: el peso del fruto o vaina en estado fresco (rendimiento de ejote), o de semilla fresca o el peso de la materia seca acumulada en la semilla, generalmente con un 10-14% de humedad. Este se conoce como rendimiento de grano o semilla. El rendimiento agronómico es el resultado del comportamiento de una serie de estructuras de la planta, denominadas componentes de rendimiento, los cuales, de acuerdo a su naturaleza, se han clasificado en morfológicos y fisiológicos (Kohashi, 1993).

2.7.1 Componentes morfológicos.

Los cambios en los componentes morfológicos ocasionan, de manera directa, cambios en el rendimiento. El número de vainas y de semillas normales son los componentes morfológicos más correlacionados con el rendimiento. Durante su

crecimiento dichos componentes importan y almacenan fotosintatos al igual que otros órganos como la raíz, meristemos (yemas vegetativas, entre otros) y hojas jóvenes. Estas últimas, al alcanzar mayor desarrollo, se convierten en exportadoras de fotosintatos. Las regiones de importación y consumo de fotosintatos se conocen como "demanda fisiológica y las de producción y/o exportación de fotosintatos como "fuente de fotosintatos" (Kohashi, 1993).

A continuación se mencionan algunos de los componentes morfológicos del rendimiento:

Número de semillas normales, tamaño de la semilla, número de vainas normales, número de semillas normales por vaina (SNV), número de flores, número de botones, número de racimos, número de nudos, número de ramas.

2.7.2 Componentes fisiológicos.

Los cambios en los componentes fisiológicos ocasionan cambios en los componentes morfológicos y por lo tanto en el rendimiento (Kohashi, 1993). Dichos componentes son los siguientes:

Número de hojas, área foliar, índice de área foliar en un momento dado (IAF), duración de área foliar.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en un invernadero del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX-INIFAP), situado a los 19°29' N, 98°53' O, 2240 msnm ubicado en Chapingo, Méx. El germoplasma utilizado en este estudio consistió en 2 genotipos de frijol común variedad negro Jamapa y Bayomex. Estos se sembraron el 27 de abril del 2007 bajo condiciones de invernadero.

3.2 Características agronómicas de las variedades utilizadas.

Las características agronómicas de los genotipos utilizados para esta investigación se mencionan a continuación (Rosales *et al.*, 2004):

3.2.1 Bayomex.

Método de obtención: hibridación y selección, con retrocruzamiento al progenitor femenino.

Genealogía: Canario 101/Canario 101/puebla 247

II-R₁-14-13-2-U-3-4

Año de liberación: 1995

Número de registro: FRI-013-000063

Color de hipocotilo: verde.

Días de floración: 35-55

Color de la flor: blanco.

Localización de la inflorescencia: parcialmente sobre el follaje.

Respuesta al fotoperiodo: Neutral.

Hábito de crecimiento: determinado arbustivo. Tipo I.

Altura de la planta (cm): 37-40

Reacción al ataque de enfermedades: resistente a la roya y antracnosis; tolerante al tizón común, tizón de halo, mancha angular y mildiu vellosa.

Color de la vaina: verde oscuro.

Ancho promedio de la vaina (mm): 13.6

Tamaño promedio de vaina (cm): 10.9

Prominencia de los granos: fuerte.

Tamaño de foliolo terminal: mediano.

Días a la madurez: 85-110

Ciclo biológico: Precoz a intermedio con base en el sitio de siembra.

Color del grano: amarillo.

Rendimiento observado (Kg ha^{-1}): 1300-2939

Peso promedio de 100 semillas (g): 39.0-53.0

Tiempo de cocción (min): 62.0-106.0

Contenido de proteína (%): 18.0-23.7

Áreas de recomendación: temporal y riego en la región templada semiárida, templada subhúmeda y algunas áreas del trópico seco.

Clase comercial: Bayo.

3.2.2 Jamapa

Método de obtención: selección individual y masal.

Genealogía: Veracruz 87-15 (mezcla de 15 líneas de la colección realizada en Paso de ovejas, Ver.)

Año de liberación: 1958

Número de registro: FRI-012-000063.

Color de hipocotilo: verde jaspeado de morado.

Días de floración: 35-56

Color de la flor: morado.

Localización de la inflorescencia: parcialmente sobre el follaje.

Respuesta al fotoperiodo: neutral.

Hábito de crecimiento: determinado arbustivo. Tipo II.

Altura de la planta (cm): 35.0-45.7

Reacción al ataque de enfermedades: tolerante al ataque de antracnosis, tizón común, mosaicos, tizón de halo y roya.

Color de la vaina: verde oscuro.

Ancho promedio de la vaina (mm): 10.8

Tamaño promedio de vaina (cm): 11.0

Prominencia de los granos: fuerte.

Tamaño de foliolo Terminal: mediano.

Días a la madurez: 80-114

Ciclo biológico: Precoz a intermedio con base en el sitio de siembra.

Color del grano: negro opaco.

Rendimiento observado (Kg ha^{-1}): 1200-2000

Peso promedio de 100 semillas (g): 16.0-26.3

Tiempo de cocción (min): 79.0-80.0

Contenido de proteína (%): 26.1-27.4

Áreas de recomendación: Altiplano subhúmedo, trópico seco y trópico húmedo (amplia adaptabilidad).

Clase comercial: Negro Jamapa.

3.3 Metodología

El trabajo experimental se llevo a cabo en dos fases.

3.3.1 Fase 1: determinación del efecto de la defoliación en el rendimiento de dos variedades de frijol.

Consistió en establecer en invernadero las dos variedades a evaluar en una fecha de siembra especificada (27 de abril del 2007), una vez que las plantas de frijol llegaron a la etapa de desarrollo V4 se realizó la remoción de folíolos en diferentes niveles. La defoliación se aplicó a todos los trifolios que la planta

desarrolló durante su crecimiento. El corte de los folíolos se llevo acabo en forma manual con la ayuda de unas tijeras previamente desinfectadas.

3.3.1.1 Diseño del experimento y unidad experimental.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar en el que se empleó como unidad experimental una maceta con una planta de frijol. La variable respuesta fue el área foliar, número de vainas por planta (normales y vanas), número de semillas normales y anormales por planta y producción de semilla en g.planta⁻¹. Los niveles de defoliación a evaluar fueron cinco tratamientos: Testigo (0%), 16.6%, 33.3%, 50% y 66.6% de defoliación con siete repeticiones.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO	DEFOLIACIÓN	VARIEDAD
1	0%	JAMAPA
2		BAYOMEX
3	16.6%	JAMAPA
4		BAYOMEX
5	33.3%	JAMAPA
6		BAYOMEX
7	50%	JAMAPA
8		BAYOMEX
9	66.6%	JAMAPA
10		BAYOMEX

Las defoliaciones se realizaron con ayuda de unas tijeras previamente desinfectadas; los cortes se aplicaron a partir de que las plantas presentaron la tercera hoja trifoliada.

Los niveles de corte se aplicaron en los trifolios de toda la planta de la siguiente manera: para el testigo con 0% de defoliación no se realizó ningún corte en los folíolos, para el tratamiento con 16.6% de defoliación se corto la mitad de un folíolo, en el tratamiento con 33.3% de defoliación se removía un folíolo

completo, para el tratamiento con 50% de defoliación se cortaba foliolo y medio y para el tratamiento con 66.6% se removieron 2 foliolos.

La remoción o cortes de los foliolos se hacían de acuerdo a la aparición de los trifolios, sin embargo el desarrollo de la planta se monitoreaba cada tercer día. Por lo tanto el corte de los foliolos o parte de estos se realizó en todos los trifolios que se desarrollaron en las plantas.

El rendimiento de semilla por planta se obtuvo pesando la semilla de cada tratamiento en una balanza digital, fue necesario determinar el porcentaje de humedad de la semilla con ayuda de un medidor marca Stenlite electronic, modelo G para posteriormente normalizar el peso a un 12% de humedad, para todos los tratamientos.

El área foliar de cada tratamiento se obtuvo una vez que las plantas llegaron a su mayor desarrollo foliar. Los foliolos o partes de ellos fueron removidos para determinar el área utilizando un planímetro óptico, marca LI-COR, modelo LI-3100. En lo que respecta a la cuantificación de vainas y semillas viables y no viables fueron realizadas manualmente.

3.3.2 Fase 2: Calibración y validación del modelo de simulación para frijol utilizando la opción PEST del DSSAT v3 para la aplicación del grado de defoliación.

Para la calibración del modelo se realizó una recopilación de información la cual correspondió a los archivos de entrada del modelo DSSATv3. La generación de los archivos de entrada consistió en especificar y ordenar información necesaria para la simulación de los experimentos (Figura 1). La metodología para la generación y compilación de los archivos se detalla a continuación:

Todos los archivos se configuraron en la opción DATA la cual se encuentra en el menú principal del DSSATv3, en esta opción se etiquetaron datos para

identificar el experimento, como: lugar del experimento, institución que lo realizó, nombre de los investigadores, país y region, etc.

Posteriormente se genero el archivo IPCH0701.BNX en el cual se especificaron todos los detalles del experimento: tratamientos, condiciones climáticas, manejo del cultivo y utilización de los controles de simulación (apéndice 1). En este archivo se dio de alta la opción PEST para la aplicación de la defoliación (DISES=YES).

El archivo donde se especifican las condiciones ambientales se identifico con el nombre IPCH0701.WTH, en éste se enlistaron los datos climáticos diarios que se registraron en el invernadero durante el tiempo que duro el ensayo (apéndice 2).

En lo que respecta a las condiciones edáficas se utilizaron las del archivo IB00000003 que corresponden a un tipo de suelo poco profundo limo-arcilloso (shallow silty clay) del directorio SOIL.

Para las especificaciones concernientes al cultivo y tipo de cultivar se utilizaron las del modelo para frijol (dry-bean model) y en lo que respecta al tipo de cultivar las del archivo IB0001 que corresponden a la variedad Porrillo Sintético y las del archivo IB0002 de la variedad Bat477, los cuales comparten características con Jamapa y Bayomex, respectivamente.

En lo que respecta a la defoliación, en el archivo de series de tiempo de las variables fisiológicas de los cultivares utilizados en el experimento, se adicionó el porciento de defoliación observado (apéndice 3).

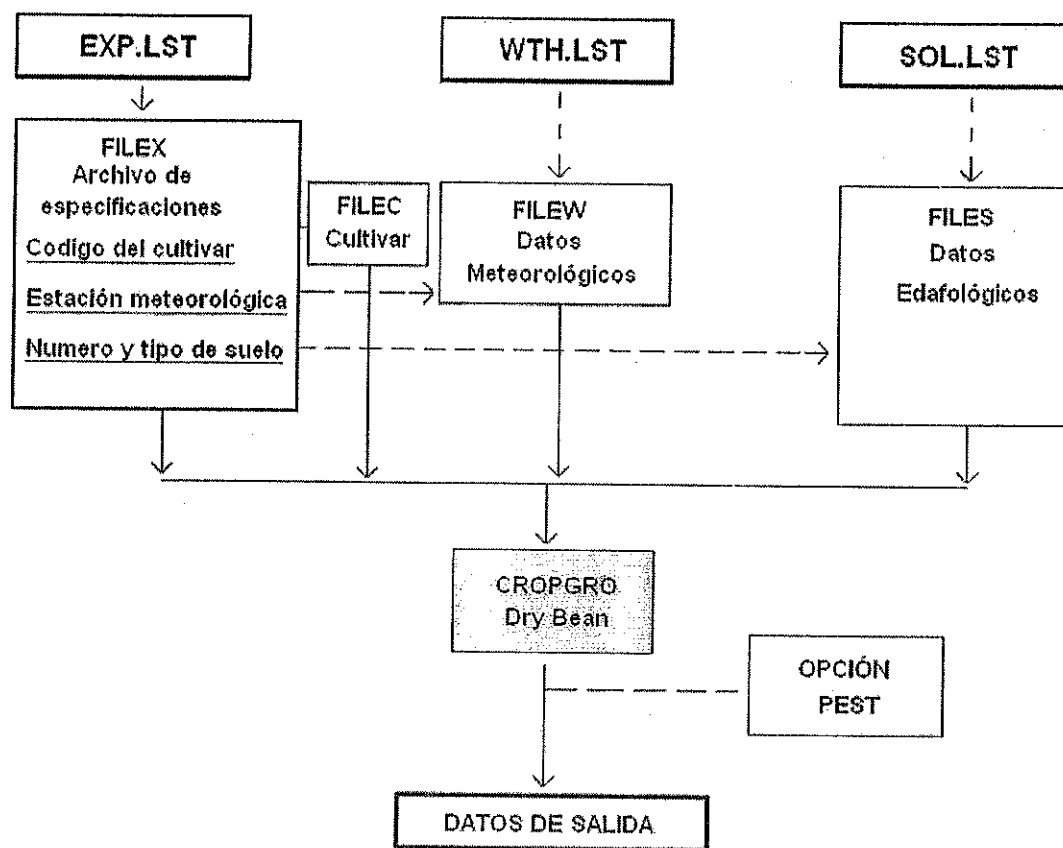


Figura1. Diagrama de operación para la simulación utilizando la opción PEST del DSSAT v3

En resumen la calibración se basó en la disponibilidad de información de clima, suelo y algunos componentes de rendimiento agronómico de las variedades utilizadas en el experimento.

Los parámetros del archivo clima fueron obtenidos de la información climática recopilada durante el desarrollo del ensayo, utilizando solo las temperaturas máximas y mínimas y la radiación registrada en el invernadero.

No se realizó ninguna fertilización durante el desarrollo del cultivo, por lo cual no se hizo ninguna especificación en el directorio del experimento y los riegos que se proporcionaron durante el experimento fueron ingresados al archivo de riego de acuerdo al manejo del invernadero.

3.4 Análisis de datos

En lo que respecta a la fase 1 el análisis de todas las variables con medición cuantitativa se realizó con el uso del paquete estadístico SAS, utilizando el procedimiento GLM para el análisis de varianza (SAS Institute Inc. 1999).

Con la finalidad de conocer las diferencias entre tratamientos, a las fuentes de variación que resultaron significativas en el GLM, se les realizó la prueba de comparación múltiple de medias Tukey con un 95 % de confiabilidad, y 5 % de error tipo I.

Para la fase 2 se compararon los datos promedio simulados por el programa y lo obtenido mediante el experimento físico; por lo tanto esto determinó en que medida se ajustó el modelo a la representación de la realidad.

El análisis de los resultados para la validación consistió en comparar los datos simulados por el programa con los observados físicamente, tomando como referencia el valor absoluto del cociente de los datos, del cual se obtuvo un estimado de confiabilidad. La confiabilidad máxima esta representada por 100% y se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Donde:} \quad EC = 100 \left| \frac{VS}{VO} \right|$$

VS=valor simulado.

VO=valor observado.

EC=estimado de confiabilidad.

También se calculó el porcentaje de variación de los datos simulados respecto a los datos observados. El cual se obtuvo por medio de una substraccion respecto a la maxima confiabilidad, como se muestra en la suiguiente formula:

$$\%V = \left| 100 - EC \right|$$

Donde:

EC= estimado de confiabilidad.

%V=porcentaje de variacion del dato.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de la defoliación en el rendimiento agronómico y sus componentes en la variedad Bayomex. ✓

De acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones a componentes de rendimiento, el análisis de varianza, detectó diferencias significativas para las siguientes variables: área foliar, número de vainas por planta y número de semillas no viables por planta.

En lo que respecta al componente de rendimiento de semilla, número de semillas por vaina y número de vainas vanas, no hubo diferencia significativa en el análisis de varianza, sin embargo se analizaron todos los datos numéricos con la finalidad de explicar el efecto de la defoliación en estas variables.

4.1.1 Rendimiento de semilla.

El análisis de varianza para el componente rendimiento de semilla, mostró un coeficiente de variación de 28.75, obteniéndose el mayor rendimiento para el tratamiento no defoliado, en el cual se obtuvo un promedio de 12.56 g de semilla por planta, seguido por los tratamientos con 16.6, 33.3, 50 y 66.6% de defoliación en los cuales se obtuvo un promedio de 10.98, 10.88, 10.51 y 10.33 g de semilla respectivamente. Los porcentajes de disminución en el rendimiento de semilla fueron de 12.57% para el tratamiento con 16.6% de defoliación, 13.37, 16.32 y 17.75% para los niveles de defoliación de 33.3, 50 y 66.6%, respectivamente. Aunque el análisis de la varianza no detectó diferencias se

pudo observar numéricamente que el rendimiento de la semilla es más afectado conforme el nivel de defoliación aumenta (Figura 2).

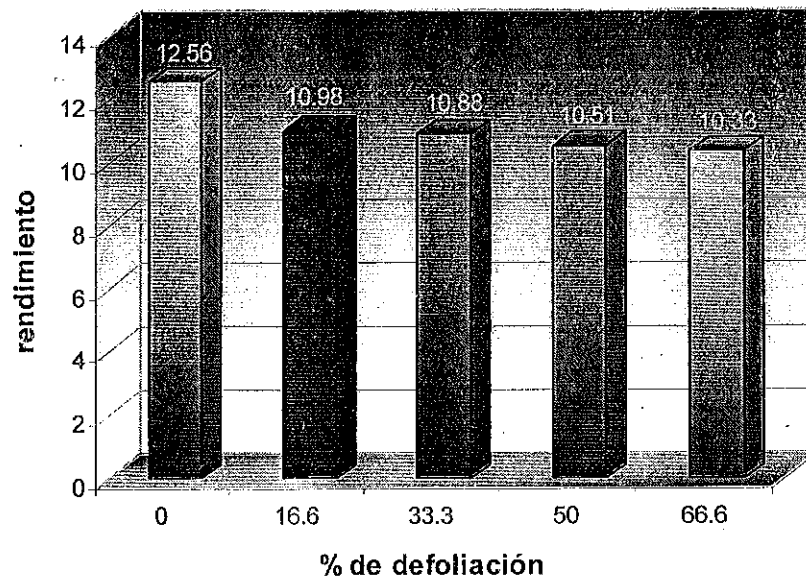


Figura 2. Rendimiento promedio de semilla en g por planta, de la variedad Bayomex.

