

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE POSGRADO

DISPONIBILIDAD DE LUZ Y EVALUACIÓN DE MODELOS  
DE SIMULACIÓN EN ASOCIACIONES DE MAÍZ  
(*Zea mays* L.) CON SOYA (*Glycine max*  
(L) Merr) y FRIJOL (*Phaseolus*  
*vulgaris* L)

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

**MAGISTER SCIENTIAE**

por

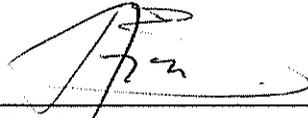
ROBERTO ENRIQUE VALDIVIA FERNANDEZ

CATIE  
Turrialba, Costa Rica  
1989

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

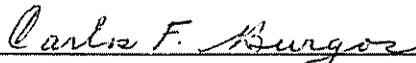
MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



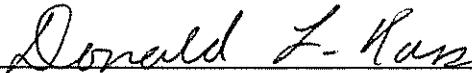
---

José Arze Borda, M.Sc.  
Profesor Consejero



---

Carlos F. Burgos Rivas, Ph.D.  
Miembro del Comité



---

Donald L. Kass, Ph.D.  
Miembro del Comité

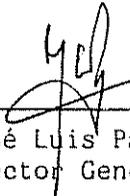
---

Miembro del Comité



---

Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.  
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



---

Dr. José Luis Parisí  
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



---

Roberto Enrique Valdivia Fernández  
Candidato

## DEDICATORIA

A mi esposa Elsa y a mis hijos  
Roberto, Carla y Enrique por el  
eterno amor y cariño.

A mi padre, a mis hermanos,  
a la memoria de mi madre y  
de mi hermana María.

A mis suegros Oscar y  
Cristina, con un gran  
aprecio.

## RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Puno, Perú por darme la oportunidad de superarme.

Al Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID-Canadá), por el apoyo financiero de mis estudios, a través del Proyecto de Investigación de los Sistemas Agropecuarios Andinos (INIAA-CIID-FISA)

A José Arze Borda Ms Sc., además de excelente consejero, un gran amigo. A su familia, de la que me considero parte por la amistad que me ofrecieron, mi más profundo agradecimiento.

A los miembros del Comité Asesor, Carlos Burgos PhD. por el apoyo constante en la fase de campo y sugerencias recibidas y a Donald Kass PhD. por las valiosas orientaciones en el desarrollo de la tesis.

A Jorge Reynoso Ms Sc, Mario Tapia PhD. y Nicolás Mateo PhD. por el apoyo y oportunidad que me dieron en conseguir realizar mis estudios.

Al personal de la Estación Experimental La Montaña y del Laboratorio de Fisiología Vegetal del CATIE por su apoyo y amistad.

A don Jesús Sanchez y Oscar Portuguez por los sacrificios compartidos en la etapa de campo.

A mis compañeros de estudio Vicente Rister y José Luis Russo.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

## BIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de Arequipa, República del Perú el 13 de mayo de 1951.

Inició sus estudios primarios en la Escuela Eduardo López de Romaña en 1958, concluyendolos en 1963. Desde 1964 a 1968 realizó sus estudios secundarios en la Gran Unidad Escolar "Mariano Melgar".

En 1969 ingresa a la Universidad Nacional del Altiplano (Puno-Perú), Facultad de Ciencias Agrarias egresando como Ingeniero Agrónomo en 1976.

En 1977 ingresa al Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), como Investigador en Cultivos Andinos dentro del Convenio IICA-Fondo Simón Bolívar. En 1981 asume la Jefatura de la Sub Estación Experimental Tahuaco y en 1982 la Dirección de la Estación Experimental de Puno.

En 1984 ingresa a la Universidad Nacional del Altiplano como Docente-Investigador de la Facultad de Ciencias Agrarias con sede en el Centro Experimental Camacani. Tuvo a su cargo el Banco de Germoplasma de Cultivos Andinos y entre 1985-87 fué Director del Centro.

