

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE POSGRADO

CALIBRACION Y VALIDACION DEL MODELO CERES CON TRES
VARIETADES DE MAIZ (ZEA MAIZ L.) DE COSTA RICA
PARA LA TRANSFERENCIA DE AGROTECNOLOGIA

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

EDUARDO ENRIQUE LEDESMA IZARD

CATIE
Turrialba, Costa Rica
1990

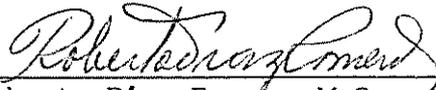
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

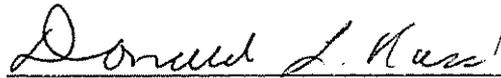
COMITE ASESOR:



José Arze Borda, M.Sc.
Profesor Consejero

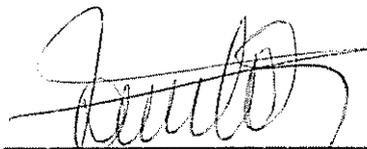


Roberto Díaz Romeu, M.Sc.
Miembro del Comité



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

Miembro del Comité



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



Eduardo Enrique Ledesma Izard
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa Maggie
por sus consejos y
apoyo diario.
A mis hijas Marcela,
Silvia y Paula porque
son la razón de mi
superación.

A mis padres
Guillermo y Ligia
porque siempre han
confiado en mi y por
el amor que me han
brindado.

A mis hermanos Luis,
Mercedes, Elizabeth y
Rafael A. por consti-
tuir la base de mi
gran familia.

RECONOCIMIENTO

Quisiera dejar constancia de mi agradecimiento a las siguientes personas:

- José Arze B., consejero principal en este trabajo y durante ocho años de mi carrera profesional. Gracias Don José, usted es un maestro para mi.

- Roberto Díaz R., profesional de incalculable valor técnico y moral. Gracias por sus consejos y apoyo técnico.

- Donald L. Kass, profesor y amigo quien siempre tiene una solución positiva a los problemas difíciles. Gracias por su amistad.

- Al personal de la Finca Experimental La Montaña:

Arnoldo Barrantes, a quien agradezco su guía en el trabajo de campo y sus consejos.

A José Mata, Miguel Valverde, Alexander Chacón, Martín Brenes, Manuel Zamora, Carlos Sánchez, Rafael Leiva, Abel Chacón, Misael Ramírez.

- Al personal del Laboratorio de Fisiología Vegetal:

José J. Salazar y Rigoberto Zuñiga.

- Al personal del Laboratorio de Suelos:

Carlos Fernández y Gerardo Cedeño.

- Al Ministerio de Agricultura y Ganadería por medio de sus representantes en la Dirección de Investigación Agrícolas y las Estaciones Experimentales los Diamantes y Enrique Jiménez N.

- A la Universidad de Costa Rica y sus representantes en la Estación Experimental Fabio Baudrit.

- A la Administración del CATIE por permitirme ser un Trabajador-Estudiante y dentro de su personal a Romeo Martínez, Agustín López, Gustavo Enríquez, Luis Torres, Ely Rodríguez y Alexander Sánchez.

Agradecimiento especial

A Lissette Vega y Kenneth Royo por su apoyo en los trabajos logísticos de computación.

A Francisco Jiménez, por su franca amistad y apoyo en los trabajos de campo y laboratorio.

A Jesús Sánchez por brindarme su experiencia de campo y laboratorio y su desinteresada colaboración en las mediciones de campo.

A Lissette Brenes por su guía dentro de la Biblioteca Orton.

Al MSc. Leopoldo Gómez Rodríguez, para quien una simple dedicatoria no pagaría las horas invertidas en este trabajo. La discusión técnica constante, su dominio pleno de la computación y su valor humano, así como su gran espíritu de compañero y amigo me permitió analizar muy a fondo una parte crítica de esta tesis el "Modelo Ceres" sus aportes fueron de invaluable ayuda. Gracias a su esposa Dennisse y a su hijo Tomás.

BIOGRAFIA

El autor nació en San José, Costa Rica el 12 de marzo de 1954.

Sus estudios primarios los realizó en la Escuela Buenaventura Corrales, concluyendo en 1966, en 1971 termina sus estudios secundarios en el Liceo Rodrigo Facio obteniendo su diploma de Bachillerato.

Ingresa a la Universidad de Costa Rica y cursa la carrera de Agronomía obteniendo su título de Ingeniero Agrónomo en 1984.

En setiembre de 1986, ingresó al Programa de Estudio de Posgrado del CATIE, egresando en diciembre de 1990.

Desde 1981 hasta la fecha se ha desempeñado en varios cargos técnicos y administrativos del CATIE.

CONTENIDO DE LA TESIS

RESUMEN	viii
SUMMARY	xi
LISTA DE CUADROS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvi
1. INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 General	3
1.1.2 Específicos	3
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 El Cultivo del Maíz (Zea mayz L.)	4
2.1.1 Generalidades del Cultivo	4
2.1.2 Importancia del maiz	5
2.1.3 Factores que interactúan con el crecimiento y rendimiento de la planta	7
2.1.4 Definición de conceptos básicos	8
2.1.4.1 Concepto de sistema	8
2.1.4.2 Concepto de modelos	9
2.1.4.3 Clasificación de los modelos	11
2.1.4.4 Modelos de simulación	12
2.1.4.5 Modelo CERES-MAIZ	13
2.1.4.6 Concepto de simulación	15
2.1.4.7 Concepto de calibración de un modelo	16
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 Localización de los Ensayos	18
3.2 Material Experimental	21
3.3 Síntesis de la Metodología	21
3.4 Establecimiento del Experimento	23
3.4.1 Diseño experimental	23
3.4.2 Descripción de la Unidad Experimental	23
3.4.3 Tratamientos	26
3.4.4 Labores Culturales	27
3.5 Recolección de Información	29
3.5.1 Clima	29
3.5.2 Suelos	30
3.6 Análisis de la Información	32
3.6.1 Análisis estadístico	32
3.6.2 Modelo CERES-MAIZ	32
3.6.3 Estructura del Modelo CERES-MAIZE	33
4. RESULTADOS	34
4.1 Componentes Físico Biológicos	34
4.1.1 Componente Físico	34
4.1.1.1 Clima	34
4.1.1.2 Suelo	43

4.1.2	Componente Biológico	53
4.1.2.1	Experimento de Calibración (Turrialba)	53
4.1.2.1.1	Análisis de Varianza	53
4.1.2.1.2	Coefficientes genéticos	66
4.1.2.1.3	Resultados de Simulación	66
4.1.2.1.3	Calibración	67
5.	DISCUSION	100
6.	CONCLUSIONES	105
7.	RECOMENDACIONES	107
8.	BIBLIOGRAFIA	108

LEDESMA, E. 1990. Calibración y validación del modelo CERES con tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) de Costa Rica para la transferencia de agrotecnología. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 143 p.