4.1.2 Área foliar.

Con la prueba de Tukey para el componente área foliar, se observaron diferencias significativas, obteniéndose la mayor superficie foliar para el tratamiento con 16.6% de defoliación con una cantidad promedio de 2126.4 cm², seguido por el testigo no defoliado, el cual obtuvo un promedio de 2099.6 cm², mientras que los tratamientos mas afectados en el área foliar, fueron el de 33.3, 50 y 66.6%, con un promedio de 1506.2, 1213.7 y 1011.4 cm², respectivamente (Figura 3).

Los porcentajes de disminución de área foliar con respecto al testigo fueron de 28.26, 42.19 y 51.83% para los tratamientos de 33.3, 50, y 66.6% de

defoliación, respectivamente. El tratamiento con 16.6% de defoliación mostró una área foliar de 1.2% mayor que la del testigo.

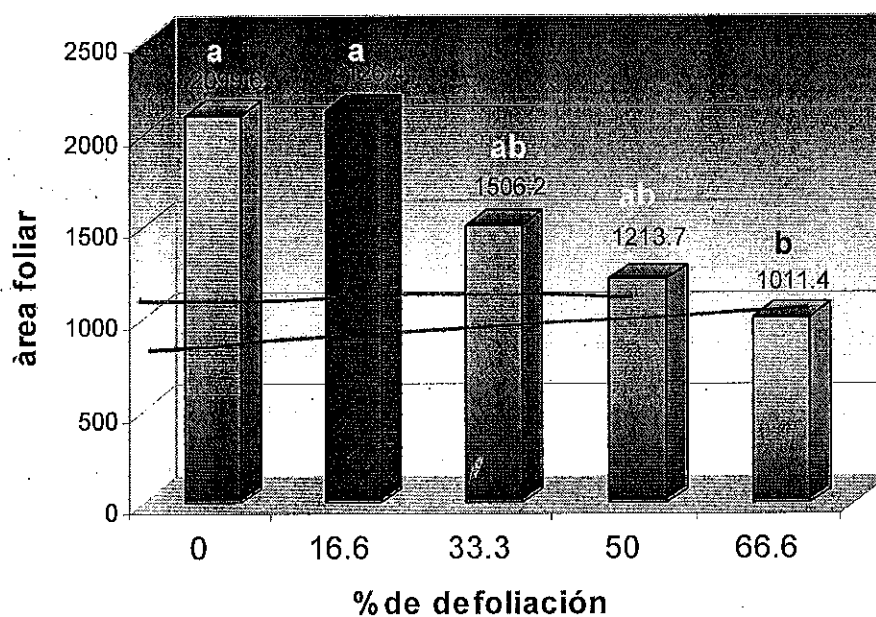


Figura 3. Promedio de área foliar en cm² por planta, de la variedad Bayomex.

4.1.3 Número de semillas por vaina.

Aunque el análisis de la varianza no detectó diferencias, se pudo observar numéricamente que la cantidad de semillas fue menos afectada a niveles medios de defoliación, esto sin tomar en cuenta el tamaño y peso de las semillas (Figura 4). El análisis de varianza para el componente número de semillas por vaina, calculó un coeficiente de variación de 21.06, obteniéndose la mayor cantidad de semilla en el tratamiento con 33.3% de defoliación, con un promedio de 2.85 semillas por vaina, seguido por los tratamientos con 50 y

16.6% de defoliación en los cuales se obtuvo un promedio de 2.76 y 2.75 respectivamente. Mientras que para el tratamiento no defoliado y con 66.6% de defoliación se obtuvo la cantidad más baja 2.23 semillas por vaina.

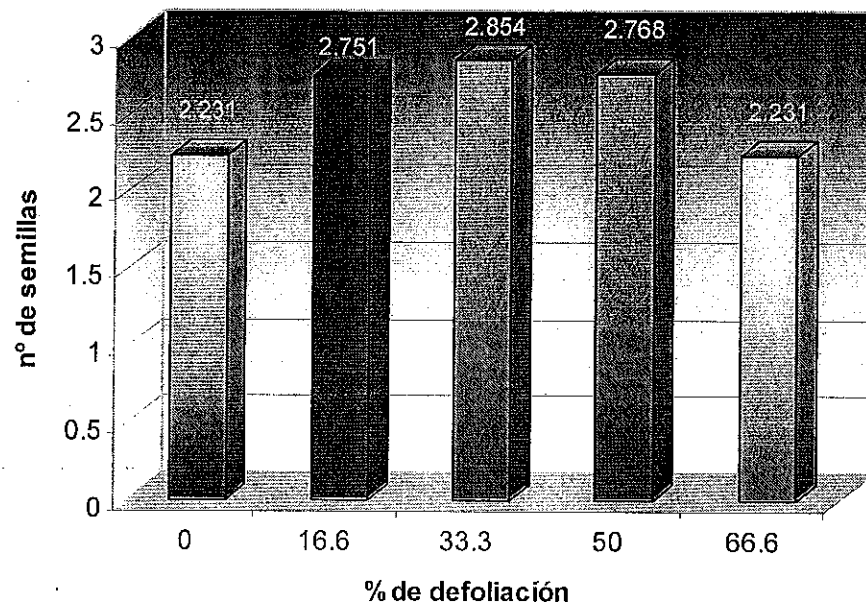


Figura 4. Cantidad promedio de semillas por vaina, de la variedad Bayomex.

4.1.4 Número de vainas por planta.

La prueba de Tukey para el número de vainas por planta, detectó diferencias significativas, obteniéndose la mayor cantidad de vainas en el tratamiento no defoliado con un promedio de 18.16 vainas por planta, seguido por el tratamiento defoliado al 33.3, 16.6, 50 y 66.6% en los cuales se obtuvo un promedio de 10.28, 10, 9.57, 8.28 vainas por planta, respectivamente. Se puede observar estadísticamente que la cantidad de vainas disminuyó más del 40% en todos los tratamientos, respecto al testigo no defoliado (Figura 5).

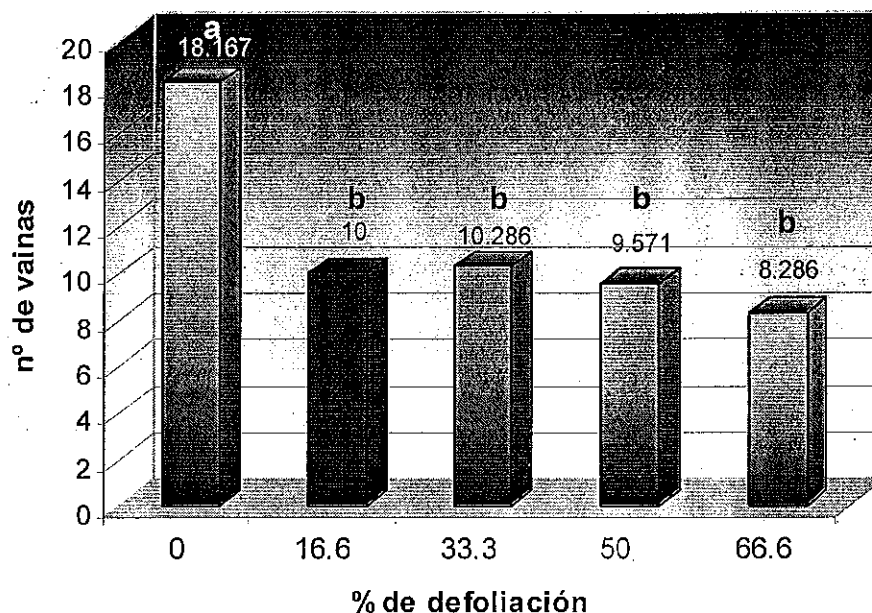


Figura 5. Cantidad promedio de vainas por planta, de la variedad Bayomex.

4.1.5 Número de semillas no viables por vaina.

El análisis de varianza para el número de semillas no viables, detectó un coeficiente de variación de 35.71, obteniéndose muy poca diferencia en la cantidad de semillas no viables en todos los tratamientos. El rango fue de 0.91 a 1.08 semillas no viables por vaina, el primer valor se obtuvo en el tratamiento al 33.3% de defoliación mientras que el segundo en el de 50% de defoliación (Figura 6).

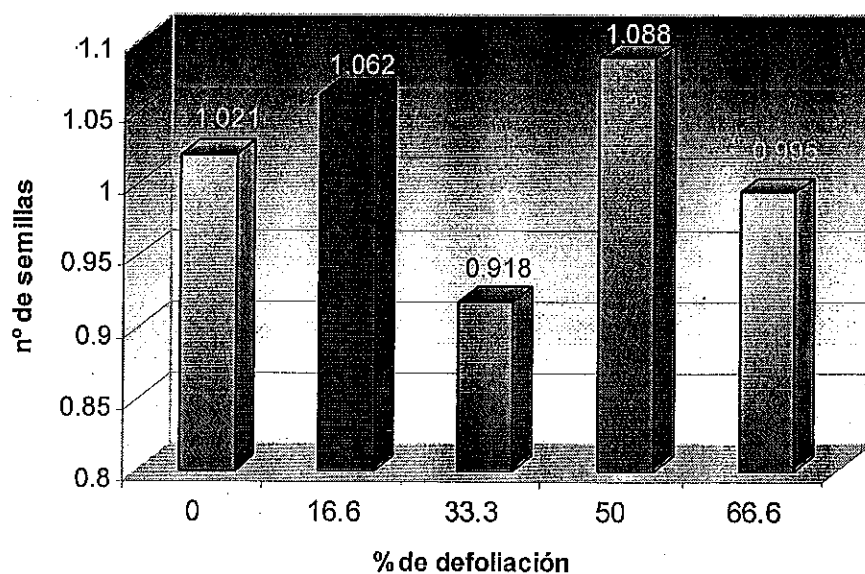


Figura 6. Cantidad promedio de semillas no viables por vaina, de la variedad Bayomex.

4.1.6 Número de vainas vanas por planta.

La prueba de Tukey para el número de vainas vanas por planta, detectó diferencias significativas, obteniéndose la mayor cantidad de vainas vanas en el tratamiento defoliado al 50% con un promedio de 6.57 vainas vanas por planta, seguido por el testigo no defoliado en el cual se obtuvo un promedio de 5.16 vainas vanas por planta,. Los demás tratamientos resultaron significativamente iguales con un promedio de 2.74, para los tratamientos con 16.6 y 33.3% de defoliación y 2.57 vainas vanas por planta para el tratamiento con mayor grado de defoliación (Figura 7).

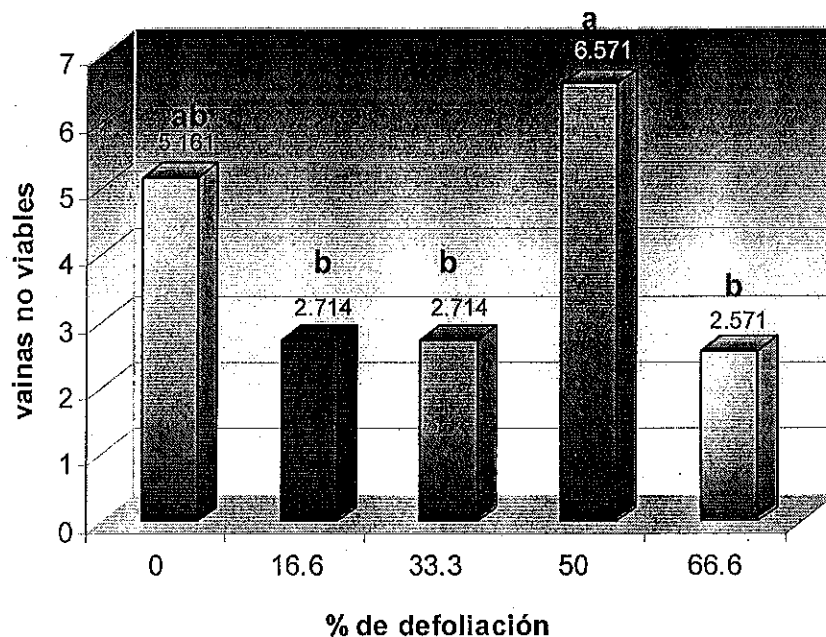


Figura 7. Cantidad promedio de vainas vanas por planta, de la variedad Bayomex.

4.2 Efecto de la defoliación en el rendimiento agronómico y sus componentes en la variedad Jamapa.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones a componentes de rendimiento en esta variedad, el análisis de varianza, presentó diferencias significativas para las siguientes variables: área foliar, número de semillas por planta, vainas por planta y número de semillas no viables por planta.

En lo que respecta al componente de rendimiento de semilla, número de semillas no viables y número de vainas vanas por planta, no se observó diferencia significativa en el análisis de varianza, sin embargo se analizaron todos los datos numéricos con la finalidad de entender el efecto de la defoliación en estas variables.

4.2.1 Rendimiento de semilla.

Aunque el análisis de la varianza no detectó diferencias se pudo observar numéricamente que el rendimiento de semilla disminuye entre 20 y 31% respecto al testigo no defoliado y que conforme el nivel de defoliación aumenta el rendimiento de semilla disminuye (Figura 8). El análisis de varianza para el componente rendimiento de semilla, detectó un coeficiente de variación de 33.7, obteniéndose el mayor rendimiento para el tratamiento no defoliado, con un promedio de 10.9 g de semilla por planta, seguido por los tratamientos con 16.6, 33.3, 50 y 66.6% de defoliación en los cuales se obtuvo un promedio de 8.7, 8.3, 8 y 7.5 g de semilla respectivamente.

Los porcentajes de disminución en el rendimiento de semilla respecto al testigo fueron de 20.0, 23.7, 27.1 y 31.0% para los tratamientos de 16.6, 33.3, 50, y 66.6% de defoliación, respectivamente.

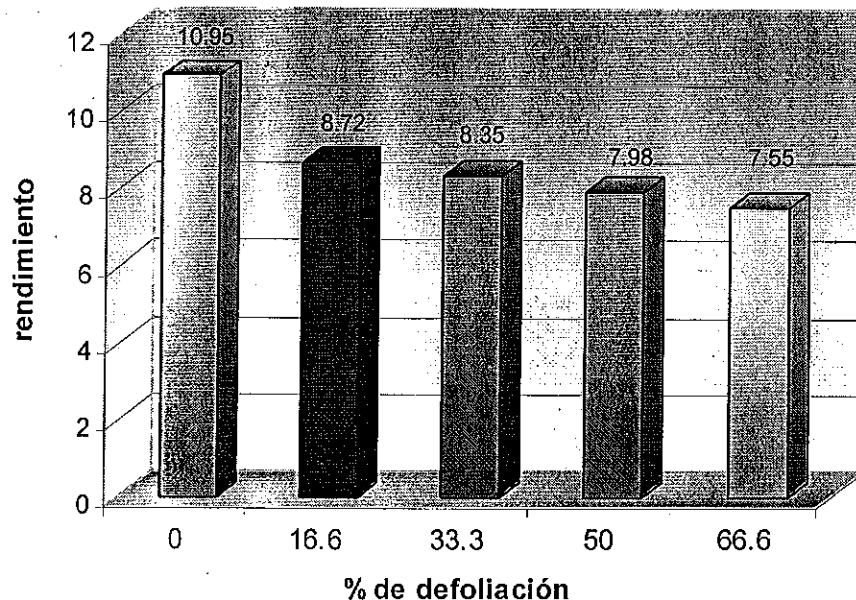


Figura 8. Rendimiento promedio de semilla en g por planta, de la variedad Jamapa.

4.2.2 Área foliar.

La prueba de Tukey para el componente área foliar, detectó diferencias significativas, obteniéndose la mayor superficie foliar en el tratamiento no defoliado con un promedio de 2527.8 cm², seguido por el tratamiento con 16.6% de defoliación en el cual se obtuvo un promedio de 1774.6 cm², mientras que los tratamientos mas afectados en el área foliar, fueron el de 66.6, 50 y 33.3%, con un promedio de 1697.5, 1645.7 y 1499 cm², respectivamente. En esta variedad se pudo observar que al comparar el testigo con el tratamiento defoliado al 16.6% existe una diferencia marcada en la disminución del área de 29.79%, mientras que en los demás tratamientos se observó una disminución del 40.69, 34.89 y 32.84% para los tratamientos con 33.3, 50 y 66.6% de defoliación, respectivamente (Figura 9).

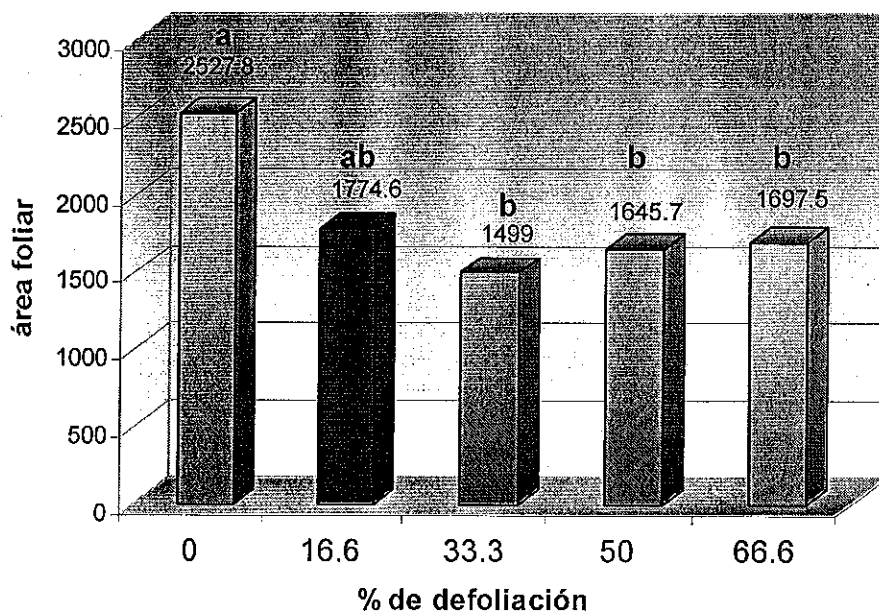


Figura 9. Promedio de área foliar en cm² por planta, de la variedad Jamapa.