En setiembre de 1987, ingresó al Programa de Estudios de Posgrado del CATIE, egresando en Setiembre de 1989 con el Grado de Magister Scientiae en Sistemas de Producción Agrícola.

## CONTENIDO DE LA TESIS

RESUMEN	ix
SUMMARY	xi
Lista de Cuadros	xiii
Lista de figuras	
1.INTRODUCCION	1
2.REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades.	4
2.2 Los cultivos en el trópico	5
2.2.1 Maíz	6
2.2.2 Frijol	7
2.2.3 Soya	8
2.3 Cultivos asociados	10
La adaptación de las especies dominadas en la asociación	10
2.4 Factores climáticos	12
2.4.1 Luz	13
2.4.2. Temperarura	15
2.5 Análisis del crecimiento.	16
2.5.1 Modelo de Crecimiento Vegetal.	17
2.6. Enfoque de sistemas y uso de modelos de simulación	18
3. MATERIALES Y METODOS	22
3.1 Localización de la fase experimental	22
3.2 Ensayos de Campo	22
3.2.1 Material Experimental	23
3.2.2 Tratamientos	24
3.2.3 Unidad Experimental	26
3.2.4 Diseño Experimental	27
3.2.5 Conducción de los experimentos	27
3.2.5.1 Preparación del Terreno	27
3.2.5.2 Siembra	27
3.2.5.3 Labores culturales	28
a) Fertilización	28
b) Raleo	29

c) Deshierbos	29
d) Controles Fitosanitarios	29
e) Cosecha	30
3.2.6. Movimiento de mallas	30
3.3 Recolección de la Información	31
3.3.1 Clima	31
3.3.2 Suelo	32
3.3.2.1 Características físicas	32
3.3.2.2 Características químicas	33
3.3.3 Información de cultivos	34
3.3.3.1 Estados Vegetativos y Reproductivos	34
3.3.3.2 Biomasa	37
3.4 Tabulación y análisis de la información.	39
3.4.1 Base de Datos	39
3.4.2 Análisis	40
3.4.2.1 Límites de confianza	41
3.4.2.2 Simulación	41
3.4.2.3 Análisis del Patrón de crecimiento en soya y frijol.	42
3.5 Estructura de los Modelos de Simulación usados	43
3.5.1 El Modelo CERES-MAIZ	43
3.5.1.1 Generalidades del modelo	43
3.5.1.2. Estructura del CERES-MAIZ	44
3.5.1.3 Breve descripción de los procesos de simulación	44
a) Clima	44
b) Suelo	45
c) Componente Biológico	45
3.5.2 El modelo de simulación SOYGRO-V5.42 Estructura del SOYGRO.V5.42	48 49
3.5.3 Modelo BEANGRO	51
3.5.3.1 Estructura del modelo	52
3.5.3.2 Entradas y salidas del BEANGRO	54
4. RESULTADOS	55
4.1 Clima	55

4.2 Suelo	57
4.3. Resultados sobre la disponibilidad de Radiación solar :	58
4.3.1 Radiación solar sin intercepción de sombra:	58
4.3.2 Radiación solar no interceptada por maíz y malla:	60
4.3.2.1 Radiación solar no interceptada por maíz:	60
4.3.2.2 Radiación solar no interceptada por malla.	64
4.4 Componente Biológico	67
4.4.1. Rendimiento de Maíz:	67
4.4.2 Sistema Real y Simulación :	71
4.4.2.1. Estados Fenológicos:	71
a) Coeficientes Genéticos de entrada	71
b) Coeficientes Generados por el modelo	72
4.4.2.2. Resultados observados y simulados:	74
a) Modelo sin calibración:	74
b) Calibración del modelo:	82
c) Cambios en las relaciones del modelo :	98
4.4.2. Rendimiento de soya:	108
4.4.2.1 Análisis de los ensayos en el tiempo:	111
4.4.2.2 Radiación solar no interferida en soya asociada y bajo sombra de malla:	113
4.4.2.3 Análisis del Crecimiento simulado y observado de soya:	115
4.4.2.4 Patron de crecimiento:	122
4.4.2.5 Parametros del Modelo de Crecimiento	126
4.4.3. Resultados de Frijol:	131
4.4.3.1 Análisis del crecimiento	138
4.4.3.1.1 Indice de asimilación neta:	141
4.4.3.1.2. Indice de area foliar	142
4.4.3.1.3 Tasa de Producción de Materia Seca (TPMS)	143