PALABRAS CLAVES: maíz, modelo de simulación, calibración, validación, rendimiento, CERES-Maíz.

RESUMEN

Durante mayo a octubre de 1987 en Turrialba, Costa Rica, se condujeron 3 experimentos para calibrar el modelo CERES-MAIZ, producido por el IBSNAT. Y entre mayo a diciembre de 1988, se realizaron observaciones sobre crecimiento y rendimiento de maíz para validar el modelo en tres localidades de Costa Rica: Guanacaste (Trópico Seco), Guápiles (Trópico Húmedo) y Alajuela (Trópico Semi-húmedo).

Las variedades de maíz evaluadas fueron: TICO-V9, DIAMANTES-8043 y GUARARE-8128, todas distribuidas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica. Los tratamientos utilizados en el experimento de calibración fueron: densidad de siembra (20, 40 y 60 mil plantas/ha) y fertilización (50 y 150 kg/ha de N) para cada una de las variedades. En las parcelas de validación se observaron las 3 variedades bajo las condiciones de cultivo locales.

Se utilizó el Set Mínimo de Datos (MDS) y la Base de Datos (DB) del IBSNAT para la recolección y almacenamiento de la información. Fue utilizado el modelo CERES-MAIZ V2.0, parcialmente el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones (DSSAT) del IBSNAT.

No se encontraron diferencias para la fertilización nitrogenada, las diferencias encontradas se debieron a las densidades de siembra principalmente.

En la evaluación de los coeficientes genéticos los grados-día desde la emergencia a la iniciación de la flor masculina (P1) fueron similares para las variedades TICO-V9 y DIAMANTES-8043 (293 grados-día) y ligeramente superior para la variedad GUARARE-8128 (309 grados-día). Los grados-día de la floración femenina a la madurez fisiológica variaron entre 720 (TICO-V9 y GUARARE-8128) y 737 (DIAMANTES-8043). El potencial de producción de grano (G3) varió entre 5,5 a 7,0 mg/grano/día para las tres variedades.

El modelo inicial (sin calibración) produjo 33 hojas en comparación a las 21 observadas (57%). Para corregir estas diferencias se realizó:

- La calibración del modelo utilizando las modificaciones sugeridas por Romero (1988) sobre tasa de iniciación de hojas, correcciones para peso de hojas, tallos y granos. A esta primera calibración se le adicionó una corrección sobre la tasa de iniciación de hoja (0,77 hojas/día) equivalente a 21 grados-día por hoja en el modelo inicial y a 26 grados-día en la corrección sugerida por Romero (1988), pasando a 29 grados-día para simular las 21 hojas observadas.

El rendimiento de grano observado se ajustó debido a pérdidas físicas y de manejo no consideradas por el modelo. Los resultados de la calibración son adecuados para las variedades TICO-V9 y DIAMANTES-8043, para la variedad GUARARE-8128 requiere ajustes adicionales. El rendimiento de grano simulado fue mayor a mayor densidad del cultivo. Se observó un mayor ajuste del modelo alrededor de 40.000 plantas/ha. Los resultados de validación muestran ajustes adecuados en los 3 lugares a excepción de la variedad GUARARE-8128.

LEDESMA, E. 1990. CERES Model calibration and validation on three maize varieties (*Zea mays* L) from Costa Rica for agrotechnology transfer purposes. Thesis Mag. Sc., Turrialba., CATIE. 143 p.

KEY WORDS: maize, model simulation, calibration, validation, yield, CERES-Maize.

SUMMARY

From May to October, 1987, three assays were conducted in Turrialba, Costa Rica in order to calibrate the CERES-Maize model, produced by IBSNAT; and between May and December 1988, observations were made on maize's development and yield in order to validate the model on three sites of Costa Rica: Guanacaste (Dry Tropic), Guápiles (Humid Tropic), and Alajuela (Semi-Humid Tropic).

The maize varieties evaluated were: TICD-V9, DIAMANTES-B043 and GUARARE-8128, distributed by the Ministry of Agriculture and Husbandry (MAG) of Costa Rica. Treatments used for the calibration experiment were: culture density (20, 40, and 60 thousand plants/ha) and fertilization (50 and 150 kg/ha of N) for each variety. Validation plots were used to observe the three varieties under local culture conditions.

Minimum Data Set (MDS) was used as well as the Data Base (DB) of IBSNAT for collection and information storage. The CERES-Maize V2.0 model was used part of the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) from IBSNAT.

Nitrogen fertilization differences were not found, and those encountered were due mainly to culture densities.

Regarding evaluation of genetic coefficient, the degrees-day from emergence to male flower initiation (P1) were similar for TICO-V9 varieties and DIAMANTES-8043 (293 degrees-day) and slightly superior for GUARARE-8128 (309 degrees-day). Degrees-day from female flowering to physiological maturity vary from 720 (TICO-V9 and GUARARE-8128) to 737 (DIAMANTES-8043). Grain production potencial (G3) varied from 5,5 to 7,0 mg/grain/day for three varieties.

The inicial model (without calibration) yielded 33 leaves compared with 21 leaves observed (57%) meaning 12 additional leaves. In order to correct this differences, the following steps were taken:

Model calibration using modifications suggested by Romero (1988) about leaves initiation rate, leaves, stems and grains' weight corrections. A correction was added to the first calibration regarding leaf initiation rate (0,77 leaves/day) equivalent to 21 degrees-day per leaf in the inicial model and 26 degrees-day in the corrected model suggested by Romero (1988) going to 29 degrees-day in order to simulate the 21 leaves observed.

The grain yield observed was adjusted due to physical and handling losses not considered by the model. Calibration results are adecquate for TICO-V9 and DIAMANTES-8043 varieties

and for GUARARE-8128, it requires additional adjustments. The simulated grain yield was higher at a higher culture density. A greater adjustment of the model was observed around 40.000 plants/ha. Validation results show adequate adjustments for the three sites excepting GUARARE-8128 variety.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Localización de los ensayos de calibración y validación para maíz, 1987, 1988.	20
Cuadro 2.	Distanciamiento de siembra utilizado en la calibración y validación de los ensayos 1987, 1988.	22
Cuadro 3.	Tecnología recomendada al agricultor en los sitios de validación, 1988.	23
Cuadro 4.	Factores y niveles utilizados en la calibración del Modelo CERES-MAIZ, 1987.	26
Cuadro 5.	Fertilización utilizada en la calibración del Modelo CERES-MAIZ, 1987.	26
Cuadro 6.	Densidad de siembra y fertilización utilizadas en la validación del Modelo CERES-MAIZ, 1988.	27
Cuadro 7.	Pesticidas utilizados durante el ensayo de calibración, 1987.	28
Cuadro 8.	Promedio de temperatura mínima y máxima, precipitación, radiación solar y biotemperatura de los cuatro sitios en estudio, por mes para el período vegetativo estudiado (mayo a diciembre).	37
Cuadro 9.	Análisis de varianza del rendimiento observado (kg/ha) de maíz en conjunto. Turrialba.	53
Cuadro 10.	Efecto de la fertilización y la densidad de siembra sobre el rendimiento observado (kg/ha) de maíz en conjunto. Turrialba.	54
Cuadro 11.	Comparación de los rendimientos de maíz observados y simulados con validación en tres sitios de Costa Rica.	54
Cuadro 12.	Análisis químico de los componentes de la planta de maíz para cinco fechas de muestreo (promedio de 18 muestras). Turrialba, 1987.	60
Cuadro 13.	Coeficientes genéticos obtenidos en Turrialba con tres variedades de maíz.	66
Cuadro 14.	Promedio diario en % de los G.D. en la etapa de crecimiento del maíz para las variedades por sitios.	70