4.2.3 Semillas por vaina.

La prueba de Tukey para el número de semillas por vaina, detectó diferencias significativas, se observó que el tratamiento que tuvo la menor cantidad de semillas por vaina fue el de 33.3% de defoliación, reportando un promedio de 4.03 semillas por vaina. Los demás tratamientos, estadísticamente iguales, tuvieron una cantidad mayor de semilla. El mayor número de semillas por vaina se obtuvo en el tratamiento con 50% de defoliación, con un valor promedio de 5.48. A diferencia de la variedad Bayomex, se puede observar que la cantidad de semillas en esta variedad fue más afectada a niveles de un tercio de defoliación, esto sin tomar en cuenta el tamaño y peso de las semillas (Figura 10).

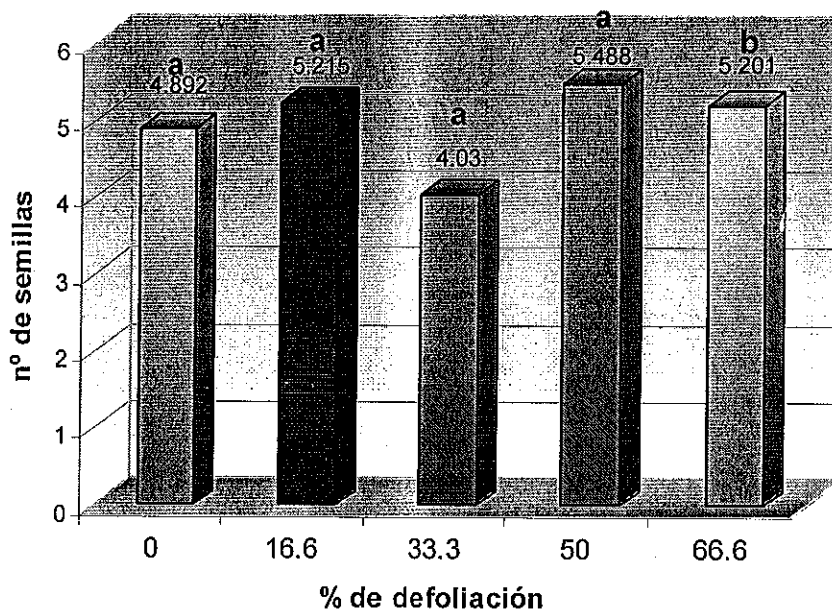


Figura 10. Cantidad promedio de semillas por vaina, de la variedad Jamapa.

4.2.4 Vainas por planta.

La prueba de Tukey para el número de vainas por planta, detectó diferencias significativas, obteniéndose la mayor cantidad de vainas en el tratamiento no defoliado con un promedio de 20.1 vainas por planta, seguido por los tratamientos defoliados al 16.6 y 33.3% en los cuales se obtuvo un promedio de

17.0 y 16 vainas por planta respectivamente. Los tratamientos mas afectados en el rendimiento de vainas fueron los defoliados al 50 y 66%, con un valor de 11.8 y 11.1 vainas por planta, respectivamente. En el análisis de esta variable se detectó que la cantidad de vainas disminuyo más del 42% en los tratamiento con 50 y 66% de defoliación, respecto al testigo no defoliado (Figura 11).

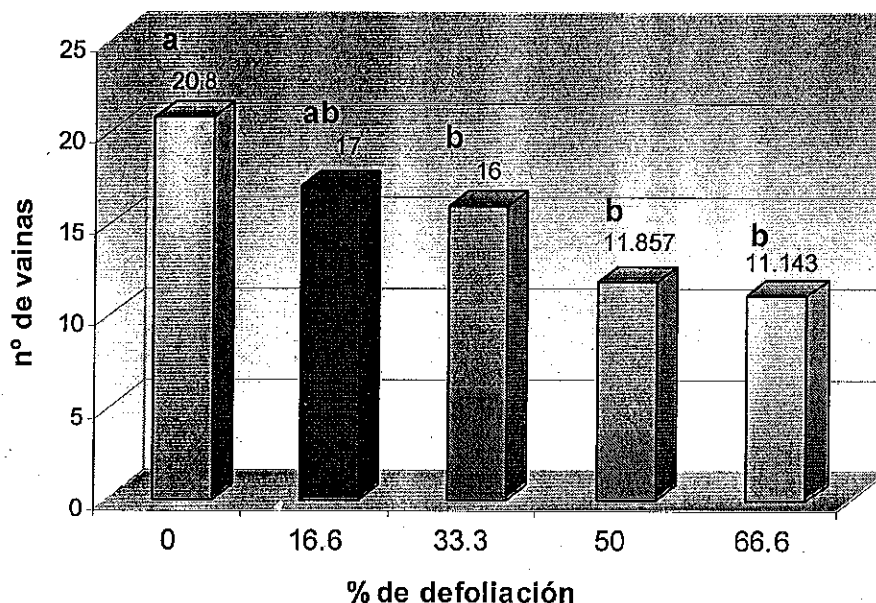


Figura 11. Cantidad promedio de vainas por planta, de la variedad Jamapa.

4.2.5 Semillas no viables por vaina.

El análisis de varianza para el número de semillas no viables, detectó un coeficiente de variación de 35.71, obteniéndose muy poca diferencia en la cantidad de semillas no viables para todos los tratamientos. El rango fue de 1 a 1.4 semillas no viables por vaina; el primer valor se obtuvo en el tratamiento al 66.6%, mientras que el segundo en el de 16.6% de defoliación (Figura 12).

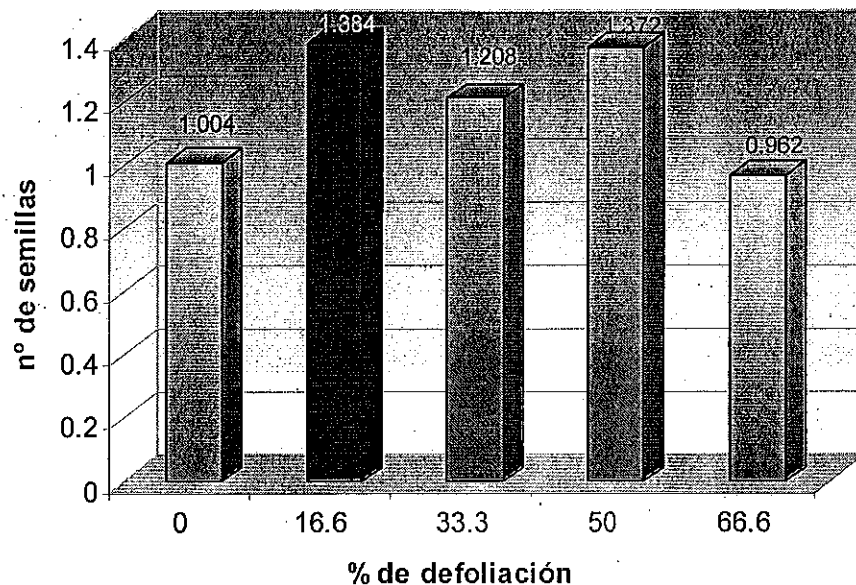


Figura 12. Cantidad promedio de semillas no viables por vaina, de la variedad Jamapa.

4.2.6 Vainas no viables por planta.

El análisis de varianza para el número de vainas vanas por planta, no detectó diferencias significativas, sin embargo numéricamente se obtuvo una mayor cantidad de vainas vanas en el tratamiento defoliado al 66.6% con un promedio de 6.7 vainas vanas por planta, seguido por el tratamiento con 33.3%, en el cual se obtuvo un promedio de 4.3 vainas vanas por planta. Los demás tratamientos presentaron poca variación y la cantidad mas baja de vainas se observó en el tratamiento con 50%, con un promedio de 1.8 vainas. En lo que respecta al testigo no defoliado y al tratamiento con 16.6% de defoliación se obtuvo un promedio de 2.4 y 2.5 vainas, respectivamente, con un promedio de 2.7; para los tratamientos con 16.6 y 33.3% de defoliación y 2.6 vainas vanas por planta para el tratamiento con mayor grado de defoliación (Figura 13).

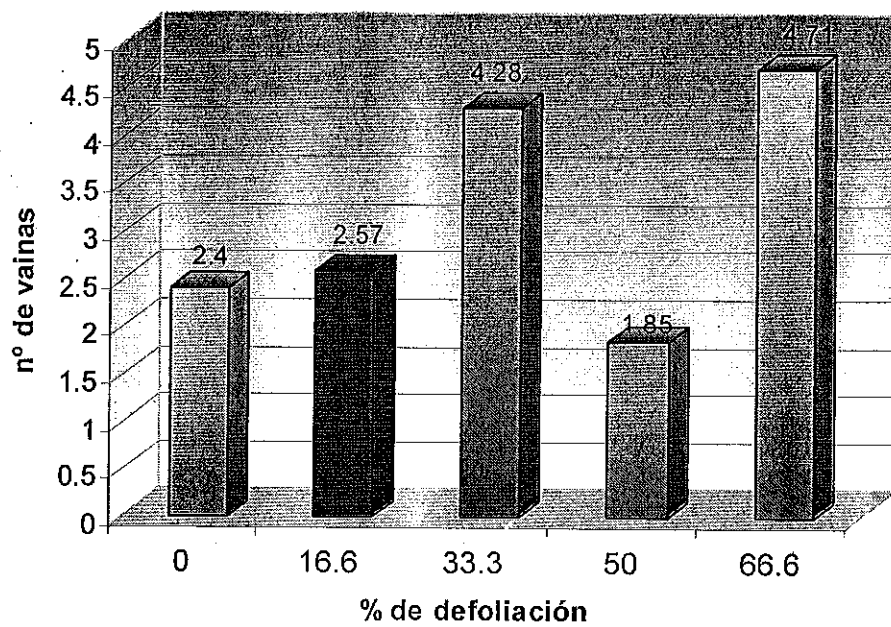


Figura 13. Cantidad promedio de vainas vanas por planta, de la variedad Jamapa.

4.3 Validación del modelo de simulación para frijol utilizando la opción PEST del DSSAT v3 para la aplicación del grado de defoliación.

4.3.1 Relación de los valores simulados y observados en la variedad Bayomex.

4.3.1.1 Rendimiento de semilla.

La relación promedio entre valores simulados y observados en cada porcentaje de defoliación aplicado es variable para cada tratamiento. El efecto de los cuatro primeros niveles de defoliación para el rendimiento de semilla se comporta muy semejantemente, sin embargo para la defoliación del 66.6% se observa subestimación del programa en el rendimiento de semilla, dando como resultado una confiabilidad del 76%, mientras que la relación promedio que existe para los demás tratamientos es bastante aceptable (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación del rendimiento de semilla simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.

% DE DEFOLIACIÓN	RENDIMIENTO DE SEMILLA (Kg.Ha ⁻¹)		SIM/OBS (Confiabilidad)	VARIACIÓN
	observado	Simulado		
0	1884.3	1865	0.98	2
16.6	1648.35	1850	1.12	12
33.3	1632.75	1843	1.12	12
50	1577.7	1586	1.00	0
66.6	1550.55	1184	0.76	24

En la figura 14 se comparan los resultados observados y simulados. La predicción más confiable ocurrió para el tratamiento sin defoliar y con 50% de defoliación, en estos dos tratamientos la cantidad de semilla simulada fue semejante a las obtenidas físicamente, mientras que la predicción menos confiable se observó para el tratamiento con 66% de defoliación, donde se observa una clara subestimación.

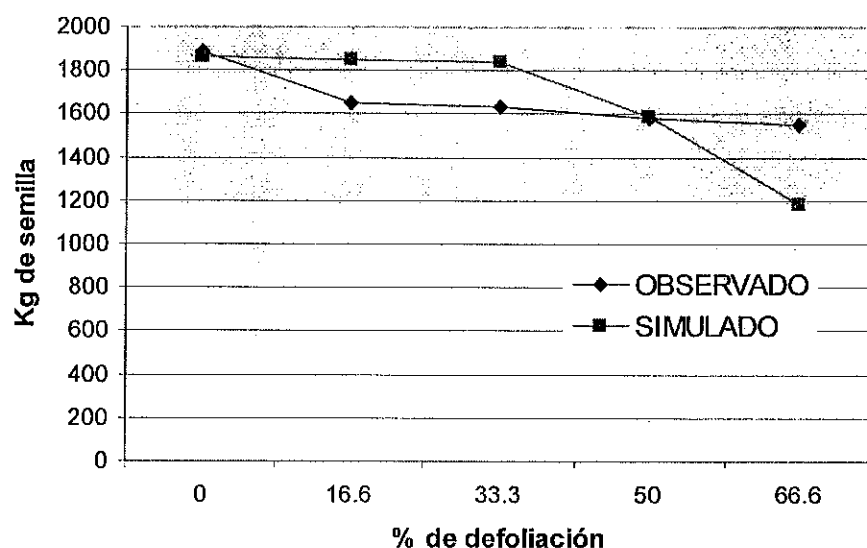


Figura 14. Rendimiento de semilla observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.

4.3.1.2 Índice de área foliar

Para el caso del índice de área foliar los datos simulados están muy por debajo de los resultados observados físicamente, el valor mas bajo se registró en el tratamiento con 66.6% de defoliación con una relación entre lo simulado y observado del 0.27, lo cual es resultado de una subestimación por parte del programa, solamente el tratamiento con 33% de defoliación mostró una confiabilidad aceptable de 0.83, mientras que todos los demás tratamientos simulados estuvieron por debajo del 60% de confiabilidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación del índice de área foliar simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.

% DE DEFOLIACION	INDICE DE AREA FOLIAR		SIM/OBS	VARIACIÓN
	observado	simulado		
0	8.377	4.99	0.59	41
16.6	8.484	4.81	0.56	44
33.3	4.376	3.66	0.83	17
50	4.842	2.21	0.45	55
66.6	4.035	1.12	0.27	73

En la figura 15 se compara el índice de área foliar simulado y observado en la mayoría de los tratamientos la predicción del modelo subestima el valor real, solamente en el tratamiento con 33.3% de defoliación se observa una diferencia aceptable.

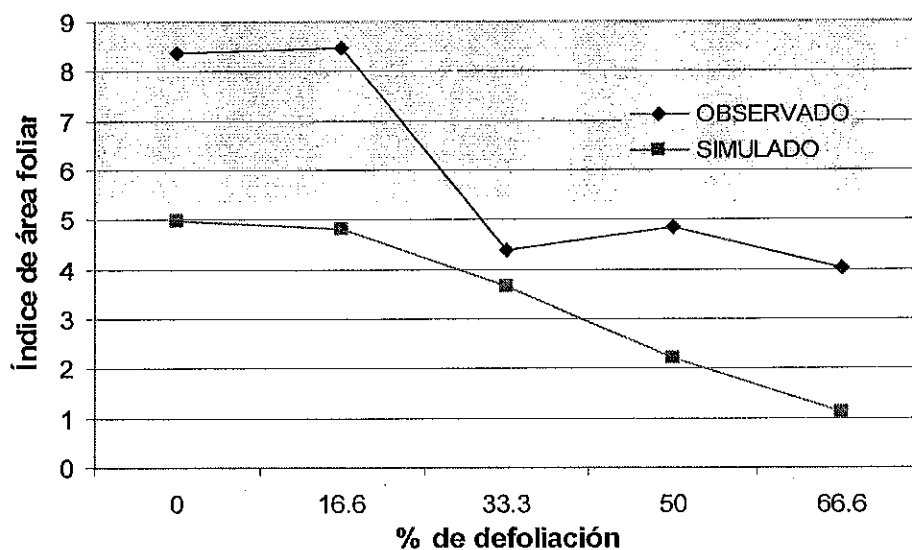


Figura 15. Comparación del Índice de área foliar observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.

4.3.1.3 Rendimiento de semilla por m².

En este caso la relación promedio entre datos simulados y observados muestra una sobrestimación por parte del programa. La relación que existe entre la mayoría de los tratamientos muestra una tendencia en la simulación a sobrestimar el rendimiento por unidad de área (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación del rendimiento de semilla por m² simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.

% DE DEFOLIACION	SEMILLA POR (g.m ²)		SIM/OBS	VARIACIÓN
	Observado	Simulado		
0	607.45	1169	1.92	92
16.6	412.5	1162	2.81	>100
33.3	439.47	1082	2.46	>100
50	397.81	925	2.32	>100
66.6	311.93	637	2.04	>100

En la figura 16 se presenta la comparación de los rendimientos de semilla por metro cuadrado y se puede observar que las cantidades simuladas por el programa son mucho mayores que las observadas físicamente. Todos los tratamientos claramente muestran una sobrestimación mayor al 90%.

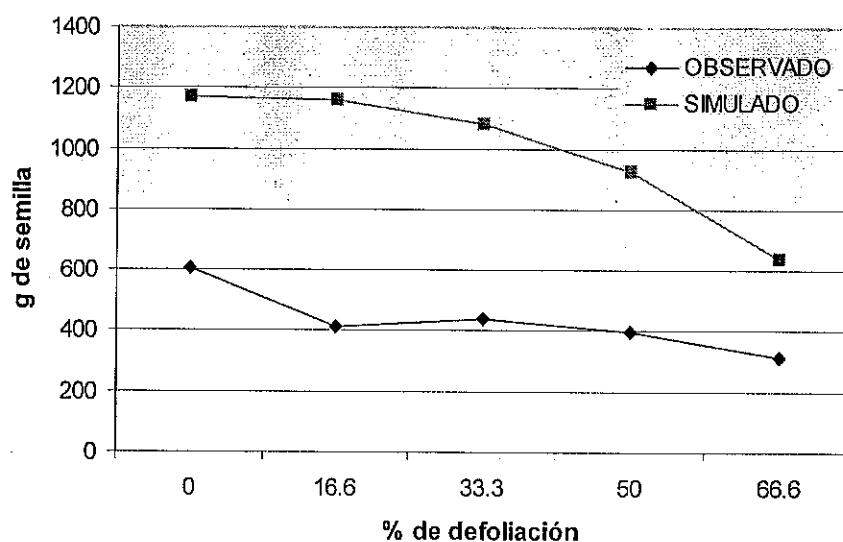


Figura 16. Rendimiento de semilla por m² observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.