5. DISCUSION:	145
5.1 Clima	145
5.2. Radiación no interceptada	147
5.3 Componentes biológicos	149
5.3.1 Maíz	149
5.3.1.1 Rendimiento:	149
5.3.1.2 Sistema real y Simulación:	150
a) Coeficientes genéticos	150
b) Calibración del modelo	151
c) Variables observadas con el modelo calibrado:	152
5.3.1.3 Cambios en las relaciones del modelo	153
5.3.2 Soya:	154
5.3.2.1 Rendimiento de soya:	154
5.3.2.2 Radiación solar no interceptada observada y porcentaje de sombra usada por el modelo.	156
5.3.2.3 Patrón de Crecimiento:	156
5.3.2.4 Indices del modelo de crecimiento	157
5.3.3 Frijol:	159
5.3.3.1 Rendimiento	159
5.3.3.2 Análisis del crecimiento de frijol	159
5.3.3.2.1. Índice de asimilación neta:	159
5.3.3.2.2 Índice de area foliar:	160
5.3.3.2.3 Tasa de producción de materia seca	160
6. CONCLUSIONES	162
7. RECOMENDACIONES	165
8. BIBLIOGRAFIAS CITADAS	166
9. APENDICE	173

VALDIVIA, R. 1989. Disponibilidad de luz y evaluación de modelos de simulación en asociaciones de maíz (Zea mays L.) con soya (Glycine max (L) Merr.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 210 p.

Palabras claves: Maíz, soya, frijol, luz, simulación, modelos, asocio, evaluación.

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el comportamiento del frijol y soya ante variaciones de radiación no interceptadas por el maíz durante su ciclo vegetativo, estimar el efecto del frijol y la soya sobre el maíz cuando se encuentran asociados y calibrar los modelos de crecimiento CERESN-Maíz y SOYGR0, para cultivos asociados, en Turrialba Costa Rica se realizaron tres siembras (26 de setiembre, 10 de noviembre y 15 de diciembre de 1988), en cada una se evaluó soya (IAC-8 y Jupiter) y frijol (7719 y 883) asociados al maíz (tuxpeño), bajo sombra de malla y en monocultivo. Cada ensayo independiente, se condujo en bloque completo al azar con tres repeticiones. Se evaluaron 5 plantas al azar por parcela para determinar los estados vegetativos; se realizaron muestreos de biomasa de otras 5 plantas por parcela, por cultivo y por siembra en un estado vegetativo (v4) y seis reproductivos (R1, R4, R5, R6, R7 y R8). Fueron instalados radiómetros (3) para medir la radiación solar sin intercepción (fuera del cultivo), interceptada por el maíz y por malla. La información generada, se ingresó a bases de datos (Lotus y Dbase), e incorporadas al sistema de soporte a las decisiones (DSSAT), para realizar las simulaciones de cultivos.

Los resultados sugieren la insensibilidad de las variedades de soya al fotoperiodo, al no presentar diferencias entre siembras. Las diferencias entre el monocultivo y los tratamientos con sombra (43 a 24%), son