Cuadro 15.	Ajustes por pérdidas fisiológicas y mecánicas al rendimiento en grano Turrialba, 1987.	81
Cuadro 16.	Comparación de los datos de rendimiento observados y ajustados con los simulados mediante la prueba de T pareada, para cada variedad en estudio y en conjunto.	95
Cuadro 1A.	Datos diarios de radiación, precipitación temperatura máxima y mínima. Turrialba.	116
Cuadro 2A.	Datos diarios de radiación, precipitación temperatura mínima y máxima. Alajuela.	120
Cuadro 3A.	Datos diarios de radiación, precipitación temperatura mínima y máxima. Guanacaste.	124
Cuadro 4A.	Datos diarios de radiación, precipitación temperatura mínima y máxima. Guápiles.	128
Cuadro 5A.	Propiedades químicas del perfil estudiado en Turrialba, 1987.	132
Cuadro 6A.	Propiedades físicas del perfil estudiado en Turrialba. 1987.	132
Cuadro 7A.	Características químicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela. 1987.	133
Cuadro 8A.	Características físicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, 1987.	133
Cuadro 9A.	Características químicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez. Guanacaste, 1988.	134
Cuadro 10A.	Características físicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez. Guanacaste, 1988.	134
Cuadro 11A.	Características químicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, 1988.	135
Cuadro 12A.	Características físicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, 1988.	135
Cuadro 13A.	Emergencia de hojas en plantas de maíz cultivadas en hidroponía.	136
Cuadro 14A.	Salida del programa CERES.	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Producción de maíz por región para Costa Rica.	6
Figura 2.	Ubicación de los ensayos de calibración y validación de tres variedades de maíz en Costa Rica.	19
Figura 3.	Unidad experimental utilizada en los ensayos de calibración. Turrialba, 1987.	25
Figura 4.	Promedio mensual de temperatura en Turrialba.	38
Figura 5.	Promedio mensual de temperatura en Alajuela.	38
Figura 6.	Promedio mensual de temperatura en Guanacaste. ...	38
Figura 7.	Promedio mensual de temperatura en Guápiles.	38
Figura 8.	Temperatura media por sitio.	39
Figura 9.	Precipitación media por sitio.	40
Figura 10.	Radiación solar media por sitio.	41
Figura 11.	Biotemperatura media por sitio.	42
Figura 12.	pH del suelo determinado en H ₂ O y KCL para Turrialba.	45
Figura 13.	Contenido de amonio (NH ₄) y nitratos (NH ₃) en el suelo de Turrialba.	46
Figura 14.	Contenido de nitrógeno total en perfil de suelo de Turrialba.	47
Figura 15.	Contenido de fósforo por nivel estudiado en el suelo de Turrialba.	48
Figura 16.	Contenido de potasio por nivel estudiado en el suelo de Turrialba.	49
Figura 17.	Contenido de M.O. en el perfil del suelo de Turrialba.	50
Figura 18.	Capacidad de campo y punto de marchitez permanente en Turrialba.	51
Figura 19.	Contenido de agua a saturación del suelo de Turrialba.	52
Figura 20.	Efecto de la fertilización (Kg de N/ha) y la densidad en el rendimiento de maíz con la variedad TICO-V9.	56

Figura 21. Efecto de la fertilización (Kg de N/ha) y la densidad en el rendimiento de maíz variedad DIAMANTES-8043.	57
Figura 22. Efecto de la fertilización (Kg de N/ha) y la densidad en el rendimiento de maíz variedad GUARARE-8128.	58
Figura 23. Validación de CERES-MAIZE en tres zonas de Costa Rica, en conjunto.	59
Figura 24. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 Kg de N/ha sobre el % de N en plantas enteras de maíz a los 19 días.	61
Figura 25. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 Kg de N/ha sobre el % de P en plantas enteras de maíz a los 19 días.	62
Figura 26. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 Kg de N/ha sobre el % de K en plantas enteras de maíz a los 19 días.	63
Figura 27. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 Kg de N/ha sobre el % de Ca en plantas enteras de maíz a los 19 días.	64
Figura 28. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 Kg de N/ha sobre el % de Mg en plantas enteras de maíz a los 19 días.	65
Figura 29. Etapas de crecimiento en días (calendario) de la planta de maíz variedad TICO-V9 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos.	71
Figura 30. Etapas de crecimiento en °D (grado día) de la planta de maíz variedad TICO-V9 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos.	72
Figura 31. Etapas de crecimiento en días (calendario) de la planta de maíz variedad DIAMANTES-8043 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos.	73
Figura 32. Etapas de crecimiento en °D (grado día) de la planta de maíz variedad DIAMANTES-8043 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos.	74

Figura 33. Etapas de crecimiento en días (calendario) de la planta de maíz variedad GUARARE-8128 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos.	75
Figura 34. Etapas de crecimiento en °D (grado día) de la planta de maíz variedad GUARARE-8128 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos.	76
Figura 35. Emergencia de hojas (Día Juliano) para la variedad TICO-V9 en cultivo Hidropónico.	77
Figura 36. Emergencia de hojas (Día Juliano) para la variedad DIAMANTES-8043 en cultivo Hidropónico.	78
Figura 37. Emergencia de hojas (Día Juliano) para la variedad GUARARE-8128 en cultivo Hidropónico.	79
Figura 38. Desarrollo foliar de maíz vs biotemperatura.	80
Figura 39. Rendimiento sin corrección simulado vs observado, variedad TICO-V9, Turrialba.	83
Figura 40. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas, variedad TICO-V9, Turrialba.	84
Figura 41. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas + ajuste por plantas, variedad TICO-V9, Turrialba.	85
Figura 42. Rendimiento sin corrección simulado vs observado, variedad DIAMANTES-8043, Turrialba.	86
Figura 43. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas, variedad DIAMANTES-8043, Turrialba.	87
Figura 44. Rendimientos simulado vs observado + % de pérdidas + ajuste por plantas, DIAMANTES-8043, Turrialba....	88
Figura 45. Rendimiento sin corrección simulado vs observado, variedad GUARARE-8128, Turrialba.	89
Figura 46. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas, variedad GUARARE-8128, Turrialba.	90
Figura 47. Rendimiento simulado vs observado + % de ajuste por plantas, variedad GUARARE-8128, para Turrialba.	91
Figura 48. Rendimiento simulado vs observado, en conjunto, Turrialba.	92