4.3.1.4 Numero de semillas por vaina.

Al igual que en la variable anterior se muestra una baja confiabilidad del modelo en su predicción (Cuadro 5). La relación de menor proporción correspondió al tratamiento con 33.3% de defoliación, con un valor de 1.82, mientras que la mayor se obtuvo en el tratamiento no defoliado con un valor de 2.23.

Cuadro 5. Comparación del N° de semillas por vaina simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.

% DE DEFOLIACION	N° DE SEMILLAS POR VAINA		SIM/OBS	VARIACIÓN
	Observado	simulado		
0	2.23	5.2	2.23	>100
16.6	2.75	5.2	1.89	89
33.3	2.85	5.2	1.82	82
50	2.77	5.2	1.87	87
66.6	2.51	5.2	2.07	>100

Para el caso del número de semillas por vaina el modelo de predicción arrojó cantidades por arriba de las obtenidas físicamente. En todos los tratamientos el número de semillas predicho fue casi duplicado (Figura 17).

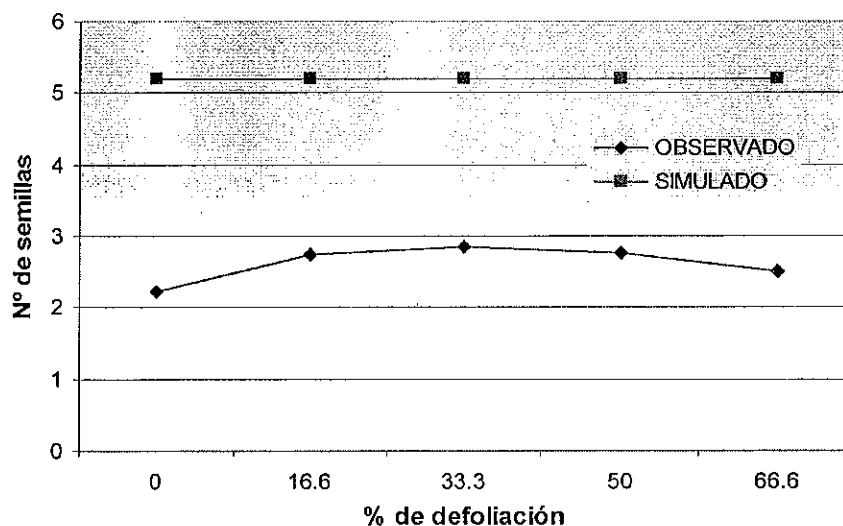


Figura 17. N° de semillas por vaina observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.

4.3.1.5 Peso unitario de semilla.

Para los promedios de peso unitario de semilla se muestran diferencias en los datos estimados por el programa y los datos obtenidos físicamente; los valores obtenidos en la simulación muestran una clara subestimación para todos los tratamientos. La relación promedio más alta se obtuvo en el tratamiento no defoliado con un valor de 0.51; mientras que la relación mas baja correspondió al tratamiento con 66.6% de defoliación con un valor de 0.37. Esto indica que la confiabilidad del modelo es baja para el cálculo de esta variable y que se tendrían que hacer modificaciones en el directorio del cultivar (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación del peso unitario de semilla simulado por el programa y observado en la variedad Bayomex.

% DE DEFOLIACION	PESO POR SEMILLA (g)		SIM/OBS	VARIACIÓN
	observado	Simulado		
0	0.309	0.16	0.51	49
16.6	0.399	0.159	0.39	61
33.3	0.37	0.17	0.45	55
50	0.396	0.172	0.43	57
66.6	0.495	0.186	0.37	63

En la figura 18 se observa que el peso unitario de la semilla observado físicamente para cada tratamiento es mucho mayor que el peso calculado por el modelo. Es posible que esto se deba en gran medida al tipo de cultivar que se utilizó en el programa.

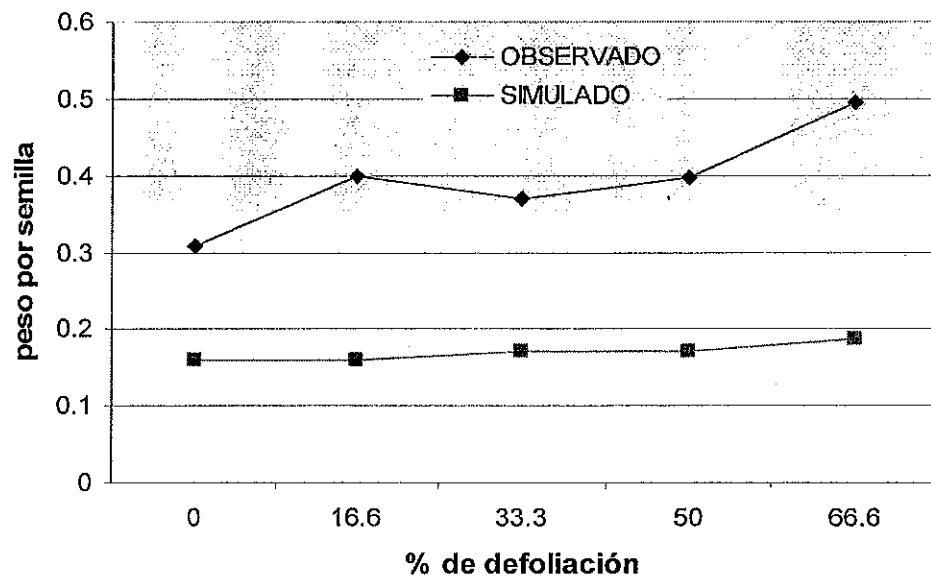


Figura 18. Peso por semilla observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.

4.3.1.6 Relación temporal de las etapas de desarrollo para la variedad Bayomex.

En lo que respecta a la comparación temporal de las etapas fonológicas simuladas y observadas físicamente en el experimento, hubo claras diferencias en las fechas en que se presentaron (Figura 19). La emergencia del 50% de las plántulas se observó físicamente el día 03 de mayo del 2007, mientras que la predicción del modelo fue anticipada para el 02 de mayo. La etapa V2 se presentó en la mayoría de la población el día 06 de mayo, mientras que el modelo predijo la aparición de las hojas primarias en la misma fecha simulada para la emergencia.

El día 07 de mayo del 2007 la mayoría de las plantas presentaban la primera hoja trifoliolada, la predicción del modelo para esta etapa solamente varió por un día, ya que el modelo predijo dicha etapa para el 06 de mayo.

La fase reproductiva de la planta se presentó físicamente con la aparición de los primeros botones florales el día 22 de mayo, la predicción del modelo se anticipó 14 días, lo cual marca una diferencia considerable.

La aparición de las primeras flores en las plantas del ensayo se observó para el 31 de mayo, en comparación con la fecha simulada, existe una marcada diferencia de 13 días, ya que el modelo predijo la etapa para el día 13 de junio. En lo que respecta a la aparición física de las primeras vainas se presentó una variación de 11 días respecto a la fecha predicha por el modelo del 15 de junio, y la observada del 4 de junio. Es importante aclarar que la formación de la vaina inicialmente comprende el desarrollo de las valvas y posteriormente llenado de la misma.

Tomando en cuenta lo anterior el inicio del llenado de vaina se registró el día 15 de junio del 2007 para el ensayo físico y este dato concuerda de forma exacta con la predicción del modelo, la cual se tiene para la misma fecha.

En lo que respecta a la etapa final de crecimiento nodular para esta variedad no se registró fecha de aparición. Las etapas de pigmentación de la semilla, amarillamiento de los folíolos y madurez fisiológica, no presentan gran diferencia entre los datos simulados y observados físicamente, en la mayoría de los casos la diferencia en la aparición de la etapa es solo de un día.

A continuación se presentan las respectivas fechas simuladas y reales: 06, 07 y 18 de julio; contra las observadas físicamente 30 de junio, 09, y 19 de julio, estos datos representan el tiempo de aparición de las etapas anteriormente mencionadas.

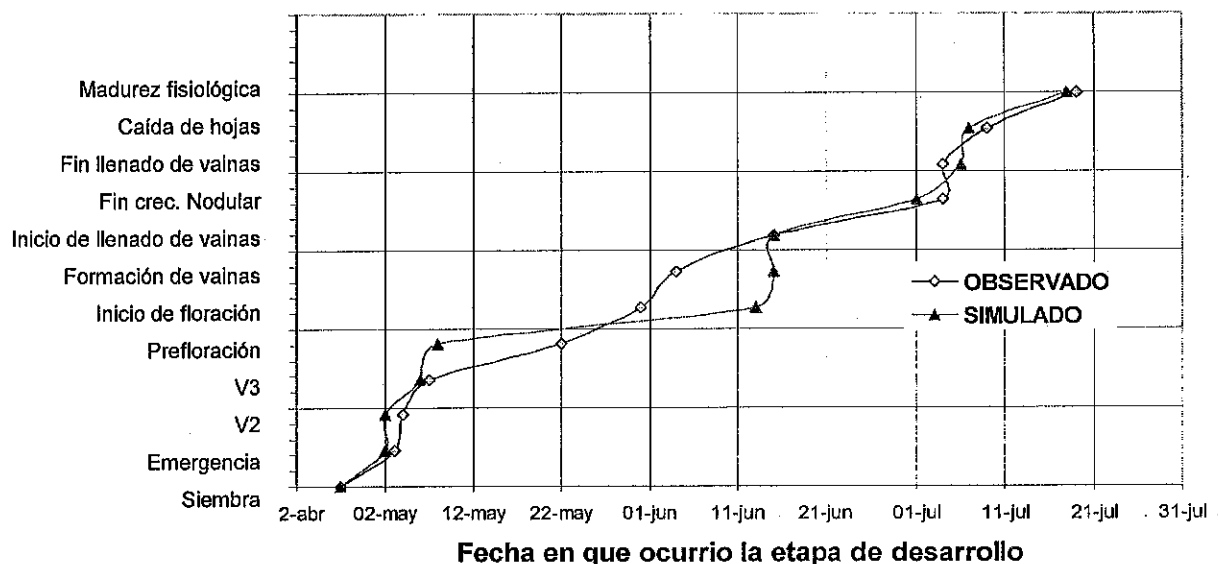


Figura 19. Desarrollo fisiológico-temporal observado y simulado por el programa en la variedad Bayomex.

4.3.1.7 Análisis general de la simulación para la variedad Bayomex.

La simulación de los 5 parámetros muestra claras diferencias. En lo que respecta al peso por semilla y al índice de área foliar se presentó una subestimación en los valores simulados; mientras que los parámetros de número de semillas por vaina y rendimiento por m^2 fueron sobrestimados por el modelo. Estos resultados posiblemente estén relacionados con los coeficientes genético-fisiológicos del cultivar Bat477 utilizado en las opciones del modelo y que difiere en algunas características de la variedad Bayomex.

No obstante en lo que respecta al rendimiento de semilla, los datos simulados para cada tratamiento muestran una confiabilidad mayor al 75%.

4.3.2 Relación de los valores simulados y observados para la variedad Jamapa.

4.3.2.1 Rendimiento de semilla.

La relación promedio entre valores simulados y observados en cada porcentaje de defoliación aplicado es variable para cada tratamiento. Solamente para el tratamiento de 66% de defoliación se observa una confiabilidad aceptable de 1.04 en su relación con lo observado físicamente, mientras que la predicción del programa mostró una sobrestimación en el rendimiento de semilla para los cuatro tratamientos restantes (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación del rendimiento de semilla simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.

% DE DEFOLIACIÓN	RENDIMIENTO DE SEMILLA (Kg.Ha ⁻¹)		SIM/OBS	VARIACIÓN
	Observado	Simulado		
0	1642.5	2026	1.23	23
16.6	1307.7	2006	1.53	53
33.3	1252.05	1932	1.54	54
50	1197.15	1620	1.35	35
66.6	1132.95	1184	1.04	4

En la figura 20 se observa que la predicción del rendimiento de semilla esta sobrestimada por el programa. Solamente para el tratamiento con 66.6% de defoliación se obtuvo un resultado semejante al observado físicamente. En los demás tratamientos la predicción del rendimiento de semilla se sobrestimó por arriba del 23%.

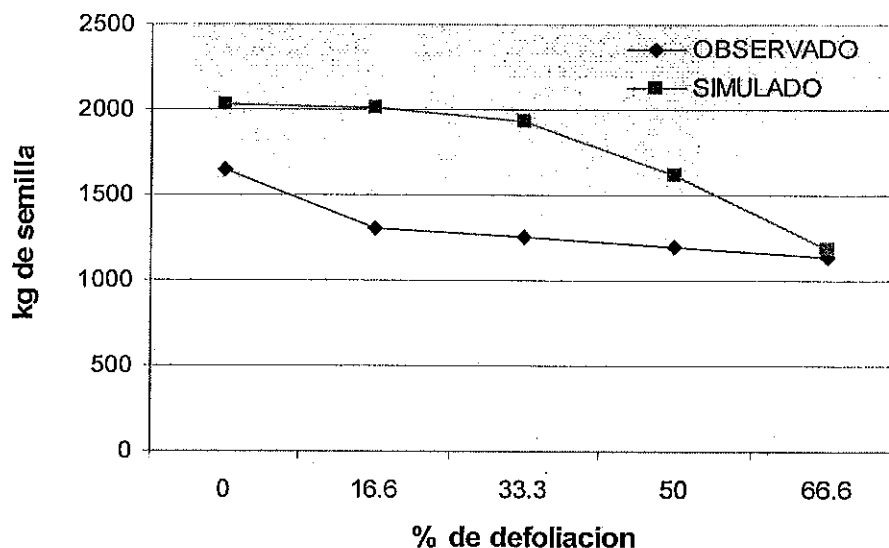


Figura 20. Rendimiento de semilla observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.

4.3.2.2 Índice de área foliar.

Para el caso del índice de área foliar los datos simulados están muy por debajo de los resultados observados físicamente, el valor mas bajo se registró en el tratamiento con 66.6% de defoliación con una relación entre lo simulado y observado del 0.15, lo cual es resultado de una subestimación por parte del programa, solamente el tratamiento con 16% de defoliación mostró una confiabilidad aceptable de 0.62, mientras que todos los demás tratamientos simulados estuvieron por debajo del 55 % de confiabilidad (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación del índice de área foliar simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.

% DE DEFOLIACION	INDICE DE AREA FOLIAR		SIM/OBS	VARIACIÓN
	observado	simulado		
0	10.084	4.56	0.45	55
16.6	7.08	4.39	0.62	38
33.3	5.98	3.24	0.54	46
50	6.56	1.98	0.30	70
66.6	6.77	1.02	0.15	85

En la figura 21 se comparan los valores del índice de área foliar y se puede observar que la predicción del IAF por el programa esta muy por debajo de los resultados obtenidos en el experimento físico. La proporción mas alta se obtuvo para el tratamiento con 16.6% de defoliación con una confiabilidad del 62%, mientras que los demás tratamientos reportaron una relación entre lo simulado y lo observado de 54, 45, 30 y 15% para las defoliaciones del 33.3, 0, 50 y 66.6% respectivamente.

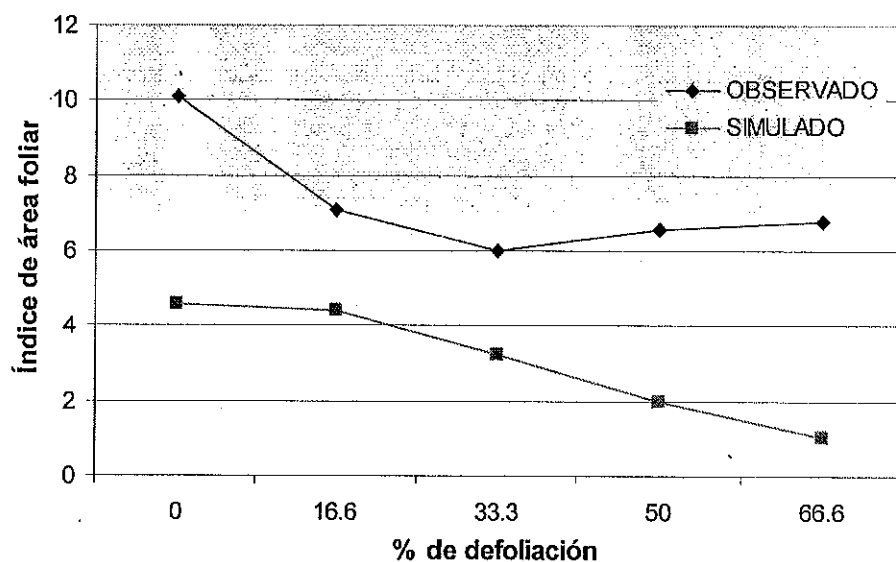


Figura 21. Índice de área foliar observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.

4.3.2.3 Rendimiento de semilla por m².

La relación promedio para el rendimiento de semilla por m² muestra variación para todos los tratamientos. La variación mas alta de la simulación se observó para el tratamiento con 66.6% de defoliación, mostrando una subestimación del 30%, seguida por los tratamientos con 33.3 y 0% de defoliación, con una variación del 20 y 18% respectivamente. Los tratamientos con mayor

confiabilidad fueron el de 16.6 y 50% de defoliación, los cuales tuvieron una variación menor al 8% (cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación del rendimiento de semilla por m² simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.

% DE DEFOLIACION	PESO DE SEMILLAS POR (g.m ²)		SIM/OBS	VARIACIÓN
	observado	simulado		
0	1526.92	1255	0.82	18
16.6	1330.33	1245	0.93	7
33.3	967.92	1164	1.20	20
50	925.73	966	1.04	4
66.6	922.17	648	0.70	30

En lo que respecta al rendimiento de semilla por m², en la figura 22 se observa que las predicciones más aceptables se obtuvieron para los tratamientos 16.6 y 50% de defoliación. Sin embargo en los demás tratamientos la predicción estuvo por arriba del 70 %, lo cual es aceptable tomando en cuenta que el cultivar que se utilizó en la simulación difiere en algunas características fisiológicas del cultivar Jamapa.