consecuencia de la intercepción de la radiación solar producida por el maíz. El modelo de simulación SOYGRO V5.42, fué interferido para simular la intercepción de radiación solar en la Subrutina IFWTH, mostrando un aceptable nivel predictivo, el efecto de sombra puede mejorarse incluyendo una ecuación que genere el porcentaje de radiación no interceptada en forma diaria. En maíz, se determinó la diferencia entre siembras como consecuencia de las condiciones climáticas contrastantes (disponibilidad de humedad principalmente) . El modelo de simulación CERESN-Maíz, fué calibrado para simular un menor número de hojas, en base a los resultados encontrados en la determinación del final del periodo juvenil, inducción floral y expresión de la flor masculina. Se variaron las tasas de inicialización de hojas (25,03 por 21 dado en el modelo original), el CUMDTT por el SUMDTT y las correspondientes relaciones en las subrutinas PHASEI, PHENOL y GROSUB como consecuencia del menor número de hojas a simular. Los resultados, a pesar de existir problemas en la forma de evaluar los grados día, son muy aceptables mostrando la sensibilidad del modelo en simular el crecimiento del maíz bajo condiciones contrastantes. En frijol, se han determinado 9 índices (tres fisiológicos, tres agronómicos y tres morfológicos), como base para evaluar el comportamiento del modelo de simulación BEANGRO. Se encontró diferencias estadísticas entre las siembras de setiembre y noviembre frente a la siembra de diciembre, siendo esta la de mejor comportamiento contrario a lo sucedido por el maíz; se determinó además, la reducción del rendimiento del frijol en asocio y bajo sombra de malla, estas reducciones fueron del orden del 24 y 9 %, el 15 % de diferencia, entre estos tratamientos con sombra, se atribuyen al efecto de las plantas de maíz al generar un microambiente biológico, debajo de la canopia.

VALDIVIA, R. 1989. Light availability and evaluation of models in maize (*Zea mays* L.) with soybeans (*Glycine max* (L) Merr) and beans (*Phaseolus vulgaris* L.)

Key words: Simulation models; maize; soybeans; crop associations; shading.

#### SUMMARY

A study was conducted at Turrialba, Costa Rica, during 1988-89, with the following objectives: evaluation of the response of common bean and soybean to radiation not intercepted by associated maize during the cropping period; determination of the effect of beans and soybeans on maize when grown in association; and calibration of the growth models CERESN-MAIZ and SOYGRO V5.42 for crops grown in associations.

Three sowings were carried out (September 26, November 10 and December 15, 1988), evaluating soya (Cultivars IAC-8 and Jupiter) and beans (Cultivars 7719 and 883) either in monoculture, under artificial shade, or associated with maize (Variety Tuxpeño). Each sowing consisted of an independent trial in a randomized complete block design with three replications.

For each crop in each experiment, five plants were taken at random in each plot to determine the vegetative states; and a second five-plant sample was taken for biomass determination at one vegetative (V4) and six reproductive (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 and R8) stages. Radiometers (3) were installed to measure the solar radiation outside the cropped area, underneath the mesh, and within the associated maize crop. The resulting data were entered in data base (Lotus, Dbase) and incorporated into Decision Support System for Agrotechnology (DSSAT).

The results suggested that the soybean cultivars were photoperiod-insensitive because there were no

differences among sowing dates. Artificial shade and association with maize reduced monoculture soybean yields by 24% and 43% respectively, which corresponded to greater reduction of solar radiation in the maize treatment. By entering measurements of interception of solar radiation in the subroutine IPWTH, the predictive capacity of the simulation model SOYGRO V5.42 was improved and an equation which generated the amount of non-intercepted radiation on a daily basis was developed.

In maize, differences in performance for different sowing dates was shown to be related to differences in climatic conditions, principally moisture availability. The simulation model CERESN-MAIZ, was calibrated to simulated a smaller leaf number based on the results found in the determination of the end of the juvenile period, flower induction and tassel emergence. As a consequence of simulating a smaller number of leaves, the rate of leaf initiations (25.03 instead of 21 given in the original model), the CUMDTT by the SUMDTT and the correspondent relations in the subroutines PHASEI, PHENOL and GROSUB were changed. In spite of problems in the method of evaluation of degree days, very acceptable results were obtained showing the sensitivity of the model in simulating maize growth under contrasting conditions.