Figura 49. Rendimiento simulado vs observado + pérdidas, en conjunto, Turrialba.	93
Figura 50. Rendimiento simulado vs observado + pérdidas + ajuste por plantas, en conjunto, Turrialba.	94
Figura 51. Rendimientos observados y simulado vs densidad, variedad TICO-V9, Turrialba.	96
Figura 52. Rendimientos observados y simulado vs densidad, variedad DIAMANTES-8043, Turrialba.	97
Figura 53. Rendimientos observados y simulado vs densidad, variedad GUARARE-8128, Turrialba.	98
Figura 54. Límites de confianza para rendimiento observado vs simulado al 95%.	99

1. INTRODUCCION

En Centroamérica los granos básicos como maíz, frijol y sorgo están estrechamente relacionados a pequeñas fincas, caracterizadas por presentar sistemas de producción diversificados como una forma racional de asegurar su ingreso frente a la incertidumbre de la variabilidad ambiental.

El maíz para muchos agricultores de los países en desarrollo es de gran importancia socioeconómica, ocupando el tercer lugar entre los cultivos alimenticios de la población mundial, precedido por el arroz y trigo (Tanaka y Yamaguchi, 1972; Fonseca, 1976).

En América Latina se registra una relación de 1 a 3 entre el precio que recibe el agricultor y el que paga el consumidor por los productos agrícolas sin transformar. Frente a esta realidad, un aumento del 20% o aún del 50% en los rendimientos logrados, difícilmente lo beneficiarían. El pequeño agricultor no tiene acceso directo al mercado y está comprometido con el comprador, por eso se halla en una situación de desventaja. Debido a ello y a otros factores, debe asegurársele un precio que refleje, en forma justa, el esfuerzo invertido en la producción (CESA, 1982).

En Costa Rica el maíz se encuentra distribuido en todo el territorio. Sin embargo, existen diferencias marcadas en las condiciones ambientales entre zonas, afectando en forma diferente al cultivo en cada una de ellas. Así, por ejemplo, en el Litoral Atlántico su desarrollo se ve afectado por fuertes vientos acompañados por lluvias abundantes con temporales de larga duración, con humedad excesiva a la cosecha, esto aumenta la incidencia de enfermedades fungosas de la mazorca. Otras zonas como el Sur y el Valle Central presentan las mejores condiciones para su cultivo. Asimismo, una alta tecnología puede ser aplicable en Guanacaste con grandes posibilidades de obtener altos rendimientos.

En estas zonas de cultivo existen variedades sugeridas para numerosas condiciones de clima, suelo y manejo, "paquete tecnológico" conteniendo un conjunto de técnicas de diferentes especialidades (Moreno, 1977; Bazán, 1986; Saravia, 1985), en pocos casos produjeron satisfactoriamente, en la mayoría fueron de baja productividad, debido a una limitada adopción de los agricultores a estas nuevas técnicas de producción (Brady, 1977 y Jones et al, 1983). Esto refleja una debilidad en la capacidad de los investigadores para formular métodos de producción que compitan favorablemente con los que ya usan los agricultores. El desarrollo constante de tecnologías apropiadas para aumentar la producción agrícola, conduce a un análisis y entendimiento de unidades más complejas y amplias, para obtener mejores rendimientos.

Por tanto, para encontrar sistemas alternativos de cultivo y comparar en detalle su desempeño con los existentes, se requiere un cuidadoso estudio de los factores que determinan la producción de cultivos a nivel de finca (Hardwood y Price, 1976). De esta manera, se han generado los modelos que requieren de la formación de equipos multidisciplinarios para integrar los conocimientos aislados de varias disciplinas (Ferrari, 1987; Hart, 1979).

Actualmente están disponibles un gran número de modelos para simular los procesos de tiempo, hidrología, reciclaje y movimiento de nutrimentos, labranza, erosión y temperatura del suelo, crecimiento y desarrollo de cultivos. Un modelo promisorio, fue generado por la Red Internacional de Selección de Sitios de Ambiente de Referencia para la Transferencia de Agrotecnología (IBSNAT) para simular el crecimiento del maíz en monocultivo (IBSNAT, 1986).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General

Plantear a los diferentes organismos e instituciones encargadas de la investigación, el uso de modelos de simulación como una herramienta útil en la transferencia de tecnología.

1.1.2 Específicos

- Evaluar el modelo de Simulación Ambiente-Cultivo (CERES-MAIZ) con las variedades mejoradas Tico-V9, Diamantes-8043 y Guararé-8128.
- Validar el Modelo CERES-MAIZ en las principales zonas productoras de maíz de Costa Rica (Pacífico Seco, Región Atlántica y Valle Central).

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 El Cultivo del Maiz (Zea mayz L.)

2.1.1 Generalidades del Cultivo

La planta de maíz ha sido ampliamente estudiada, puede definirse como un sistema metabólico productor de almidones y proteínas mediante órganos especializados. Estos órganos convierten la energía solar en química (White, 1985; Larcher, 1977) y conjuntamente con otros elementos absorbidos del suelo, aire y agua sintetizan, translocan y almacenan los productos elaborados (Diago, 1975).

Debido a la variabilidad genética del cultivo de maíz, hay genotipos de ciclo vegetativo corto con aproximadamente 45-50 días para su madurez fisiológica y otros con más de 300 días, haciéndolo altamente variable en su respuesta al fotoperíodo y adaptable a diferentes condiciones edafoclimáticas (58º Norte hasta 40º Sur y desde el nivel del mar hasta los 4000 m) (Duncan, 1983; García, 1983). Los rendimientos son mayores con temperaturas moderadas y adecuado suministro de agua. El rango ideal de temperatura se ubica entre 23,9 ºC y 29,4 ºC. El efecto general de la temperatura se muestra como grados día o unidades de calor, utilizando 12,8 ºC como punto de partida, difícilmente crece a temperaturas inferiores (Meyer et al, 1970).