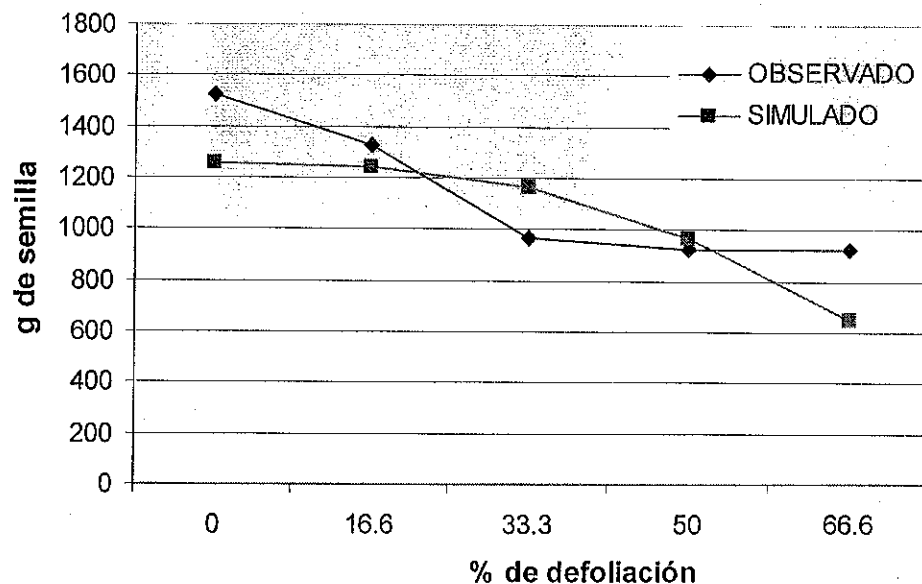


Figura 22. Rendimiento de semilla por m² observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.

4.3.2.4 Numero de semillas por vaina.

Para la predicción de esta variable se muestra una confiabilidad del modelo aceptable. La relación de mayor variación correspondió al tratamiento con 33.3% de defoliación, con un valor de 28%, seguido por los tratamientos con 0 y 66.6% defoliación con un porcentaje de variación del 6%, mientras que la simulación de mayor confiabilidad se observó en los tratamientos con 16.6 y 50% de defoliación con un porcentaje de variación de solo 1% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación del número de semillas por vaina simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.

% DE DEFOLIACION	Nº DE SEMILLAS POR VAINA		SIM/OBS	VARIACIÓN
	observado	simulado		
0	4.89	5.2	1.06	6
16.6	5.217	5.2	0.99	1
33.3	4.033	5.2	1.28	28
50	5.205	5.2	0.99	1
66.6	5.517	5.2	0.94	6

La comparación de los valores simulados y observados se muestra en la figura 23. Los tratamientos mejor simulados fueron: el no defoliado, 16.6%, 50 y 66% de defoliación los cuales reportan valores muy cercanos a los reales. Para el tratamiento con 33.3% de defoliación se observa una sobrestimación del 28%.

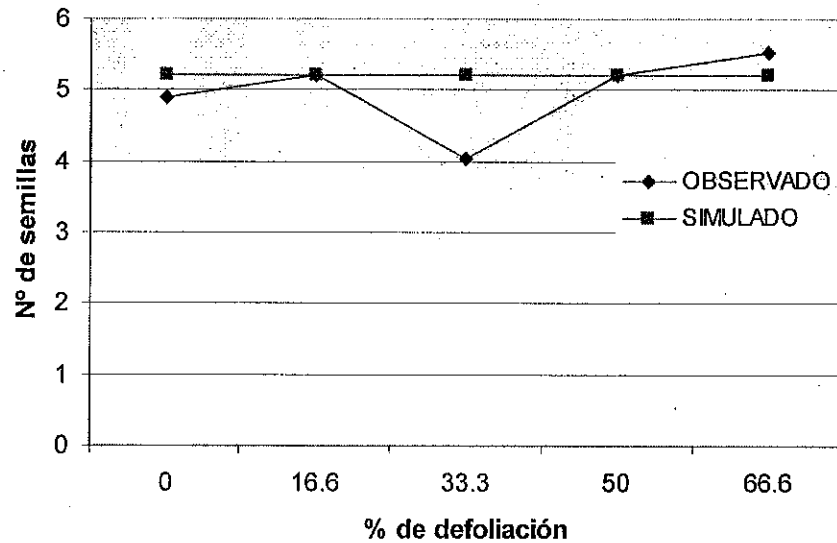


Figura 23. Número de semilla por vaina observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.

4.3.2.5 Peso unitario de semilla.

Para los promedios de peso unitario de semilla se muestran diferencias en los datos estimados por el programa y los datos obtenidos físicamente, los valores obtenidos en la simulación muestran una clara sobreestimación. La relación promedio más aceptable se obtuvo en el tratamiento con 33.3% de defoliación con un valor de 1.28. Mientras que en los demás tratamientos la relación entre los simulado y observado es mayor de 1.30 (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación del peso unitario de semilla simulado por el programa y observado en la variedad Jamapa.

% DE DEFOLIACION	PESO POR SEMILLA (g)		SIM/OBS	VARIACIÓN
	observado	simulado		
0	0.107	0.161	1.50	50
16.6	0.098	0.161	1.64	64
33.3	0.129	0.166	1.28	28
50	0.129	0.168	1.30	30
66.6	0.123	0.183	1.48	48

En lo que respecta al peso unitario de semilla se puede observar en la figura 24 que esta variable es sobrestimada por el programa. Ningún dato simulado es semejante a los resultados reales del experimento. En la mayoría de los tratamientos simulados se presenta una sobrestimación mayor del 30%.

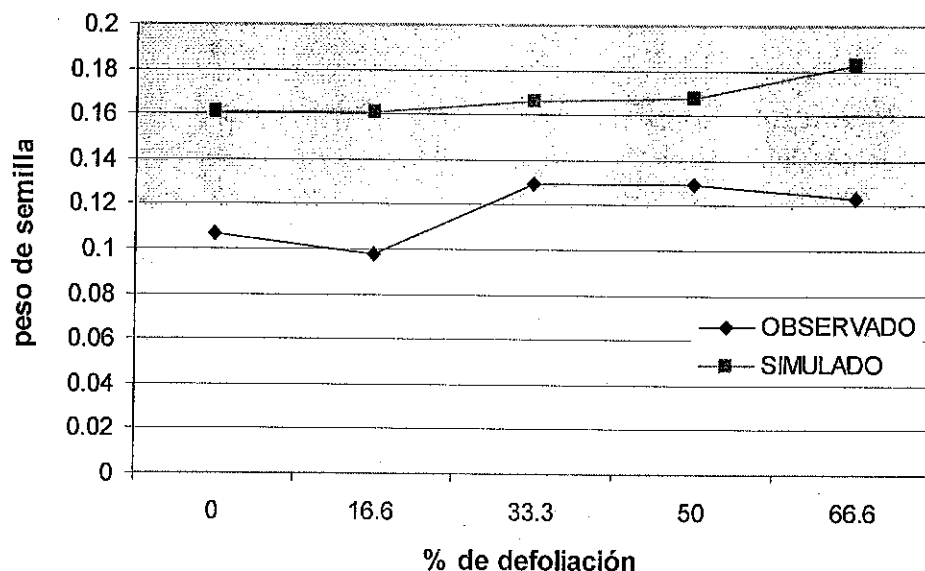


Figura 24. Peso por semilla observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.

4.3.2.6 Relación temporal de las etapas de desarrollo para la variedad Jamapa.

En lo que respecta a la comparación temporal de las etapas fenológicas simuladas y observadas físicamente en el ensayo, hay claras diferencias en las fechas en que se presentaron: La emergencia del 50% de las plántulas se observó físicamente el día 6 de mayo del 2007, mientras que la predicción del modelo fue anticipada para el 2 de mayo. La etapa V2 se presentó en la mayoría de la población el día 8 de mayo, mientras que el modelo predijo la aparición de las hojas primarias en la misma fecha simulada para la emergencia.

El día 13 de mayo del 2007 la mayoría de las plantas presentaron la primera hoja trifoliolada, la predicción del modelo para esta etapa vario por 9 días, ya que el modelo predijo dicha etapa para el 6 de mayo.

La fase reproductiva de la planta se presentó físicamente con la aparición de los primeros botones florales el día 30 de mayo, la predicción del modelo se anticipo 22 días, lo cual marca una diferencia considerable.

La aparición de las primeras flores en las plantas del ensayo se observó para el 8 de junio, en comparación con la fecha simulada, existe una diferencia de 5 días, ya que el modelo predijo la etapa para el día 13 de junio. En lo que respecta a la aparición física de las primeras vainas se presentó una variación de 2 días respecto a la fecha predicha por el modelo del 15 de junio, y la observada del 13 de junio.

Es importante precisar que la formación de la vaina inicialmente comprende el desarrollo de las valvas y posteriormente llenado de la misma. Tomando en cuenta lo anterior, el inicio del llenado de vaina se registro el día 20 de junio del 2007 para el ensayo físico, con una diferencia de 5 días con respecto a la fecha simulada del 15 de junio.

En lo que respecta a la etapa final de crecimiento nodular para esta variedad se registro el día 5 de julio, con una diferencia de 4 días con respecto a la fecha simulada del 1 de julio.

Para las etapas de pigmentación de la semilla que se observó físicamente el 5 de junio, amarillamiento de los folíolos que ocurrió el 9 de julio y madurez fisiológica el 21 de julio, se registró una diferencia de 1, 3 y 4 días respectivamente en contraste con las fechas simuladas que fueron el: 6 de julio para las dos primeras etapas y 17 de julio para la madurez fisiológica (Figura 25).

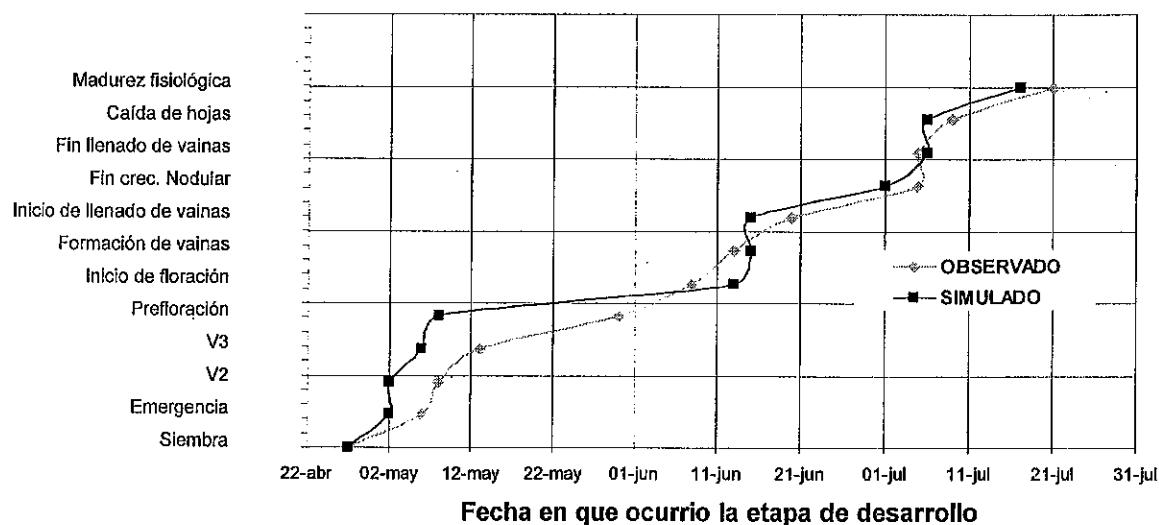


Figura 25. Desarrollo fisiológico-temporal observado y simulado por el programa en la variedad Jamapa.

4.3.2.7 Análisis general de la simulación para la variedad Jamapa.

Tomando en cuenta los resultados que fueron comparados, para la variedad Jamapa, se deriva lo siguiente: los parámetros de rendimiento de semilla, peso por semilla e índice de área foliar muestran una clara sobrestimación en comparación con los resultados observados físicamente. La variación de los datos probablemente se deba a los coeficientes genético-fisiológicos del cultivar Porrillo Sintético, el cual fue utilizado para realizar la simulación. En lo que respecta a la predicción del peso por semilla y al rendimiento por m^2 se observa un comportamiento variable para cada tratamiento.

V. CONCLUSIONES

El rendimiento de semilla en invernadero mostró disminución en todos los tratamientos de defoliación aplicados a las dos variedades estudiadas.

El área foliar se comportó de forma variable en los dos cultivares estudiados. En la variedad Bayomex la defoliación del 16.6% tuvo un efecto positivo, pues incremento el área foliar de las hojas no removidas en 1.2% con respecto al testigo. En lo que respecta al efecto de las defoliaciones del 33.3, 50 y 66.6% su comportamiento fue inversamente proporcional observándose una disminución del 28.2, 42.2 y 51.8, respectivamente.

El componente morfológico número de vainas, es el que se correlacionó en mayor grado con el rendimiento de semilla.

El programa DSSAT v3 mostró una sensibilidad de estimación al aplicar niveles de daño por defoliación. En las dos variedades de frijol utilizadas en el estudio se observaron efectos en los parámetros de rendimiento. Pero no en todos se pudo observar una concordancia aceptable. Los estimados de rendimiento en el sentido estrecho demostraron ser bajos e intermedios para la mayoría de los componentes de rendimiento, excepto para el rendimiento de semilla de la variedad Bayomex y rendimiento de semilla por metro cuadrado de la variedad Jamapa que resultó ser alto en ambas poblaciones.

La incorporación del efecto por defoliación, el cual se puede atribuir a una plaga insectil o a una enfermedad, es una opción del programa en la cual se deberán realizar más estudios y ajustes para aumentar la confiabilidad de esta opción.

VI. LITERATURA CITADA

- Alderfer, R.G. and C.F. Eagles. 1976. The effect of partial defoliation on the growth and photosynthetic efficiency of bean leaves. *Bot. Gaz.* 137: 351-355.
- Anónimo. 1992. Guía fitosanitaria para el cultivo del frijol. Serie Sanidad Vegetal. Sistema producto frijol. SARH. México. pag. 5-15.
- Anónimo. 1980. Principales plagas del frijol. Dirección General de Sanidad Vegetal, SARH, Méx. 55 p.
- Batchelor, W. D., J. W. Jones, K. J. Boote, H. O. Pinnschmidt. 1993. Extending the use of crop models to study pest damage. *Transactions of the ASAE* 36(2):551-558.
- Boote, K.J., M.I. Minguez, and F. Sau. 2002. Adapting the CROPGRO legume model to simulate growth of faba bean. *Agronomy Journal* 94:743-756.
- Boote, K.J., J.W. Jones, W.D. Batchelor, E.D. Nafziger, and O. Myers. 2003. Genetic coefficients in the CROPGRO-Soybean model: Links to field performance and genomics. *Agronomy Journal* 95:32-51.
- Boote, K.J., M.I. Minguez, and F. Sau. 2002. Adapting the CROPGRO legume model to simulate growth of faba bean. *Agronomy Journal* 94:743-756.
- Capinera, J.L. and W.L. Roltsch. 1980. Response of wheat seedlings to actual and simulated migratory grasshopper defoliation. *J. Econ. Entomol.* 73:258-261.
- Caviness, C.E. and J.D. Thomas. 1980. Yield reduction from defoliation of irrigated and non-irrigated soybeans. *Agronomy Journal* 72: 977-980.
- Chagas, J.M., C. Vieira, M. Maestri y A.A. Cardoso. 1979. Desposta de duas variedades de Feijoo (*Phaseolus vulgaris* L.) ao desfolhamento artificial. *Ciencia e Cultura* 31:683-687.
- Coggin, D.L. and G.P. Dively. 1980. Effects of depodding and defoliation on yield and quality of lima beans. *J. Econ. Entomol.* 73:609-614.
- CIAT. 1982. Etapas de desarrollo de la planta de frijol comun. Guia de estudio. Cali, Colombia. 25 pp.

- CIAT. 1985. Frijol: investigación y producción. Cali, Colombia 417 pp.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2002 Acerca del frijol. www.ciat.Cgiar.org/beans/htm.
- CIAT. 1975. Sistemas de producción de frijol. En: Informe anual 1974. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, pp. 125-129.
- Crispin M., A., J.A. Sifuentes y J. Campos Avila. 1976. Enfermedades y plagas del frijol en México. Foll. Divulg. 39. INIA, SAG, Méx. 42 p.
- Fageria, N.K. and A.M. Carvalho. 1996. Response of common bean to phosphorus on acid soils. *commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27(5-8):1447-1458
- Fanjul P., L. 1978. Análisis del crecimiento de una variedad de *Phaseolus vulgaris* L., de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo preliminar para el estudio de las relaciones entre fuente y la demanda de los fotosintatos. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Méx. 156 pp.
- Gálvez, G.E., J.J. Galindo y G. Alvarez. 1977. Defoliación artificial para estimar pérdidas por daños foliadores en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba* 27: 143-146.
- García S., C. 1980. Evaluación del daño causado por insectos defoliadores en diversas etapas fenológicas del frijol Ojo de Cabra con defoliaciones manuales. Informe de Investigación Agrícola. Campo Agric. Exp. De la Sierra de Chihuahua. CIAN, INIA, SARH, México. 10 p.
- Garza García, R. 1985. Niveles económicos de daño de la conchuela, *Epilachna varivestis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), en tres variedades de frijol, *Phaseolus vulgaris* L. Tesis MC, CP, Chapingo, Méx. 74 p.
- Guerrero Rodríguez, R.E., M.J. Valdez, K.F. Byerly y J.A. Meza. 1979. La conchuela del frijol y su combate en el valle de Guadiana, Dgo. Campo Agric. Exp. Valle del Guadiana. CIANOC, INIA, SARH. Foll. Tec. 22 p.
- Harrison, S. R., Thornton, P. K and Dent, J. B. 1990. The IBSNAT project and agricultural experimentation in developing countries. *Experimental Agriculture* 26:369-380.
- Hoogenboom, G., J.W. Jones and K.J. Boote. 1992. Modeling growth, development, and yield of grain legumes using SOYGRO, PNUTGRO, and BEANGRO: A review. *Transactions of the ASAE* 35(6): 2043-2056.
- Hoogenboom, G., J.W. Jones and J.W. White. 1988. Use of models in studies of drought stress. In *Research on Drought Tolerance in Common Bean*, 192-230

(Eds J.W. White, G. Hoogenboom, F. Ibarra and S. P. Singh). Cali, Colombia: CIAT.