In common beans, nine indices were determined (three physiological, three agronomics and three morphological), as a basis for evaluating the behavior of the simulation model BEANGRO. Statistical differences were found for the September and November sowings with respect to the December sowing, which gave the highest yield, in contrast to the case with maize. Reduction of bean yield was 24% and 9% with respect to monoculture for association with maize and artificial shade respectively, indicating that the maize produced an unfavorable microenvironment, in addition to the shade effect.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro No.	Pagina No.
1. Origen y características de las variedades de soya	24
2. Tratamientos usados	26
3. Cambio de mallas por siembr	31
4. Balance de agua del perfil de suelo Instituto	33
5. Estados vegetativos y reproductivos de soya y frijol	35
6. Estados vegetativos y reproductivos de maíz	36
7. Muestreos de biomasa	38
8. Distribución de los grados de libertad	40
9. Distribución de los grados de libertad en el tiempo	41
10. Coeficientes genéticos de la soya	51
11. Análisis químico de suelos	58
12. Radiación promedio por intervalos	59
13. Anva para el rendimiento de maíz-setiembre	67
14. Anva para el rendimiento de maíz-noviembre	67
15. Anva para el rendimiento de maíz-diciembre	68
16. Promedio de rendimiento de grano maíz	69
17. Anva en el tiempo para rendimiento de grano maíz	69
18. Prueba de Duncan para el rendimiento de grano maíz	70
19. Coeficientes genéticos de maíz	73
20. Estados de crecimiento observados y simulados-maíz	76
21. Resumen de diferencias estadísticas en pruebas t pareadas entre observado y simulado para maíz, con el modelo sin calibrar	77
22. Pruebas t pareadas para biomasa y grano observado y simulado sl 15% de humedad de maíz	79
23. Cortes anatómicos en plantulas de maíz, para determi nar el final de la fase juvenil, inducción floral e inicio de floración masculina	84
24. Cálculo de la tasa de inicialización de hojas maíz	85
25. Cálculo de la tasa de emergencia de hojas maíz	91
26. Grados dia acumulados desde la aparición de la punta de la última hoja hasta su expresión final(maíz)	92

27. Resumen de las diferencias estadísticas en pruebas t pareadas de maíz con el modelo calibrado	93
28. Pruebas t para biomasa y rendimiento de grano al 15% de humedad. Observado y simulado de maíz con el modelo calibrado	98
29. Comparación entre las ecuaciones del modelo CERESN sin calibrar y calibrado para la surutina PHENOL	105
30. Comparación entre las ecuaciones del modelo CERESN sin calibrar y calibrado para la surutina PHASEI	106
31. Comparación entre las ecuaciones del modelo CERESN sin calibrar y calibrado para la surutina GROSUB	107
32. ANVA para rendimiento de grano de soya setiembre	108
33. Prueba de Duncan para el promedio de rendimiento por sistema de cultivo de soya. Setiembre	109
34. ANVA para rendimiento de grano de soya noviembre	110
35. Prueba de Duncan para el promedio de rendimiento por sistema de cultivo de soya. Noviembre	110
36. ANVA para rendimiento de grano de soya noviembre	111
37. ANVA del rendimiento de grano en el tiempo para soya	112
38. Prueba de Duncan para el promedio de rendimiento por sistema de cultivo de soya	113
39. Porcentajes de radiación no interceptada en días a a la siembra, inicio de registro de radiómetros y su correspondiente porcentaje de sombra ingresada al modelo, para tres fechas de siembra de soya	114
40. Resumen de las pruebas estadísticas encontradas en las pruebas t pareadas para seis variables de soya por tratamiento y por fecha de siembra	119
41. Diferencias porcentuales entre el tratamiento con mayor rendimiento frente al de menor rendimiento en soya. (Observado y simulado)	121
42. Biomasa total de soya, observada y simulada para los estados de crecimiento R4 y R6, por fecha de siembra	123
43. Diferencia porcentual de la biomasa total de soyadurante los estados de crecimiento R4 y R6.	124
44. ICR promedio para tres fechas de siembra de soya, dos	