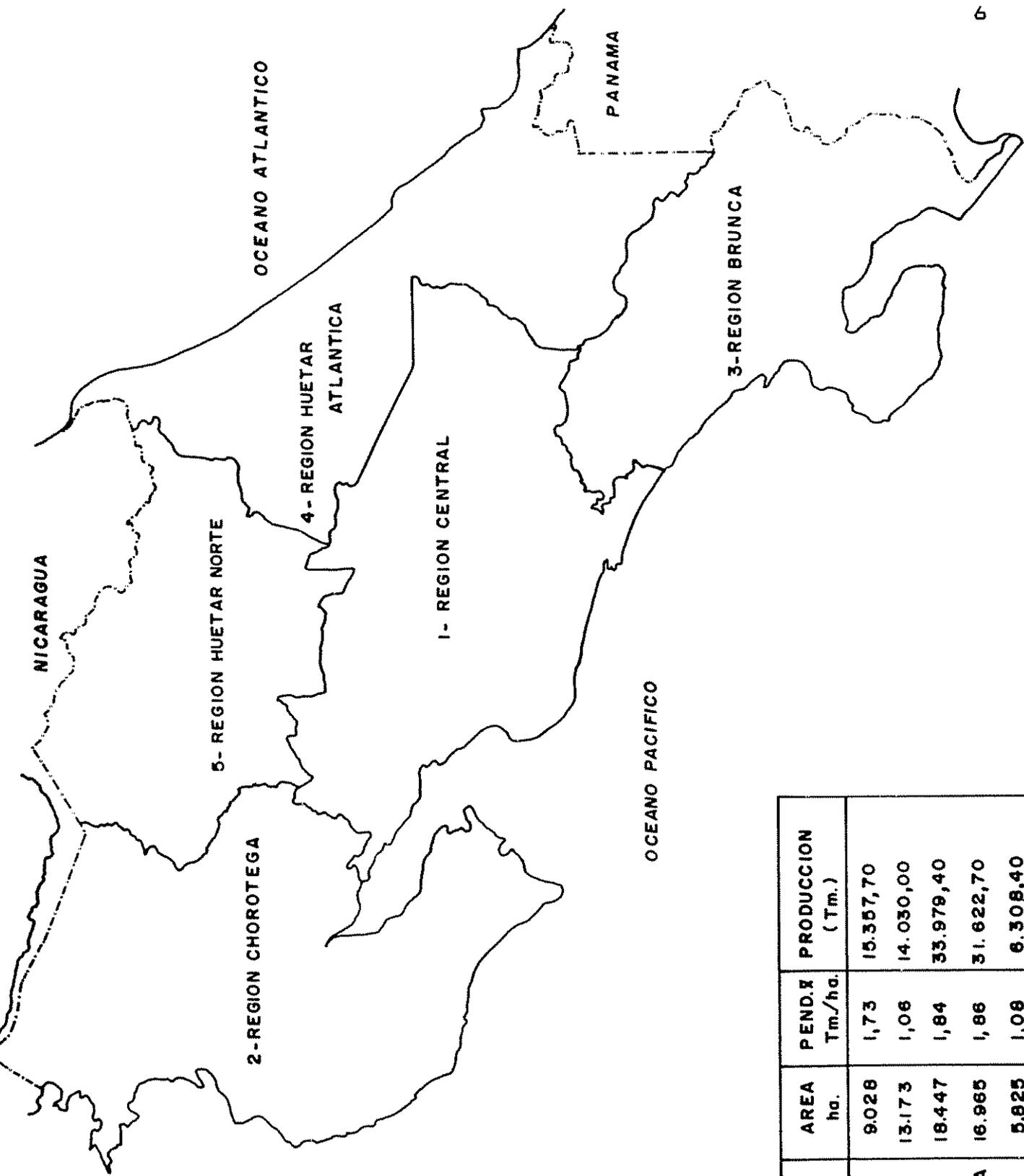
Actualmente se combina el uso de buenos materiales genéticos con nuevas técnicas de cultivo, tales como fertilización, maquinaria, y manejo de suelos, así como el control de malezas e insectos. El maíz tiene un papel fundamental en el proceso evolutivo de la agricultura (Aldrich, 1974; Wilsie, 1962), con el aprovechamiento del potencial productivo de los actuales híbridos y variedades mejoradas (Alfaro, 1985), producto de los últimos avances en mejoramiento genético.

2.1.2 Importancia del maíz

Mundialmente se producen 363 millones de toneladas de maíz por año, de las cuales Estados Unidos aporta el 50-55%, seguido por China, Brasil, México, Francia, Rumanía, Sud-Africa, Rusia y Argentina (Cibagbeigy, 1983), sin embargo, donde la crisis por escasez de alimentos es más acentuada los países menos desarrollados se hacen cada día más dependientes de las importaciones. Para 1990 las Naciones Unidas (FAO, 1978), pronosticó un déficit de 120 a 145 millones de toneladas métricas. En Costa Rica, se experimentó una expansión del área cultivada de maíz, basado en una mayor área de siembras en las regiones Huetar Norte, Huetar Atlántica y Pacífico Central. Esto, producto de la ausencia de opciones para el pequeño agricultor y la puesta en marcha de un plan de acción para incrementar la producción del grano; estimada en 101298 Tm. (Figura 1).

La producción de maíz en Costa Rica, se destina en su totalidad a satisfacer el consumo interno, tanto humano (maíz blanco, seco y limpio) como animal (excedente del grano más la producción de maíz amarillo). Con las nuevas técnicas empleadas en la agricultura actual, se tiene el potencial de aumentar ampliamente la producción alimenticia con el incremento de los beneficios producidos por los agricultores derivados de su tierra (Zandstra, Price, Litsinger, Morris, 1986). Así, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) realiza un esfuerzo grande para mejorar su servicio de tecnología agrícola mediante programas de integración para la producción.

La metodología de investigación es el resultado del esfuerzo de muchas personas. El trabajo de investigación sobre intensificación de cultivos orientados a las estaciones experimentales iniciado en 1968 por Richard R. Bradfield, dio pie a la investigación en finca a comienzos de la década de los setentas realizada por R. Harwood y Gordon Banta.



REGION	AREA ha.	PEND.X Tm./ha.	PRODUCCION (Tm.)
1-CENTRAL	9.028	1,73	15.357,70
2-CHOROTEGA	13.173	1,06	14.030,00
3-BRUNCA	18.447	1,84	33.979,40
4-H. ATLANTICA	16.965	1,86	31.622,70
5-H. NORTE	5.625	1,08	6.309,40

Fig. 1 Producción de maíz por región para Costa Rica

Una alternativa promisorio para contribuir con este esfuerzo, es el uso de modelos de simulación como herramienta para la toma de decisiones, sobre el manejo de cultivos alimenticios necesarios en la alimentación humana y animal.

2.1.3 Factores que interactúan con el crecimiento y rendimiento de la planta

Tanto el ambiente como la constitución genética de las plantas hacen que estas se desarrollen o crezcan de diferentes maneras (Fuemayor, 1985). Se ha encontrado una dependencia significativa entre los componentes genéticos y climáticos dando como respuesta una variación en la expresión de sus potenciales (Hudson, 1967), sometidos a niveles críticos o rangos no óptimos para el desarrollo del cultivo, dando como resultado un crecimiento no esperado (Fargas, 1986; Schivable, 1967).

Dentro de los factores ambientales más importantes está la luz, al ser ésta fuente de energía, controla los procesos de crecimiento (Hudson, 1967), capturada en su mayoría por las hojas, las cuales representan la superficie fotosintéticamente activa de las plantas.