Hoogenboom, G., J.W. White, J.W. Jones and K.J. Boote. 1994. BEANGRO: A processor-oriented dry bean model with a versatile user interface. *Agronomy Journal* 86:182-190.

Hoogenboom, G., Jones, J. W., Hunt, L. A., Thornton, P. K. and Tsuji, G. Y. 1994a. An integrated decision support system for crop model applications. ASAE Paper 94-3025, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan. USA.

Hoogenboom, G., White, J.W., Jones, J.W. and K.J. Boote, 1994b. BEANGRO: A process-oriented dry bean model with a versatile user interface. *Agronomy Journal* 86:182-190.

Hoogenboom, G. and J. W. White. 1996. Predicting weather and management effects on dry bean yield. In: The xxxix Report of the Bean Improvement Cooperative (BIC). Colorado State University, USA. 71,72pp.

Kabissa, J.C. y W.D. Fronk. 1986. Bean foliage consumption by Mexican bean beetle (Coleoptera:Coccinellidae) and its effect on yield. *J. Kans. Entomol. Soc.* 59: 275-279.

Kohashi Shibata, J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol, manual para la toma de datos. Centro de botanica del Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo de Mex. 21-40 pp.

Lal, H., Hoogenboom, G., J.-P. Calixte, Jones, J.W. and F.H. Beinroth. 1993. Using crop simulation models and GIS for regional productivity analysis. *Transactions of the ASAE* 36: 175-184.

Meira, Santiago y E. Guevara. 2003. Uso de modelos de simulación como herramienta para la toma de decisiones en el cultivo de soja. www.elsitioagrigola.com

Michels, G.J., Jr., y C.C. Burkhardt. 1981. Economic threshold levels of the bean beetle on pinto beans in Wyoming. *J. Econ. Entomol.* 74:5-6.

Miranda Colin, S. 1967. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol comun). *Agrociencia* 1: 99-109.

Mullins, A. Ch., D.L. Buhali and L.E. Klostermeyer. 1981. Effect of leaf defoliation levels on yield and quality of snap bean. *Bean Improv. Coop.* 24:60.

- Poston, F.L., L.P. Pedigo, R.B. Pearce and R.B. Hammond. 1976. Effects of artificial and insect defoliation on soybean net photosynthesis. *J. Econ. Entomol.* 69:109-112.
- Rosales, S. R., G.J. Acosta y M. J. Muruaga. 2004. Variedades mejoradas de frijol del instituto nacional de investigaciones forestales, agricolas y pecuarias. Libro tecnico No. 6. Direccion agricola, INIFAP-CEVAMEX, Méx. pp. 54-80.
- Rosas, J.C.1998. El cultivo del frijol común en América Latina. Tegucigalpa, Honduras. Libro. 52 p.
- Ruesink, W.G. and M. Kogan. 1975. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. En: R.L. Metcalf y W.H. Luckman (eds.) *Introduction to Insect Pest Management*. Wiley, N Y. pp. 309-351.
- Schwartz, H.F. y G.E. Galvez. 1980. Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris* L. CIAT. Cali, Colombia. pp. 365-401.
- Sexton, P.J., W.D. Batchelor, K.J. Boote, and R.M. Shibles. 1998. Evaluation of CROPGRO for prediction of soybean nitrogen balance in midwestern environment. *Transactions of the ASAE* 41:1543-1548.
- SAS Institute Inc. (1999). *SAS/STAT guide for personal computers*. Version 8 Edition. North Carolina, U.S.A.
- Sifuentes, J.A. 1981. Plagas del frijol en México. Foll. Tec. 78. INIA, SARH, Méx. 28 p.
- Sifuentes A., J.A. 1985. Seleccin de cultivares de plantas con resistencia a diferentes plagas en México. Foll. Tec. 83 INIA, SARH, Méx. 30 p.
- Tanaka, A. and K. Fujita. 1979. Growth photosynthesis and yield components in relation to grain yield fild bean. *Journal of the Faculty of Agriculture Hokkaido University* 59 (2): 145-238.
- Terrazas Loyola, J. 1947. Contribución al estudio de la conchuela en México. Tesis profesional, ENA, Chapingo, Méx. 61 p.
- Tsuji, G. Y., Uehara, G. and Balas, S. (eds). 1994. *Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT v3.0)*. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Turner, N. and R.B. Friend. 1933. Cultural practices in relation to Mexican bean beetle control. *J. Econ. Entomol.* 26:115-123.

- Villalobos, F. R. y J. A. Retana. 2003. Validación de CROPGRO-Dry Bean, un modelo de simulación del crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol en Los Chiles, Costa Rica. *Top. Meteor. Oceanog.* 10 (2) 63-68.
- Vieira, C. 1981. Effect of artificial defoliation on the yield of two indeterminate bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Turrialba* 31:383-385.
- Voysest, O. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. Cali :CIAT. 72 p.
- Wilkerson, G. G., J. W. Mishoe, J. W. Jones, J. L. Stimac, D. P. Swaney and W. G. Boggess. 1983a. SICM: Florida soybean integrated crop management model. Model description and users guide. Version 4.2. Report AGE 83-1. Department of Agricultural Engineering, Institute of Food Sciences, University of Florida, Gainesville.
- Wilkerson, G. G., J. W. Jones, K. J. Boote, K. T. Ingram and J. W. Mishoe. 1983b. Modeling soybean growth for crop management. *Transactions of the ASAE* 26(1):63-73.
- White, J. W., Hoogenboom, G., Jones, J. W. and Boote, K. J. 1995. Evaluation of the Dry Bean model BEANGRO v1.01 for Crop Production Research in a Tropical Environment. *Expl. Agric.* 31:241-254.
- White, J. W. and G. Hoogenboom. 1996. Simulating effects of genes for physiological traits in a process-oriented crop model. *Agronomy Journal* 88:416-422.
- White, J. W., G. Hoogenboom, J.W. Jones, and K.J. Boote. 1995. Evaluation of the dry bean model BEANGRO V1.01 for crop production research in a tropical environment. *Exp. Agric.* 31:241-254.

VII. APENDICE

APENDICE 1. Especificaciones del experimento para la compilacion en el DSSAT v3.

*EXP.DETAILS: IPCH0701BN 2 CULTIVARS, 5 DEFOLIATION TREATMENTS

*GENERAL

@PEOPLE

CRUZ, R.I. ET.AL.

@ADDRESS

INIFAP, CHAPINGO, MEXICO

@SITE

CHAPINGO, INIFAP, INVERNADERO

*TREATMENTS

-----FACTOR LEVELS-----

@N	R	O	C	TNAME.....	CU	FL	SA	IC	MP	MI	MF	MR	MC	MT	ME	MH	SM
1	1	0	0	JAMAPA. NO DEFOLIACION	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	BAYOMEX NO DEFOLIACION	2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
3	1	0	0	JAMAPA. DEFOLIACION 16%	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
4	1	0	0	BAYOMEX DEFOLIACION 16%	2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
5	1	0	0	JAMAPA. DEFOLIACION 33%	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
6	1	0	0	BAYOMEX DEFOLIACION 33%	2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
7	1	0	0	JAMAPA. DEFOLIACION 50%	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
8	1	0	0	BAYOMEX DEFOLIACION 50%	2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
9	1	0	0	JAMAPA. DEFOLIACION 66%	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
10	1	0	0	BAYOMEX DEFOLIACION 66%	2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1

*CULTIVARS

@C CR INGENO CNAME

1 BN IB0001 JAMAPA

2 BN IB0002 BAYOMEX

*FIELDS

@L	ID_FIELD	WSTA....	FLSA	FLOB	FLDT	FLDD	FLDS	FLST	SLTX	SLDP	ID_SOIL
1	IPCH0701	-99		0 DR000	0		0 00000	-99	117		IB000000003

*INITIAL CONDITIONS

@C	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE
1	BN	07117	1	-99	1.00	1.00

@C	ICBL	SH2O	SNH4	SNO3
1	5	0.340	2.0	15.0
1	15	0.340	2.0	15.0
1	25	0.345	2.0	15.0
1	35	0.345	2.0	15.0
1	50	0.335	2.0	15.0
1	65	0.323	1.0	4.0
1	80	0.323	1.0	4.0
1	99	0.328	7.0	4.0
1	122	0.325	7.0	4.0
1	137	0.288	7.0	4.0
1	159	0.242	7.0	4.0
1	184	0.177	7.0	4.0
1	209	0.193	7.0	4.0

*PLANTING DETAILS

@P	PDATE	EDATE	PPOP	PPOE	PLME	PLDS	PLRS	PLRD	PLDP	PLWT	PAGE	PENV	PLPH
1	07117	-99	15.0	15.0	S	R	30	0	2.0	-99	-99	-99.0	-99.0
2	07117	-99	30.0	30.0	S	R	30	0	2.0	-99	-99	-99.0	-99.0
3	86269	-99	15.0	15.0	S	R	60	0	2.0	-99	-99	-99.0	-99.0

4 86269 -99 30.0 30.0 S R 60 0 2.0 -99 -99 -99.0 -99.0

*IRRIGATION AND WATER MANAGEMENT

@I	IEFF	IDEP	ITHR	IEPT	IOFF	IAME	IAMT
1	.50	-99	-99	-99	-99	-99	-99

@I	IDATE	IROP	IRVAL
----	-------	------	-------

1	07117	IR001	20
1	07119	IR001	10
1	07121	IR001	20
1	07123	IR001	10
1	07125	IR001	05
1	07127	IR001	10
1	07129	IR001	10
1	07131	IR001	05
1	07133	IR001	10
1	07135	IR001	05
1	07137	IR001	10
1	07139	IR001	05
1	07141	IR001	10
1	07143	IR001	05
1	07145	IR001	10
1	07147	IR001	05
1	07149	IR001	10
1	07151	IR001	05
1	07153	IR001	10
1	07155	IR001	05
1	07157	IR001	10
1	07159	IR001	05
1	07161	IR001	10
1	07163	IR001	05
1	07165	IR001	10
1	07167	IR001	05
1	07169	IR001	10
1	07171	IR001	05
1	07173	IR001	10
1	07175	IR001	05
1	07177	IR001	10
1	07179	IR001	05
1	07181	IR001	10
1	07183	IR001	05
1	07185	IR001	10
1	07187	IR001	05

*FERTILIZERS (INORGANIC)

@F	FDATE	FMCD	FACD	FDEP	FAMN	FAMP	FAMK	FAMC	FAMO	FOCD
1	07135	FE009	-99	4	15	-99	-99	-99	-99	-99
2	07135	FE009	-99	4	7	-99	-99	-99	-99	-99

*SIMULATION CONTROLS

@N	GENERAL	NYERS	NREPS	START	SDATE	RSEED	SNAME
1	GE	1	1	S	07117	2150	2 CULTIVARS

@N	OPTIONS	WATER	NITRO	SYMBI	PHOSP	POTAS	DISES
1	OP	Y	N	N	N	N	Y

@N	METHODS	WTHR	INCON	LIGHT	EVAPO	INFIL	PHOTO
1	ME	M	M	E	R	S	C

@N	MANAGEMENT	PLANT	IRRIG	FERTI	RESID	HARVS
1	MA	R	R	R	R	M

@N OUTPUTS	FNAME	OVVIEW	SUMRY	FROPT	GROUT	CAOUT	WAOUT	NIOUT	MIOUT	DIOUT	LONG
1 OU	N	Y	Y	3	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y

@ AUTOMATIC MANAGEMENT

@N PLANTING	PFRST	PLAST	PH2OL	PH2OU	PH2OD	PSTMX	PSTMN
1 PL	155	200	40	100	30	40	10

@N IRRIGATION	IMDEP	ITHRL	ITHRU	IROFF	IMETH	IRAMT	IREFF
1 IR	30	50	100	GS000	IR001	10	1.00

@N NITROGEN	NMDEP	NMTHR	NAMNT	NCODE	NAOFF
1 NI	30	50	25	FE001	GS000

@N RESIDUES	RIPCEN	RTIME	RIDEP
1 RE	100	1	20

@N HARVEST	HFRST	HLAST	HPCNP	HPCNR
1 HA	0	365	100	0

APENDICE 2. Datos climatológicos para los meses de abril a julio 2007.

IPCH LATITUD LONGITUD
19.29 98.53

IDEN	DIA	RADIACIÓN	T MAX °C	T MIN °C
IPCH 07	116	16.90	27.5	18.9
IPCH 07	117	4.50	23.5	15.2
IPCH 07	118	10.00	27.1	11.0
IPCH 07	119	09.30	26.5	10.4
IPCH 07	120	10.50	28.1	11.6
IPCH 07	121	11.00	29.6	11.7
IPCH 07	122	12.00	29.0	13.6
IPCH 07	123	11.40	32.8	12.5
IPCH 07	124	13.60	33.3	14.1
IPCH 07	125	14.00	32.9	15.4
IPCH 07	126	10.60	31.0	11.4
IPCH 07	127	9.00	31.6	10.7
IPCH 07	128	7.40	31.3	8.0
IPCH 07	129	7.00	30.1	8.5
IPCH 07	130	7.90	30.4	9.5
IPCH 07	131	8.00	29.7	9.8
IPCH 07	132	9.60	28.2	10.0
IPCH 07	133	11.90	29.4	12.7
IPCH 07	134	11.50	29.3	12.5
IPCH 07	135	9.50	30.4	10.3
IPCH 07	136	10.00	30.5	11.5
IPCH 07	137	9.50	30.6	10.5
IPCH 07	138	09.60	30.5	10.6
IPCH 07	139	13.20	30.4	14.5
IPCH 07	140	10.50	28.8	11.1
IPCH 07	141	11.00	29.8	12.8
IPCH 07	142	11.00	28.8	12.4
IPCH 07	143	09.00	29.5	10.5
IPCH 07	144	05.00	26.9	6.5
IPCH 07	145	08.90	28.0	9.4
IPCH 07	146	07.60	27.9	9.5
IPCH 07	147	10.40	26.7	11.5
IPCH 07	148	12.40	28.3	13.5
IPCH 07	149	11.50	29.7	11.0
IPCH 07	150	14.20	29.2	15.5
IPCH 07	151	14.90	29.0	15.7
IPCH 07	152	11.60	31.5	12.6
IPCH 07	153	10.20	33.4	11.4
IPCH 07	154	09.50	34.2	10.1
IPCH 07	155	09.50	35.7	10.3
IPCH 07	156	07.50	33.1	8.5
IPCH 07	157	9.90	34.8	10.0
IPCH 07	158	13.40	33.2	14.8
IPCH 07	159	16.60	31.7	17.7
IPCH 07	160	11.90	30.5	12.0

**APENDICE 2. Datos climatológicos para los meses de abril a julio 2007.
(Continuación).**

IDEN	DIA	RADIACIÓN	T MAX °C	T MIN °C
IPCH 07	161	14.00	29.4	15.0
IPCH 07	162	14.20	30.8	15.1
IPCH 07	163	12.10	29.7	13.0
IPCH 07	164	12.30	30.8	13.5
IPCH 07	165	10.40	31.4	11.2
IPCH 07	166	11.40	29.9	12.1
IPCH 07	167	11.00	29.9	12.9
IPCH 07	168	12.50	27.8	13.7
IPCH 07	169	13.00	28.6	14.3
IPCH 07	170	13.20	25.8	14.2
IPCH 07	171	9.50	27.3	10.0
IPCH 07	172	12.60	26.9	13.0
IPCH 07	173	09.50	26.3	10.5
IPCH 07	174	13.80	29.5	14.2
IPCH 07	175	13.40	28.6	14.9
IPCH 07	176	12.50	28.1	13.5
IPCH 07	177	11.00	28.6	12.2
IPCH 07	178	13.70	28.3	13.9
IPCH 07	179	9.20	27.9	9.8
IPCH 07	180	10.30	27.2	11.1
IPCH 07	181	11.00	28.1	12.3
IPCH 07	182	11.00	28.4	12.5
IPCH 07	183	10.20	27.4	11.0
IPCH 07	184	9.30	27.8	10.9
IPCH 07	185	11.70	29.2	12.0
IPCH 07	186	6.90	27.7	10.8
IPCH 07	187	7.70	29.3	10.0
IPCH 07	188	10.00	28.5	11.8
IPCH 07	189	13.90	29.5	14.0
IPCH 07	190	12.40	31.0	13.2
IPCH 07	191	12.60	30.5	13.5
IPCH 07	192	9.50	30.5	10.5
IPCH 07	193	10.70	28.0	11.7
IPCH 07	194	20.90	29.7	18.8
IPCH 07	195	19.30	28.9	19.0
IPCH 07	196	15.90	23.5	19.2
IPCH 07	197	11.60	26.2	19.0
IPCH 07	198	16.60	28.9	18.9
IPCH 07	199	20.40	25.7	17.9
IPCH 07	200	22.40	31.6	16.8

APENDICE 3. Coeficientes fisiologicos y de aplicacion de daño de los tratamientos