variedades, por monocultivo, sombra de mallay maiz	127
45. IAN promedio para tres fechas de siembra de soya, dos variedades, por monocultivo, sombra de mallay maiz	129
46. ICRF promedio para tres fechas de siembra de soya, dos variedades, por monocultivo, sombra de mallay maiz	130
47. ANVA para rendimiento de frijol. Setiembre	131
48. Prueba de Duncan para rendimiento de frijol por sistema de siembra. Setiembre.	132
49. ANVA para rendimiento de frijol. Noviembre	132
50. ANVA para rendimiento de frijol. Diciembre	133
51. Prueba de homogeneidad de varianzas en frijol. para los tres ensayos conducidos independientemente	134
52. ANVA combinado en el tiempo para el rendimiento de frijol.	135
53. Prueba de Duncan para el rendimiento por fecha de siembra.	137
54. Pruebad de Duncan para el rendimiento de frijol por sistema de siembra	137
55. Indices de asimilación neta, area foliar, y tasa de producción de materia seca, en promedio por periodos para las siembras de setiembre-noviembre y diciembre por asocio, monocutlivo y sombra de malla, en frijol	140

## APENDICE

A1. Datos diarios de temperatura, precipitación, radiación solar y grados dia para La Montaña.	173
A2. Radiación registrada sin intercepción de sombra (fuera del cultivo), con intercepción de sombra de maiz y sombra de malla con sus respectivos porcentajes, referidos al total sin intercepción. (periodo 26-10-88 al 17-01-89)	179
A3. Radiación registrada sin intercepción de sombra (fuera del cultivo), con intercepción de sombra de maiz y sombra de malla con sus respectivos porcenta	

jes, referidos al total sin intercepción. (período 18-01-89 al 7-4-89)	180
A4. Prueba de homogeneidad de varianzas maíz	181
A5. Coeficientes genéticos para maíz	181
A6. Variables medidas en maíz por estado de creci- miento, de acuerdo al set mínimo de datos. Set.	182
A7. Variables medidas en maíz por estado de creci- miento, de acuerdo al set mínimo de datos. Nov.	183
A8. Variables medidas en maíz por estado de creci- miento, de acuerdo al set mínimo de datos. Dic.	184
A9. Pruebas t para los muestreos en el tiempo de plantas particionadas de maíz por estado de crecimiento. Setiembre	185
A10. Pruebas t para los muestreos en el tiempo de plantas particionadas de maíz por estado de crecimiento. Noviembre	186
A11. Pruebas t para los muestreos en el tiempo de plantas particionadas de maíz por estado de crecimiento. Diciembre	187
A12. Número de hojas demaiz expresadas en dias des- pues de la emergencia en promedio por parcela. Setiembre	188
A13. Número de hojas demaiz expresadas en dias des- pues de la emergencia en promedio por parcela. Noviembre	189
A14. Número de hojas demaiz expresadas en dias des- pues de la emergencia en promedio por parcela. Diciembre	190
A15. Pruebas t para muestreos de biomasa con el mo- delo calibrado de maíz. Setiembre.	191
A16. Pruebas t para muestreos de biomasa con el mo- delo calibrado de maíz. Noviembre.	192
A17. Pruebas t para muestreos de biomasa con el mo- delo calibrado de maíz. Diciembre.	193
A18. Tasa de crecimiento del grano de maíz	194
A19. Rendimiento de soya por tratamiento y por siembra	195

A20.	Prueba de Homogeneidad de varianzas para soya	196
A21.	Pruebas t pareadas para soya. Diciembre	197
A22.	Pruebas t pareadas para soya. Noviembre	198
A23.	Pruebas t pareadas para soya. Setiembre	199
A24.	ICR de soya por estado de crecimiento y siembra	200
A25.	IAN de soya por estado de crecimiento y siembra	201
A26.	ICF de soya por estado de crecimiento y siembra	202
A27.	Area foliar, biomasa, hoja y grano para frijol y promedio de radiación. setiembre	203
A28.	Area foliar, biomasa, hoja y grano para frijol y promedio de radiación. Noviembre	204
A29.	Area foliar, biomasa, hoja y grano para frijol y promedio de radiación. Diciembre	205
A30.	Indices fisiológicos, agronómicos y morfológicos de frijol. Setiembre	206
A31.	Indices fisiológicos, agronómicos y morfológicos de frijol. Noviembre	207
A32.	Indices fisiológicos, agronómicos y morfológicos de frijol. Diciembre	208
A33.	Indices fisiológicos, agronómicos y morfológicos de frijol, promedio por sistema. Setiembre	209
A34.	Indices fisiológicos, agronómicos y morfológicos de frijol, promedio por sistema. Noviembre	210
A35.	Indices fisiológicos, agronómicos y morfológicos de frijol, promedio por sistema. Diciembre	211