Diversos trabajos (Corneluis, Russell y Wooley, 1961; Tanaka y Yamaguchi, 1972) demostraron el efecto directo causado por eliminación de hojas por arriba o por debajo de la mazorca, entre mayor sea la defoliación inducida, menor será el rendimiento en grano obtenido. La eliminación de hojas por encima de la mazorca afecta mucho más esta tasa, una eliminación parcial de las hojas superiores aumenta la velocidad de producción de materia seca por unidad de área foliar de las hojas remanentes. Los granos se forman producto de la fotosíntesis realizada en las hojas situadas por encima del nivel de la mazorca, así como durante el período de llenado del grano. Pero la actividad

fotosintética de estas hojas está controlada por la actividad de los granos actuando como demanda fisiológica (Tanaka, A., Yamaguchi, J. 1972).

El peso seco final de un cultivo depende de la cantidad total de radiación interceptada durante la época de crecimiento (Shibles y Weber, 1966), dando una relación estrecha entre la cantidad de radiación solar capturada y el rendimiento en grano (Arze, 1983).

2.1.4 Definición de conceptos básicos

Para conocer y modificar los factores biológicos como parte de la investigación integrada o multidisciplinaria es necesario entender entre otros, los conceptos de sistemas, modelos, simulación, calibración y validación.

2.1.4.1 Concepto de sistema

Un sistema es un arreglo de componentes físicos y en conjunto o como una colección de cosas, se ven relacionadas de tal manera que forman y/o actúan como una unidad, una entidad o un todo (Hart, 1979). Además, los componentes interactúan entre ellos con límites y obedecen a una estructura jerárquica comprendiendo un sinnúmero de subsistemas (Becht, 1974; Geoffrey, 1982; Dent y Blackie, 1979; Hart, 1985).

El concepto de sistemas ha sido definido en forma general, como una parte limitada de la realidad, y contiene elementos interrelacionados con un propósito común o función, de tal manera que forman una entidad o un todo (Spedding, 1977; Wit, 1982 y Wit y Arnold, 1976).

Charlton y Thompson, 1970 enfocan la definición de sistemas como un juego de relaciones matemáticas, necesarias para enumerar completamente la manera en la cual, las partes

individuales del sistema, interactúan entre ellas. Para esto se debe tener como base un límite definido para especificar ciertas variables e interrelaciones que se considera, tienen efecto sobre la respuesta del sistema. El problema principal, en este caso, es la definición del límite, para tener la confianza de que todos los factores que han sido incluidos, así como el comportamiento eventual del modelo, puede ser una adecuada representación de la realidad.

Estas definiciones implican que a cualquier nivel de comprensión, no se puede describir o comprender completamente un sólo componente, a menos que se le ubique en el contexto del sistema en el cual opera (Brockington, N. 1972).

El trabajo de sistemas se apoya en gran parte en el uso de modelos, por ser muy difícil o poco práctico el estudio del sistema real. Además, siendo el objetivo general la formulación de nuevos sistemas, inexistentes para la realidad agropecuaria, se torna imprescindible el auxilio de modelos (Gastal, E. 1980).

2.1.4.2 Concepto de modelos

En el enfoque de sistemas de producción es introducido el término "Modelo", que se entiende como la abstracción o representación simplificada del ambiente y desarrollo de los cultivos (Ferrari, 1978; Hart, 1979; Pening de Vries, 1980), o de la unidad productiva, siendo entonces éste, una forma análoga a la realidad.

La utilidad del modelo depende básicamente de tres aspectos fundamentales:

- Su capacidad de presentar las principales actividades e interrelaciones del sistema.

- De su generalidad, es decir, que pueda adaptarse a varias situaciones dentro de un marco de limitaciones impuesto a priori para definir el sistema productivo.
- De que sea simple, manejable y esté al alcance del investigador.

Estas tres características determinan la utilidad de los modelos dentro del proceso de estudio de los sistemas agropecuarios productivos, constituyéndose así, en una herramienta de gran utilidad al servicio de los equipos multidisciplinarios (Salinas y Flores, 1988), quienes toman como base los modelos para estudiar ciertas interacciones las cuales, debido a su complejidad serían muy difíciles de aislar en la realidad (Hart, 1980).

Asimismo, los modelos sirven para observar detalladamente el sistema, los componentes y sus interacciones; para mejorar el entendimiento del mismo y estimular inquietudes que induzcan cambios que serían muy difíciles de implementar en el mundo real (Brockington, 1972).

El valor de un modelo depende básicamente del cumplimiento de los fines para los cuales ha sido diseñado. Los modelos pueden utilizarse con fines explicativos, predictivos, de cálculo y de sistematización. El grado de exactitud exigido a un modelo dependerá, entre otras cosas, del uso designado, como la generación y transferencia de agrotecnología, toma de decisiones en la planificación y políticas de desarrollo (Arze, 1987; Thorneley, 1977).

Finalmente, la simulación permite ampliar la visión de los especialistas considerando todos los aspectos del sistema como una consecuencia directa del ejercicio de

modelación. De esta forma las recomendaciones son menos susceptibles a sesgos profesionales (Salinas y Flores, 1988).

2.1.4.3 Clasificación de los modelos

Los modelos se clasifican en base a tres características principales: grado de abstracción, función y tiempo (Anderson y Dent, 1974; Gordon, 1982; Hart, 1979 y Saravia, 1983), algunos de los cuales se describen a continuación.

1- Con base en la representación:

- Icónico, donde se representa la realidad por medio de una maqueta o escala del objetivo principal.
- Analógico, un objeto real puede ser representado por una pintura, una fotografía o un bosquejo.
- Simbólico, el sistema y sus componentes son representados por símbolos.
- Verbales, describen situaciones complejas pero no hacen uso de algunas variables como el tiempo, la precisión y son basados en deducciones lógicas.

2- Con base en la función:

- Determinísticos, las variables de salida del sistema están en función directa de las variables de entrada a éste, por lo tanto no hay variables al azar.
- Estocásticos, aquellos en los cuales al menos una de las características de operación, está regida por una función de probabilidad, por lo tanto la variable de salida podría tomar al azar valores en función directa a las variables internas.

- Estático, aquellos que no toman explícitamente la variable tiempo.
- Dinámicos, aquí se toma en cuenta las interacciones de variables que varían con el tiempo para caracterizar los procesos de evolución.

3- Otros:

- Discretos, cuando el cambio de estado de una variable se modifica de un momento a otro.
- Continuos, si el cambio de estado es lento a través del tiempo.
- Empíricos, cuando las variables de salida se conocen por cambios en las variables de entrada.
- Mecanísticos, cuando se describe qué ocurre y cómo se obtienen las respuestas del sistema.

Los modelos de simulación matemática presentan una serie de ventajas, debido a que, por un lado acortan el volumen de experimentación en campo, la cual sólo se requiere en cantidades necesarias para calibrar y probar modelos, reduciendo no sólo los costos necesarios, sino también el tiempo requerido para dar recomendaciones a los sistemas productivos (Palacios, 1980).