*EXP.DATA (T): IPCH0701BN 2 CULTIVARS, 5 DEFOLIATION TREATMENTS

TR DATE	L#SD	LAID	P#AD	SWAD	GWAD	LWAD	CWAD	PWAD	SHAD	SH%D	SLAD	PCLA
1 07139	5.1	1.12	0.0	104.0	0.00	250.0	354.0	0.00	0.00	.	446.8	0.0
1 07139	5.1	0.83	0.0	98.00	0.00	242.0	340.0	0.00	0.00	.	342.4	0.0
1 07139	5.0	0.58	0.0	64.00	0.00	152.0	216.0	0.00	0.00	.	379.2	0.0
1 07139	4.8	0.69	0.0	78.00	0.00	204.0	282.0	0.00	0.00	.	337.2	0.0
1 07145	.	2.21	0.0	402.0	0.00	790.0	1192	0.00	0.00	.	279.3	0.0
1 07145	.	1.62	0.0	304.0	0.00	556.0	860.0	0.00	0.00	.	292.0	0.0
1 07145	.	1.43	0.0	202.0	0.00	444.0	646.0	0.00	0.00	.	321.0	0.0
1 07145	.	1.35	0.0	154.0	0.00	438.0	592.0	0.00	0.00	.	308.2	0.0
1 07151	.	5.38	0.0	1086	0.00	1214	2300	0.00	0.00	.	442.9	0.0
1 07151	.	4.46	0.0	1004	0.00	1128	2132	0.00	0.00	.	395.2	0.0
1 07151	.	4.52	0.0	826.0	0.00	1062	1888	0.00	0.00	.	425.3	0.0
1 07151	.	4.91	0.0	988.0	0.00	1182	2170	0.00	0.00	.	415.5	0.0
1 07157	.	5.67	68.0	1312	0.00	1296	2612	4.00	4.00	0.00	437.8	0.0
1 07157	.	4.55	122.0	1580	0.00	1728	3318	10.00	10.00	0.00	263.3	0.0
1 07157	.	1.42	36.0	1016	0.00	1008	2026	2.00	2.00	0.00	140.4	0.0
1 07157	.	3.93	60.0	1286	0.00	1566	2856	4.00	4.00	0.00	250.9	0.0
1 07163	.	7.25	488.0	1888	0.00	1658	3792	246.0	246.0	0.00	437.3	0.0
1 07163	.	6.35	492.0	1962	0.00	1678	3894	254.0	254.0	0.00	378.7	0.0
1 07163	.	7.73	406.0	1664	0.00	1364	3212	184.0	184.0	0.00	566.4	0.0
1 07163	.	5.10	290.0	1472	0.00	1218	2832	142.0	142.0	0.00	419.0	0.0
1 07169	.	8.39	542.0	2712	1344	2432	8354	3210	1866	41.87	345.1	0.0
1 07169	.	4.59	548.0	1946	1408	1480	6224	2798	1390	50.32	309.8	0.0
1 07169	.	7.15	390.0	2320	998.0	1724	6574	2530	1532	39.45	414.8	0.0
1 07169	.	2.72	234.0	1296	490.0	606.0	2888	986.0	496.0	49.70	449.4	0.0
1 07175	.	1.89	272.0	1306	1870	610.0	4652	2736	866.0	68.35	309.2	0.0
1 07175	.	2.89	386.0	1538	2308	1068	6108	3502	1194	65.91	270.4	0.0
1 07175	.	7.08	400.0	2520	3062	1726	9198	4952	1890	61.83	410.4	0.0
1 07175	.	5.65	238.0	1866	1322	1414	5814	2534	1212	52.17	399.8	0.0
1 07181	.	1.19	228.0	1186	2032	368.0	4254	2700	668.0	75.26	322.7	0.0
1 07181	.	2.23	328.0	1684	3984	744.0	7374	4946	962.0	80.55	299.7	0.0
1 07181	.	2.31	328.0	1560	3608	666.0	6724	4498	890.0	80.21	346.2	0.0
1 07181	.	0.90	316.0	1576	3686	240.0	6572	4756	1070	77.50	375.5	0.0
2 07139	4.3	1.26	0.0	140.0	0.00	352.0	492.0	0.00	0.00	.	357.5	0.0
2 07139	4.4	1.34	0.0	160.0	0.00	358.0	518.0	0.00	0.00	.	375.7	0.0
2 07139	4.3	1.00	0.0	122.0	0.00	272.0	394.0	0.00	0.00	.	368.3	0.0
2 07139	4.5	1.38	0.0	154.0	0.00	356.0	510.0	0.00	0.00	.	388.7	0.0
2 07145	.	2.22	0.0	364.0	0.00	692.0	1056	0.00	0.00	.	320.6	0.0
2 07145	.	2.98	0.0	584.0	0.00	908.0	1492	0.00	0.00	.	327.8	0.0
2 07145	.	3.16	0.0	522.0	0.00	834.0	1356	0.00	0.00	.	379.1	0.0
2 07145	.	3.24	0.0	540.0	0.00	890.0	1430	0.00	0.00	.	364.5	0.0
2 07151	.	4.96	0.0	1188	0.00	1156	2344	0.00	0.00	.	429.3	0.0
2 07151	.	5.18	0.0	1208	0.00	1294	2502	0.00	0.00	.	400.4	0.0
2 07151	.	4.51	0.0	846.0	0.00	990.0	1836	0.00	0.00	.	455.7	0.0
2 07151	.	4.84	0.0	976.0	0.00	1080	2056	0.00	0.00	.	447.7	0.0
2 07157	.	3.61	86.0	1508	0.00	1612	3128	8.00	8.00	0.00	223.7	0.0
2 07157	.	6.86	84.0	1762	0.00	1576	3344	6.00	6.00	0.00	435.1	0.0
2 07157	.	3.41	104.0	1502	0.00	1578	3086	6.00	6.00	0.00	215.9	0.0
2 07157	.	4.11	100.0	1664	0.00	1788	3458	6.00	6.00	0.00	229.7	0.0
2 07163	.	7.73	450.0	2058	0.00	1660	3946	228.0	228.0	0.00	465.4	0.0
2 07163	.	7.35	374.0	2098	0.00	1606	3900	196.0	196.0	0.00	457.7	0.0
2 07163	.	6.41	484.0	1990	0.00	1422	3718	306.0	306.0	0.00	450.8	0.0

2	07163	.	7.23	466.0	2224	0.00	1768	4248	256.0	256.0	0.00	408.7	0.0
2	07169	.	5.11	468.0	1896	1300	1320	5842	2626	1326	49.50	387.0	0.0
2	07169	.	4.44	384.0	1812	932.0	1186	4936	1938	1006	48.09	374.1	0.0
2	07169	.	6.80	304.0	2456	962.0	1724	6714	2534	1572	37.96	394.2	0.0
2	07169	.	5.91	470.0	2032	924.0	1370	5384	1982	1058	46.62	431.1	0.0
2	07175	.	3.60	414.0	1836	2430	1000	6372	3536	1106	68.72	359.7	0.0
2	07175	.	4.66	448.0	2388	3154	1298	8504	4818	1664	65.46	358.8	0.0
2	07175	.	5.39	318.0	2312	1822	1556	7022	3154	1332	57.77	346.4	0.0
2	07175	.	6.72	330.0	2326	2162	1424	7494	3744	1582	57.75	471.6	0.0
2	07181	.	1.64	398.0	1954	4178	626.0	7890	5310	1132	78.68	261.7	0.0
2	07181	.	1.06	276.0	1624	3008	218.0	5794	3952	944.0	76.11	485.3	0.0
2	07181	.	1.47	442.0	2142	5124	358.0	9042	6542	1418	78.32	410.3	0.0
2	07181	.	1.93	454.0	2106	4506	606.0	8508	5796	1290	77.74	319.0	0.0
3	07139	5.1	1.12	0.0	104.0	0.00	250.0	354.0	0.00	0.00	.	446.8	0.0
3	07139	5.1	0.83	0.0	98.00	0.00	242.0	340.0	0.00	0.00	.	342.4	0.0
3	07139	5.0	0.58	0.0	64.00	0.00	152.0	216.0	0.00	0.00	.	379.2	0.0
3	07139	4.8	0.69	0.0	78.00	0.00	204.0	282.0	0.00	0.00	.	337.2	0.0
3	07145	.	2.21	0.0	402.0	0.00	790.0	1192	0.00	0.00	.	279.3	16.0
3	07145	.	1.62	0.0	304.0	0.00	556.0	860.0	0.00	0.00	.	292.0	16.0
3	07145	.	1.43	0.0	202.0	0.00	444.0	646.0	0.00	0.00	.	321.0	16.0
3	07145	.	1.35	0.0	154.0	0.00	438.0	592.0	0.00	0.00	.	308.2	16.0
3	07151	.	5.38	0.0	1086	0.00	1214	2300	0.00	0.00	.	442.9	16.0
3	07151	.	4.46	0.0	1004	0.00	1128	2132	0.00	0.00	.	395.2	16.0
3	07151	.	4.52	0.0	826.0	0.00	1062	1888	0.00	0.00	.	425.3	16.0
3	07151	.	4.91	0.0	988.0	0.00	1182	2170	0.00	0.00	.	415.5	16.0
3	07157	.	5.67	68.0	1312	0.00	1296	2612	4.00	4.00	0.00	437.8	16.0
3	07157	.	4.55	122.0	1580	0.00	1728	3318	10.00	10.00	0.00	263.3	16.0
3	07157	.	1.42	36.0	1016	0.00	1008	2026	2.00	2.00	0.00	140.4	16.0
3	07157	.	3.93	60.0	1286	0.00	1566	2856	4.00	4.00	0.00	250.9	16.0
3	07163	.	7.25	488.0	1888	0.00	1658	3792	246.0	246.0	0.00	437.3	16.0
3	07163	.	6.35	492.0	1962	0.00	1678	3894	254.0	254.0	0.00	378.7	16.0
3	07163	.	7.73	406.0	1664	0.00	1364	3212	184.0	184.0	0.00	566.4	16.0
3	07163	.	5.10	290.0	1472	0.00	1218	2832	142.0	142.0	0.00	419.0	16.0
3	07169	.	8.39	542.0	2712	1344	2432	8354	3210	1866	41.87	345.1	16.0
3	07169	.	4.59	548.0	1946	1408	1480	6224	2798	1390	50.32	309.8	16.0
3	07169	.	7.15	390.0	2320	998.0	1724	6574	2530	1532	39.45	414.8	16.0
3	07169	.	2.72	234.0	1296	490.0	606.0	2888	986.0	496.0	49.70	449.4	16.0
3	07175	.	1.89	272.0	1306	1870	610.0	4652	2736	866.0	68.35	309.2	16.0
3	07175	.	2.89	386.0	1538	2308	1068	6108	3502	1194	65.91	270.4	16.0
3	07175	.	7.08	400.0	2520	3062	1726	9198	4952	1890	61.83	410.4	16.0
3	07175	.	5.65	238.0	1866	1322	1414	5814	2534	1212	52.17	399.8	16.0
3	07181	.	1.19	228.0	1186	2032	368.0	4254	2700	668.0	75.26	322.7	16.0
3	07181	.	2.23	328.0	1684	3984	744.0	7374	4946	962.0	80.55	299.7	16.0
3	07181	.	2.31	328.0	1560	3608	666.0	6724	4498	890.0	80.21	346.2	16.0
3	07181	.	0.90	316.0	1576	3686	240.0	6572	4756	1070	77.50	375.5	16.0
4	07139	4.3	1.26	0.0	140.0	0.00	352.0	492.0	0.00	0.00	.	357.5	0.0
4	07139	4.4	1.34	0.0	160.0	0.00	358.0	518.0	0.00	0.00	.	375.7	0.0
4	07139	4.3	1.00	0.0	122.0	0.00	272.0	394.0	0.00	0.00	.	368.3	0.0
4	07139	4.5	1.38	0.0	154.0	0.00	356.0	510.0	0.00	0.00	.	388.7	0.0
4	07145	.	2.22	0.0	364.0	0.00	692.0	1056	0.00	0.00	.	320.6	16.0
4	07145	.	2.98	0.0	584.0	0.00	908.0	1492	0.00	0.00	.	327.8	16.0
4	07145	.	3.16	0.0	522.0	0.00	834.0	1356	0.00	0.00	.	379.1	16.0
4	07145	.	3.24	0.0	540.0	0.00	890.0	1430	0.00	0.00	.	364.5	16.0
4	07151	.	4.96	0.0	1188	0.00	1156	2344	0.00	0.00	.	429.3	16.0
4	07151	.	5.18	0.0	1208	0.00	1294	2502	0.00	0.00	.	400.4	16.0
4	07151	.	4.51	0.0	846.0	0.00	990.0	1836	0.00	0.00	.	455.7	16.0
4	07151	.	4.84	0.0	976.0	0.00	1080	2056	0.00	0.00	.	447.7	16.0

4	07157	.	3.61	86.0	1508	0.00	1612	3128	8.00	8.00	0.00	223.7	16.0
4	07157	.	6.86	84.0	1762	0.00	1576	3344	6.00	6.00	0.00	435.1	16.0
4	07157	.	3.41	104.0	1502	0.00	1578	3086	6.00	6.00	0.00	215.9	16.0
4	07157	.	4.11	100.0	1664	0.00	1788	3458	6.00	6.00	0.00	229.7	16.0
4	07163	.	7.73	450.0	2058	0.00	1660	3946	228.0	228.0	0.00	465.4	16.0
4	07163	.	7.35	374.0	2098	0.00	1606	3900	196.0	196.0	0.00	457.7	16.0
4	07163	.	6.41	484.0	1990	0.00	1422	3718	306.0	306.0	0.00	450.8	16.0
4	07163	.	7.23	466.0	2224	0.00	1768	4248	256.0	256.0	0.00	408.7	16.0
4	07169	.	5.11	468.0	1896	1300	1320	5842	2626	1326	49.50	387.0	16.0
4	07169	.	4.44	384.0	1812	932.0	1186	4936	1938	1006	48.09	374.1	16.0
4	07169	.	6.80	304.0	2456	962.0	1724	6714	2534	1572	37.96	394.2	16.0
4	07169	.	5.91	470.0	2032	924.0	1370	5384	1982	1058	46.62	431.1	16.0
4	07175	.	3.60	414.0	1836	2430	1000	6372	3536	1106	68.72	359.7	16.0
4	07175	.	4.66	448.0	2388	3154	1298	8504	4818	1664	65.46	358.8	16.0
4	07175	.	5.39	318.0	2312	1822	1556	7022	3154	1332	57.77	346.4	16.0
4	07175	.	6.72	330.0	2326	2162	1424	7494	3744	1582	57.75	471.6	16.0
4	07181	.	1.64	398.0	1954	4178	626.0	7890	5310	1132	78.68	261.7	16.0
4	07181	.	1.06	276.0	1624	3008	218.0	5794	3952	944.0	76.11	485.3	16.0
4	07181	.	1.47	442.0	2142	5124	358.0	9042	6542	1418	78.32	410.3	16.0
4	07181	.	1.93	454.0	2106	4506	606.0	8508	5796	1290	77.74	319.0	16.0
5	07139	5.1	1.12	0.0	104.0	0.00	250.0	354.0	0.00	0.00	.	446.8	0.0
5	07139	5.1	0.83	0.0	98.00	0.00	242.0	340.0	0.00	0.00	.	342.4	0.0
5	07139	5.0	0.58	0.0	64.00	0.00	152.0	216.0	0.00	0.00	.	379.2	0.0
5	07139	4.8	0.69	0.0	78.00	0.00	204.0	282.0	0.00	0.00	.	337.2	0.0
5	07145	.	2.21	0.0	402.0	0.00	790.0	1192	0.00	0.00	.	279.3	33.3
5	07145	.	1.62	0.0	304.0	0.00	556.0	860.0	0.00	0.00	.	292.0	33.3
5	07145	.	1.43	0.0	202.0	0.00	444.0	646.0	0.00	0.00	.	321.0	33.3
5	07145	.	1.35	0.0	154.0	0.00	438.0	592.0	0.00	0.00	.	308.2	33.3
5	07151	.	5.38	0.0	1086	0.00	1214	2300	0.00	0.00	.	442.9	33.3
5	07151	.	4.46	0.0	1004	0.00	1128	2132	0.00	0.00	.	395.2	33.3
5	07151	.	4.52	0.0	826.0	0.00	1062	1888	0.00	0.00	.	425.3	33.3
5	07151	.	4.91	0.0	988.0	0.00	1182	2170	0.00	0.00	.	415.5	33.3
5	07157	.	5.67	68.0	1312	0.00	1296	2612	4.00	4.00	0.00	437.8	33.3
5	07157	.	4.55	122.0	1580	0.00	1728	3318	10.00	10.00	0.00	263.3	33.3
5	07157	.	1.42	36.0	1016	0.00	1008	2026	2.00	2.00	0.00	140.4	33.3
5	07157	.	3.93	60.0	1286	0.00	1566	2856	4.00	4.00	0.00	250.9	33.3
5	07163	.	7.25	488.0	1888	0.00	1658	3792	246.0	246.0	0.00	437.3	33.3
5	07163	.	6.35	492.0	1962	0.00	1678	3894	254.0	254.0	0.00	378.7	33.3
5	07163	.	7.73	406.0	1664	0.00	1364	3212	184.0	184.0	0.00	566.4	33.3
5	07163	.	5.10	290.0	1472	0.00	1218	2832	142.0	142.0	0.00	419.0	33.3
5	07169	.	8.39	542.0	2712	1344	2432	8354	3210	1866	41.87	345.1	33.3
5	07169	.	4.59	548.0	1946	1408	1480	6224	2798	1390	50.32	309.8	33.3
5	07169	.	7.15	390.0	2320	998.0	1724	6574	2530	1532	39.45	414.8	33.3
5	07169	.	2.72	234.0	1296	490.0	606.0	2888	986.0	496.0	49.70	449.4	33.3
5	07175	.	1.89	272.0	1306	1870	610.0	4652	2736	866.0	68.35	309.2	33.3
5	07175	.	2.89	386.0	1538	2308	1068	6108	3502	1194	65.91	270.4	33.3
5	07175	.	7.08	400.0	2520	3062	1726	9198	4952	1890	61.83	410.4	33.3
5	07175	.	5.65	238.0	1866	1322	1414	5814	2534	1212	52.17	399.8	33.3
5	07181	.	1.19	228.0	1186	2032	368.0	4254	2700	668.0	75.26	322.7	33.3
5	07181	.	2.23	328.0	1684	3984	744.0	7374	4946	962.0	80.55	299.7	33.3
5	07181	.	2.31	328.0	1560	3608	666.0	6724	4498	890.0	80.21	346.2	33.3
5	07181	.	0.90	316.0	1576	3686	240.0	6572	4756	1070	77.50	375.5	33.3
6	07139	4.3	1.26	0.0	140.0	0.00	352.0	492.0	0.00	0.00	.	357.5	0.0
6	07139	4.4	1.34	0.0	160.0	0.00	358.0	518.0	0.00	0.00	.	375.7	0.0
6	07139	4.3	1.00	0.0	122.0	0.00	272.0	394.0	0.00	0.00	.	368.3	0.0
6	07139	4.5	1.38	0.0	154.0	0.00	356.0	510.0	0.00	0.00	.	388.7	0.0
6	07145	.	2.22	0.0	364.0	0.00	692.0	1056	0.00	0.00	.	320.6	33.3