## LISTA DE FIGURAS

Figura No.	Pagina No.
1. Precipitación mensual	56
2. Temperaturas máximas y mínimas	57
3. Variación de la radiación solar(26-10-88 a 7-4-89)	60
4. Radiación no interceptada por maiz (26-10 a 17-1)	62
5. Porcentaje de radiación no interceptada por maiz	62
6. Radiación no interceptada por maiz(18-1 a 7-4)	63
7. Porcentaje de radiación no interceptada por maiz	63
8. Radiación no interceptada por malla(26-10 a 17-1)	65
9. Porcentaje de radiación no interceptada por malla	65
10. Radiación no interceptada por malla(17-1 a 7-4)	66
11. Porcentaje de radiación no interceptada por malla	66
12. Precipitación, temperaturas promedio (máxima y y mínimas y su relación con el crecimiento (%) del maíz, por fecha de siembra	71
13. Tasa potencial de crecimiento de grano de maíz	74
14. Expresión de hojas de maíz observadas y simuladas setiembre, en dias a la emergencia	81
15. Expresión de hojas de maíz observadas y simuladas noviembre, en dias a la emergencia	82
16. Expresión de hojas de maíz observadas y simuladas diciembre, en dias a la emergencia	83
17. Etapas de crecimiento de las plantas de maiz y su relación con algunos coeficientes genéticos. Set.	86
18. Etapas de crecimiento de las plantas de maiz y su relación con algunos coeficientes genéticos. Nov.	87
19. Etapas de crecimiento de las plantas de maiz y su relación con algunos coeficientes genéticos. Dic.	88
20. Hojas observadas y simuladas-maiz con el modelo calibrado setiembre	95
21. Hojas observadas y simuladas-maiz con el modelo calibrado noviembre	96
22. Hojas observadas y simuladas-maiz con el modelo	

calibrado diciembre	97
23. Biomasa y rendimiento de grano de maíz . Set.	100
24. Biomasa y rendimiento de grano de maí. Nov.	101
25. Biomasa y rendimiento de grano de maíz . Dic.	102
26. Biomasa y rend. grano simuladso para dic y nov.	103
27. Biomasa y peso seco de grano de soya simulado y observado. Setiembre	116
28. Biomasa y peso seco de grano de soya simulado y observado. Noviembre	117
29. Biomasa y peso seco de grano de soya simulado y observado. Diciembre	118
30. Proporción de diferencias entre el rendimiento máximo y el rendimiento mínimo, para valores observados y simulados de soya	122
31. Disminución porcentual de la biomasa de soya debido a la sombra de maíz para R4 y R6	125
32. ICR promedio por monocultivo y tratamientos con sombra para tres siembras. Obs. y sim.	127
33. IAN simulado y observado monocultivo y tratamien- tos con sombra, en el cultivo de soya	128
34. ICRF simulado y observado monocultivo y tratamien- tos con sombra, en el cultivo de soya	130
35. Precipitación, temperaturas promedio (máxima y y mínimas y su relación con el crecimiento (%) del frijol, por fecha de siembra	136
36. Porcentaje de reducción en el rendimiento de fri- jol en asocio con maíz y bajo sombra de malla en comparación con el monocultivo.	138
37. IAN para el promedio de las siembras de setiembre y noviembre frente a diciembre, por sistema de cult.	141
38. IAF para el promedio de las siembras de setiembre y noviembre frente a diciembre, por sistema de cult.	142
39. IFMS para el promedio de las siembras de setiembre y noviembre frente a diciembre, por sistema de cult.	143