2.1.4.4 Modelos de simulación

Los modelos de simulación, dentro del enfoque de sistemas, permiten integrar conocimientos disciplinarios, facilitar el entendimiento de las relaciones físico biológicas y detectar puntos a ser investigados con mayor profundidad, orientando de esta manera la investigación (Valdivia, 1990).

En los trabajos citados por Rister, 1989 y Valdivia, 1989; realizados con los modelos de simulación en CATIE, se obtuvo una buena aproximación entre los datos observados y simulados para diferentes cultivos, condiciones de manejo y lugares, lo cual demuestra la confiabilidad en el uso de esta herramienta para la investigación y transferencia.

2.1.4.5 Modelo CERES-MAIZ

Varios modelos han sido diseñados para simular el crecimiento del maíz, basados principalmente en la información disponible de investigación involucrada en los procesos biológicos (Baker y Horrocks, 1976; Shawcroft et al, 1974; Stapper y Arkin, 1980).

El modelo CERES-MAIZ (Síntesis Recurso Ambiente-Cultivo del maíz), es un modelo de simulación del crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta que trabaja en base a información diaria de clima y suelo, y de coeficientes genéticos de la variedad utilizada (Ritchie, 1986). Estos coeficientes genéticos (P1, P3 y P5) están determinados por la biotemperatura [$(\text{temperatura máxima} + \text{temperatura mínima})/2 - 8$] la cual está expresada en grados-día (GD) y acumulada determina el período en que se presentan los distintos estados fenológicos (Jones y Kiniry, 1986).

Para la simulación, el modelo necesita calcular los siguientes parámetros (CERES-Maize, 1986):

- P1: Grados-día desde la emergencia hasta el fin de la fase juvenil.
- P2: Coeficiente de sensibilidad al fotoperíodo (0.5 para variedades tropicales).

- P5: Grados-día desde floración femenina hasta la madurez fisiológica (Se detecta por la presencia de una capa negruzca en la base del grano).
- G2: Número potencial de granos por planta.
- G5: Tasa de crecimiento potencial del grano (mg/día).

Este modelo fue desarrollado en los Estados Unidos de América, por un conjunto de científicos de suelo, agrónomos y fisiólogos de cultivos. El modelo tiene dos versiones: la versión estándar que simula los efectos del genotipo, clima y suelo en el crecimiento y rendimiento del maíz y la versión con nitrógeno (1986), que simula además la dinámica del nitrógeno en el suelo y en la planta (Jones y Kiniry, 1986).

El mismo fue validado en Costa Rica utilizando los cultivares Tuxpeño y Eladio Hernández en monocultivo y asociado con yuca, obteniendo una buena aproximación entre el rendimiento de grano observado y simulado para el maíz en monocultivo (Heer, 1986).

Gómez (1988), obtiene una mejor aproximación para el cultivar Tuxpeño y la población Maicito, en monocultivo y asociado con soja.

Romero del Valle (1988), obtuvo un buen ajuste entre los resultados observados y simulados para el crecimiento y desarrollo de los materiales CESDA-28 y Tusa Fina, en Costa Rica (Turrialba) y República Dominicana (Azua y Santo Domingo).

Castillo (1988), trabajando en Nicaragua, concluye que el modelo simuló adecuadamente la biomasa y el rendimiento de grano para los cultivares de maíz NB-3 y NB-6.

Valdivia (1990) en su trabajo de asocio maíz, soya, frijol, encontró que el modelo CERESN-MAIZ fue altamente predictivo y sensible a las respuestas biológicas de las plantas y a las condiciones cambiantes del clima para varios años.

2.1.4.6 Concepto de simulación

La simulación es una técnica computadorizada (numérica) que permite conducir experimentos de una forma rápida, para describir e imitar el funcionamiento de un sistema real por medio de modelos lógicos y matemáticos (Naylor et al, 1966; Dent y Blackie, 1979 y Ferrari, 1978).

Según Gordon, 1982 la simulación de sistemas es la técnica de resolver problemas siguiendo los cambios en el tiempo mediante un modelo dinámico. Esta técnica no intenta aislar las relaciones entre determinadas variables, por el contrario, observa la manera como cambian simultáneamente todas las variables del modelo con el tiempo.

Esta técnica se ha desarrollado en muchas áreas dentro de la agricultura, como: planificación de sistemas de recursos naturales, de pastoreo en ganadería, sistema metabólico de los rumiantes, sistema fisiológico de la planta, hasta sistemas bioquímicos y celulares.

La simulación, permite identificar deficiencias de información sobre muchas variables. Estas pueden ser seleccionadas como futuros proyectos de investigación. Según Dent y Anderson, 1974 los pasos en el proceso de simulación son: definición del sistema bajo estudio, análisis de la información, síntesis de un modelo simbólico, codificación del modelo para computar su implementación, validación, análisis de sensibilidad, experimentación y análisis de resultados de simulación.

2.1.4.7 Concepto de calibración de un modelo

Calibrar un modelo consiste en introducir modificaciones en el programa computacional con el objeto de mejorar la calidad predictiva del mismo, en función de criterios lógicos y empíricos vinculados a las características relevantes del sistema real a simular (Romero del Valle, 1988).

Involucra la comparación de las predicciones del modelo con los resultados de experimentos independientes. Su implementación se realiza por ajustes empíricos de parámetros para mejorar las características del modelo dentro de su comportamiento general (Loomis et al, 1979).

2.1.4.8 Concepto de validación

La técnica de validación consiste en mostrar el alcance predictivo de un modelo en función de la aproximación de los datos simulados a los observados (IBSNAT, 1986; Saravia, 1985). La validación es un proceso para comparar las salidas del modelo con las del sistema real, con la finalidad de medir su utilidad y relevancia. De este modo se mide la posibilidad de utilizarlo para propósitos de transferencia de tecnología agropecuaria (Saravia, 1983, y Gastal, 1980).

Una vez verificado el modelo, el simulador debe decidir si su modelo verificado es suficientemente válido para imitar el mundo real y así proceder al análisis del modelo (Anderson, 1974). Lo que se quiere de un modelo no es la perfección, sino la adecuación y eficacia para el propósito específico, o sea, su validez (IBSNAT, 1986).

Para la validación de un modelo, se deben seguir dos pasos (Goodwin et al, 1982):

- Estudiar la lógica y consistencia de la programación a través de una serie de experimentos. (Se deberán hacer varios análisis de sensibilidad.)
- Comparar los resultados de la simulación con los datos recolectados en el campo.

El término de validación, en lugar de verificación, es intencional. Este último tiene una connotación de verdad absoluta o de exactitud. En un modelo no se persigue la perfección, sino la validez para mostrar el alcance predictivo entre el desempeño de un sistema real y el comportamiento del modelo en periodos futuros (Gastal, 1980; Keulen, 1976 y Naylor et al, 1966).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización de los Ensayos

Los ensayos se realizaron en las siguientes zonas de Costa Rica: La Montaña 1987, Fabio Baudrit 1988, Los Diamantes 1988, Enrique Jiménez 1988 (Figura 2).