6 07145	.	2.98	0.0	584.0	0.00	908.0	1492	0.00	0.00	.	327.8	33.3
6 07145	.	3.16	0.0	522.0	0.00	834.0	1356	0.00	0.00	.	379.1	33.3
6 07145	.	3.24	0.0	540.0	0.00	890.0	1430	0.00	0.00	.	364.5	33.3
6 07151	.	4.96	0.0	1188	0.00	1156	2344	0.00	0.00	.	429.3	33.3
6 07151	.	5.18	0.0	1208	0.00	1294	2502	0.00	0.00	.	400.4	33.3
6 07151	.	4.51	0.0	846.0	0.00	990.0	1836	0.00	0.00	.	455.7	33.3
6 07151	.	4.84	0.0	976.0	0.00	1080	2056	0.00	0.00	.	447.7	33.3
6 07157	.	3.61	86.0	1508	0.00	1612	3128	8.00	8.00	0.00	223.7	33.3
6 07157	.	6.86	84.0	1762	0.00	1576	3344	6.00	6.00	0.00	435.1	33.3
6 07157	.	3.41	104.0	1502	0.00	1578	3086	6.00	6.00	0.00	215.9	33.3
6 07157	.	4.11	100.0	1664	0.00	1788	3458	6.00	6.00	0.00	229.7	33.3
6 07163	.	7.73	450.0	2058	0.00	1660	3946	228.0	228.0	0.00	465.4	33.3
6 07163	.	7.35	374.0	2098	0.00	1606	3900	196.0	196.0	0.00	457.7	33.3
6 07163	.	6.41	484.0	1990	0.00	1422	3718	306.0	306.0	0.00	450.8	33.3
6 07163	.	7.23	466.0	2224	0.00	1768	4248	256.0	256.0	0.00	408.7	33.3
6 07169	.	5.11	468.0	1896	1300	1320	5842	2626	1326	49.50	387.0	33.3
6 07169	.	4.44	384.0	1812	932.0	1186	4936	1938	1006	48.09	374.1	33.3
6 07169	.	6.80	304.0	2456	962.0	1724	6714	2534	1572	37.96	394.2	33.3
6 07169	.	5.91	470.0	2032	924.0	1370	5384	1982	1058	46.62	431.1	33.3
6 07175	.	3.60	414.0	1836	2430	1000	6372	3536	1106	68.72	359.7	33.3
6 07175	.	4.66	448.0	2388	3154	1298	8504	4818	1664	65.46	358.8	33.3
6 07175	.	5.39	318.0	2312	1822	1556	7022	3154	1332	57.77	346.4	33.3
6 07175	.	6.72	330.0	2326	2162	1424	7494	3744	1582	57.75	471.6	33.3
6 07181	.	1.64	398.0	1954	4178	626.0	7890	5310	1132	78.68	261.7	33.3
6 07181	.	1.06	276.0	1624	3008	218.0	5794	3952	944.0	76.11	485.3	33.3
6 07181	.	1.47	442.0	2142	5124	358.0	9042	6542	1418	78.32	410.3	33.3
6 07181	.	1.93	454.0	2106	4506	606.0	8508	5796	1290	77.74	319.0	33.3
7 07139	5.1	1.12	0.0	104.0	0.00	250.0	354.0	0.00	0.00	.	446.8	0.0
7 07139	5.1	0.83	0.0	98.00	0.00	242.0	340.0	0.00	0.00	.	342.4	0.0
7 07139	5.0	0.58	0.0	64.00	0.00	152.0	216.0	0.00	0.00	.	379.2	0.0
7 07139	4.8	0.69	0.0	78.00	0.00	204.0	282.0	0.00	0.00	.	337.2	0.0
7 07145	.	2.21	0.0	402.0	0.00	790.0	1192	0.00	0.00	.	279.3	50.0
7 07145	.	1.62	0.0	304.0	0.00	556.0	860.0	0.00	0.00	.	292.0	50.0
7 07145	.	1.43	0.0	202.0	0.00	444.0	646.0	0.00	0.00	.	321.0	50.0
7 07145	.	1.35	0.0	154.0	0.00	438.0	592.0	0.00	0.00	.	308.2	50.0
7 07151	.	5.38	0.0	1086	0.00	1214	2300	0.00	0.00	.	442.9	50.0
7 07151	.	4.46	0.0	1004	0.00	1128	2132	0.00	0.00	.	395.2	50.0
7 07151	.	4.52	0.0	826.0	0.00	1062	1888	0.00	0.00	.	425.3	50.0
7 07151	.	4.91	0.0	988.0	0.00	1182	2170	0.00	0.00	.	415.5	50.0
7 07157	.	5.67	68.0	1312	0.00	1296	2612	4.00	4.00	0.00	437.8	50.0
7 07157	.	4.55	122.0	1580	0.00	1728	3318	10.00	10.00	0.00	263.3	50.0
7 07157	.	1.42	36.0	1016	0.00	1008	2026	2.00	2.00	0.00	140.4	50.0
7 07157	.	3.93	60.0	1286	0.00	1566	2856	4.00	4.00	0.00	250.9	50.0
7 07163	.	7.25	488.0	1888	0.00	1658	3792	246.0	246.0	0.00	437.3	50.0
7 07163	.	6.35	492.0	1962	0.00	1678	3894	254.0	254.0	0.00	378.7	50.0
7 07163	.	7.73	406.0	1664	0.00	1364	3212	184.0	184.0	0.00	566.4	50.0
7 07163	.	5.10	290.0	1472	0.00	1218	2832	142.0	142.0	0.00	419.0	50.0
7 07169	.	8.39	542.0	2712	1344	2432	8354	3210	1866	41.87	345.1	50.0
7 07169	.	4.59	548.0	1946	1408	1480	6224	2798	1390	50.32	309.8	50.0
7 07169	.	7.15	390.0	2320	998.0	1724	6574	2530	1532	39.45	414.8	50.0
7 07169	.	2.72	234.0	1296	490.0	606.0	2888	986.0	496.0	49.70	449.4	50.0
7 07175	.	1.89	272.0	1306	1870	610.0	4652	2736	866.0	68.35	309.2	50.0
7 07175	.	2.89	386.0	1538	2308	1068	6108	3502	1194	65.91	270.4	50.0
7 07175	.	7.08	400.0	2520	3062	1726	9198	4952	1890	61.83	410.4	50.0
7 07175	.	5.65	238.0	1866	1322	1414	5814	2534	1212	52.17	399.8	50.0
7 07181	.	1.19	228.0	1186	2032	368.0	4254	2700	668.0	75.26	322.7	50.0
7 07181	.	2.23	328.0	1684	3984	744.0	7374	4946	962.0	80.55	299.7	50.0

7	07181	.	2.31	328.0	1560	3608	666.0	6724	4498	890.0	80.21	346.2	50.0
7	07181	.	0.90	316.0	1576	3686	240.0	6572	4756	1070	77.50	375.5	50.0
8	07139	4.3	1.26	0.0	140.0	0.00	352.0	492.0	0.00	0.00	.	357.5	0.0
8	07139	4.4	1.34	0.0	160.0	0.00	358.0	518.0	0.00	0.00	.	375.7	0.0
8	07139	4.3	1.00	0.0	122.0	0.00	272.0	394.0	0.00	0.00	.	368.3	0.0
8	07139	4.5	1.38	0.0	154.0	0.00	356.0	510.0	0.00	0.00	.	388.7	0.0
8	07145	.	2.22	0.0	364.0	0.00	692.0	1056	0.00	0.00	.	320.6	50.0
8	07145	.	2.98	0.0	584.0	0.00	908.0	1492	0.00	0.00	.	327.8	50.0
8	07145	.	3.16	0.0	522.0	0.00	834.0	1356	0.00	0.00	.	379.1	50.0
8	07145	.	3.24	0.0	540.0	0.00	890.0	1430	0.00	0.00	.	364.5	50.0
8	07151	.	4.96	0.0	1188	0.00	1156	2344	0.00	0.00	.	429.3	50.0
8	07151	.	5.18	0.0	1208	0.00	1294	2502	0.00	0.00	.	400.4	50.0
8	07151	.	4.51	0.0	846.0	0.00	990.0	1836	0.00	0.00	.	455.7	50.0
8	07151	.	4.84	0.0	976.0	0.00	1080	2056	0.00	0.00	.	447.7	50.0
8	07157	.	3.61	86.0	1508	0.00	1612	3128	8.00	8.00	0.00	223.7	50.0
8	07157	.	6.86	84.0	1762	0.00	1576	3344	6.00	6.00	0.00	435.1	50.0
8	07157	.	3.41	104.0	1502	0.00	1578	3086	6.00	6.00	0.00	215.9	50.0
8	07157	.	4.11	100.0	1664	0.00	1788	3458	6.00	6.00	0.00	229.7	50.0
8	07163	.	7.73	450.0	2058	0.00	1660	3946	228.0	228.0	0.00	465.4	50.0
8	07163	.	7.35	374.0	2098	0.00	1606	3900	196.0	196.0	0.00	457.7	50.0
8	07163	.	6.41	484.0	1990	0.00	1422	3718	306.0	306.0	0.00	450.8	50.0
8	07163	.	7.23	466.0	2224	0.00	1768	4248	256.0	256.0	0.00	408.7	50.0
8	07169	.	5.11	468.0	1896	1300	1320	5842	2626	1326	49.50	387.0	50.0
8	07169	.	4.44	384.0	1812	932.0	1186	4936	1938	1006	48.09	374.1	50.0
8	07169	.	6.80	304.0	2456	962.0	1724	6714	2534	1572	37.96	394.2	50.0
8	07169	.	5.91	470.0	2032	924.0	1370	5384	1982	1058	46.62	431.1	50.0
8	07175	.	3.60	414.0	1836	2430	1000	6372	3536	1106	68.72	359.7	50.0
8	07175	.	4.66	448.0	2388	3154	1298	8504	4818	1664	65.46	358.8	50.0
8	07175	.	5.39	318.0	2312	1822	1556	7022	3154	1332	57.77	346.4	50.0
8	07175	.	6.72	330.0	2326	2162	1424	7494	3744	1582	57.75	471.6	50.0
8	07181	.	1.64	398.0	1954	4178	626.0	7890	5310	1132	78.68	261.7	50.0
8	07181	.	1.06	276.0	1624	3008	218.0	5794	3952	944.0	76.11	485.3	50.0
8	07181	.	1.47	442.0	2142	5124	358.0	9042	6542	1418	78.32	410.3	50.0
8	07181	.	1.93	454.0	2106	4506	606.0	8508	5796	1290	77.74	319.0	50.0
9	07139	5.1	1.12	0.0	104.0	0.00	250.0	354.0	0.00	0.00	.	446.8	0.0
9	07139	5.1	0.83	0.0	98.00	0.00	242.0	340.0	0.00	0.00	.	342.4	0.0
9	07139	5.0	0.58	0.0	64.00	0.00	152.0	216.0	0.00	0.00	.	379.2	0.0
9	07139	4.8	0.69	0.0	78.00	0.00	204.0	282.0	0.00	0.00	.	337.2	0.0
9	07145	.	2.21	0.0	402.0	0.00	790.0	1192	0.00	0.00	.	279.3	66.6
9	07145	.	1.62	0.0	304.0	0.00	556.0	860.0	0.00	0.00	.	292.0	66.6
9	07145	.	1.43	0.0	202.0	0.00	444.0	646.0	0.00	0.00	.	321.0	66.6
9	07145	.	1.35	0.0	154.0	0.00	438.0	592.0	0.00	0.00	.	308.2	66.6
9	07151	.	5.38	0.0	1086	0.00	1214	2300	0.00	0.00	.	442.9	66.6
9	07151	.	4.46	0.0	1004	0.00	1128	2132	0.00	0.00	.	395.2	66.6
9	07151	.	4.52	0.0	826.0	0.00	1062	1888	0.00	0.00	.	425.3	66.6
9	07151	.	4.91	0.0	988.0	0.00	1182	2170	0.00	0.00	.	415.5	66.6
9	07157	.	5.67	68.0	1312	0.00	1296	2612	4.00	4.00	0.00	437.8	66.6
9	07157	.	4.55	122.0	1580	0.00	1728	3318	10.00	10.00	0.00	263.3	66.6
9	07157	.	1.42	36.0	1016	0.00	1008	2026	2.00	2.00	0.00	140.4	66.6
9	07157	.	3.93	60.0	1286	0.00	1566	2856	4.00	4.00	0.00	250.9	66.6
9	07163	.	7.25	488.0	1888	0.00	1658	3792	246.0	246.0	0.00	437.3	66.6
9	07163	.	6.35	492.0	1962	0.00	1678	3894	254.0	254.0	0.00	378.7	66.6
9	07163	.	7.73	406.0	1664	0.00	1364	3212	184.0	184.0	0.00	566.4	66.6
9	07163	.	5.10	290.0	1472	0.00	1218	2832	142.0	142.0	0.00	419.0	66.6
9	07169	.	8.39	542.0	2712	1344	2432	8354	3210	1866	41.87	345.1	66.6
9	07169	.	4.59	548.0	1946	1408	1480	6224	2798	1390	50.32	309.8	66.6
9	07169	.	7.15	390.0	2320	998.0	1724	6574	2530	1532	39.45	414.8	66.6

9 07169	.	2.72	234.0	1296	490.0	606.0	2888	986.0	496.0	49.70	449.4	66.6
9 07175	.	1.89	272.0	1306	1870	610.0	4652	2736	866.0	68.35	309.2	66.6
9 07175	.	2.89	386.0	1538	2308	1068	6108	3502	1194	65.91	270.4	66.6
9 07175	.	7.08	400.0	2520	3062	1726	9198	4952	1890	61.83	410.4	66.6
9 07175	.	5.65	238.0	1866	1322	1414	5814	2534	1212	52.17	399.8	66.6
9 07181	.	1.19	228.0	1186	2032	368.0	4254	2700	668.0	75.26	322.7	66.6
9 07181	.	2.23	328.0	1684	3984	744.0	7374	4946	962.0	80.55	299.7	66.6
9 07181	.	2.31	328.0	1560	3608	666.0	6724	4498	890.0	80.21	346.2	66.6
9 07181	.	0.90	316.0	1576	3686	240.0	6572	4756	1070	77.50	375.5	66.6
10 07139	4.3	1.26	0.0	140.0	0.00	352.0	492.0	0.00	0.00	.	357.5	0.0
10 07139	4.4	1.34	0.0	160.0	0.00	358.0	518.0	0.00	0.00	.	375.7	0.0
10 07139	4.3	1.00	0.0	122.0	0.00	272.0	394.0	0.00	0.00	.	368.3	0.0
10 07139	4.5	1.38	0.0	154.0	0.00	356.0	510.0	0.00	0.00	.	388.7	0.0
10 07145	.	2.22	0.0	364.0	0.00	692.0	1056	0.00	0.00	.	320.6	66.6
10 07145	.	2.98	0.0	584.0	0.00	908.0	1492	0.00	0.00	.	327.8	66.6
10 07145	.	3.16	0.0	522.0	0.00	834.0	1356	0.00	0.00	.	379.1	66.6
10 07145	.	3.24	0.0	540.0	0.00	890.0	1430	0.00	0.00	.	364.5	66.6
10 07151	.	4.96	0.0	1188	0.00	1156	2344	0.00	0.00	.	429.3	66.6
10 07151	.	5.18	0.0	1208	0.00	1294	2502	0.00	0.00	.	400.4	66.6
10 07151	.	4.51	0.0	846.0	0.00	990.0	1836	0.00	0.00	.	455.7	66.6
10 07151	.	4.84	0.0	976.0	0.00	1080	2056	0.00	0.00	.	447.7	66.6
10 07157	.	3.61	86.0	1508	0.00	1612	3128	8.00	8.00	0.00	223.7	66.6
10 07157	.	6.86	84.0	1762	0.00	1576	3344	6.00	6.00	0.00	435.1	66.6
10 07157	.	3.41	104.0	1502	0.00	1578	3086	6.00	6.00	0.00	215.9	66.6
10 07157	.	4.11	100.0	1664	0.00	1788	3458	6.00	6.00	0.00	229.7	66.6
10 07163	.	7.73	450.0	2058	0.00	1660	3946	228.0	228.0	0.00	465.4	66.6
10 07163	.	7.35	374.0	2098	0.00	1606	3900	196.0	196.0	0.00	457.7	66.6
10 07163	.	6.41	484.0	1990	0.00	1422	3718	306.0	306.0	0.00	450.8	66.6
10 07163	.	7.23	466.0	2224	0.00	1768	4248	256.0	256.0	0.00	408.7	66.6
10 07169	.	5.11	468.0	1896	1300	1320	5842	2626	1326	49.50	387.0	66.6
10 07169	.	4.44	384.0	1812	932.0	1186	4936	1938	1006	48.09	374.1	66.6
10 07169	.	6.80	304.0	2456	962.0	1724	6714	2534	1572	37.96	394.2	66.6
10 07169	.	5.91	470.0	2032	924.0	1370	5384	1982	1058	46.62	431.1	66.6
10 07175	.	3.60	414.0	1836	2430	1000	6372	3536	1106	68.72	359.7	66.6
10 07175	.	4.66	448.0	2388	3154	1298	8504	4818	1664	65.46	358.8	66.6
10 07175	.	5.39	318.0	2312	1822	1556	7022	3154	1332	57.77	346.4	66.6
10 07175	.	6.72	330.0	2326	2162	1424	7494	3744	1582	57.75	471.6	66.6
10 07181	.	1.64	398.0	1954	4178	626.0	7890	5310	1132	78.68	261.7	66.6
10 07181	.	1.06	276.0	1624	3008	218.0	5794	3952	944.0	76.11	485.3	66.6
10 07181	.	1.47	442.0	2142	5124	358.0	9042	6542	1418	78.32	410.3	66.6
10 07181	.	1.93	454.0	2106	4506	606.0	8508	5796	1290	77.74	319.0	66.6