- Para la calibración (Cuadro 1)

Sitio 1: Estación Experimental La Montaña (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), Provincia de Cartago, 9° 53' latitud norte y 83° 38' longitud oeste, altitud 602 msnm, con una temperatura media anual de 22,2 °C, y una precipitación media anual de 2674 mm, cuya época lluviosa va de mayo a diciembre, con un 88% de humedad relativa y 5,5 horas luz (brillo solar).

- Para la validación (Cuadro 1)

En la fase de validación se planificó la escogencia de tres zonas ecológicas diferentes que representaran el rango de adaptabilidad de la especie.

Sitio 1: Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (Universidad de Costa Rica), Provincia de Alajuela, 10° 31' latitud norte y 84° 31' longitud oeste, altitud 850 msnm, con una temperatura media anual de 22 °C y una precipitación media anual de 1017 mm, cuya época lluviosa va de mayo a diciembre, con un 75,6% de humedad relativa y 6.5 horas luz (brillo solar).

Sitio 2: Estación Experimental Los Diamantes (Ministerio de Agricultura y Ganadería), Provincia de Limón, 10° 31' latitud norte y 83° 46' longitud oeste, altitud 296 msnm, con una temperatura media anual de 25,1 °C y una precipitación media anual de 4261 mm,

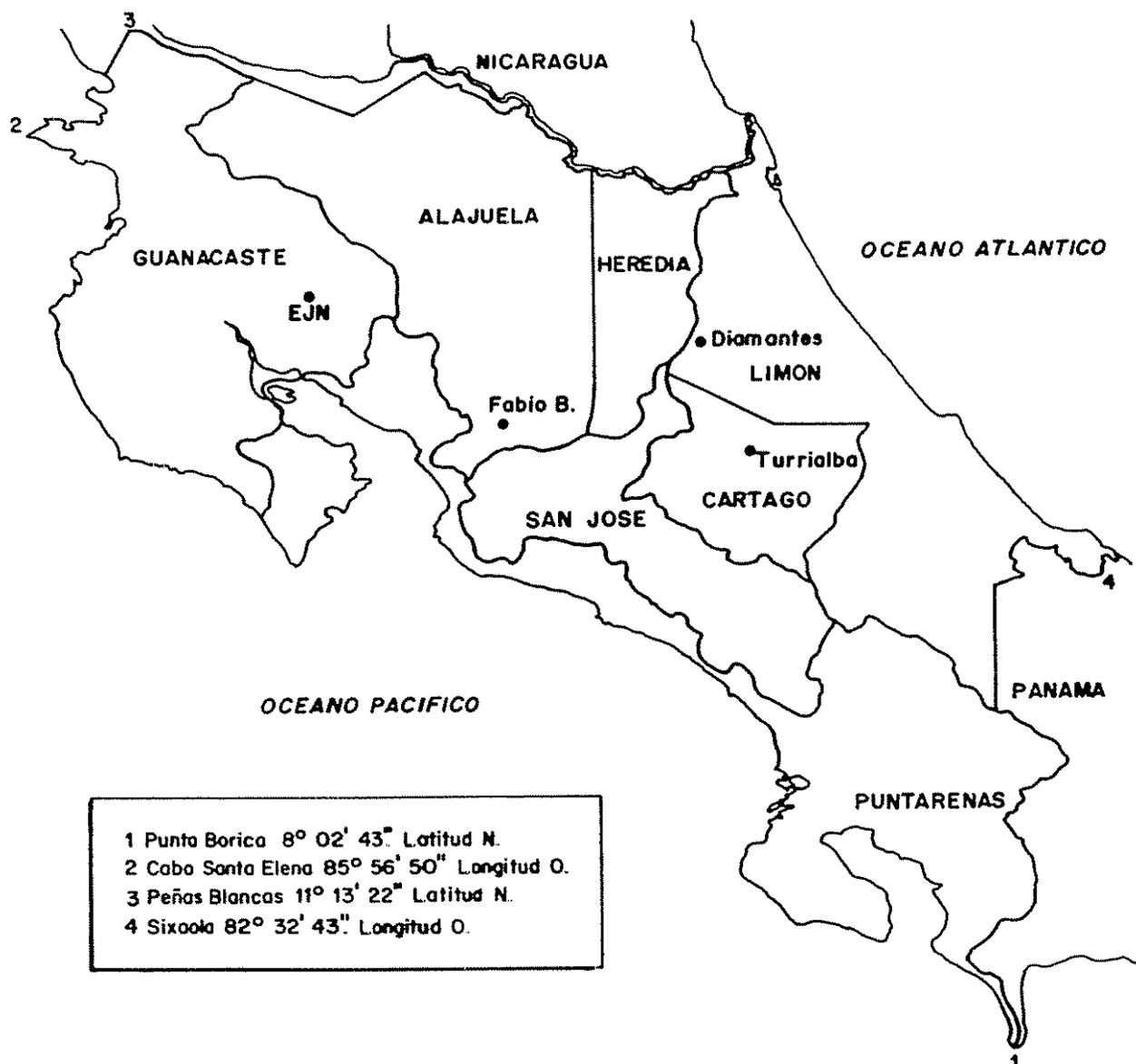


Fig. 2

Ubicación de los ensayos de calibración y validación de tres variedades de maíz en Costa Rica.

cuya época lluviosa va de mayo a enero con un 96% de humedad relativa y 5 horas luz (brillo solar).

Sitio 3: Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez (Ministerio de Agricultura y Ganadería), Provincia de Guanacaste, 10° 25' latitud norte, 85° 07' longitud oeste, altitud 50 msnm, con una temperatura media anual de 27°C y una precipitación media anual de 1710 mm, cuya época lluviosa va de mayo a noviembre, con un 70% de humedad relativa y 6,2 horas luz (brillo solar).

Cuadro 1. Localización de los ensayos de calibración y validación para maíz, 1987, 1988.

CARACTERIST.	CALIBRACION	VALIDACION		
	LA MONTAÑA	F.BAUDRIT	L.DIAMANTES	E.JIMENEZ
LAT NORTE	9° 53'	10° 13'	10° 13'	10° 25'
LONG OESTE	83° 38'	84° 31'	83° 46'	85° 07'
ALT msnm	602	850	296	50
T MEDIA °C	22.2	22.0	25.1	27.1
PRECIP MEDIA mm	2674	1917	4261	1710
EPOCA LLUVIA	MAYO-DIC	MAYO-DIC	MAYO-ENERO	MAYO-NOV
HUM RELAT %	88.0	75.6	96.0	70.0
BRI SOLAR hr	5.5	6.5	5.0	6.2

3.2 Material Experimental

El material experimental utilizado en los ensayos, fue proporcionado por la Dirección General de Investigaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de su Programa Mejoramiento de Maíz.

Además de los criterios de selección genética, el material se escogió por ser de gran demanda entre los agricultores nacionales. Las variedades estudiadas fueron las siguientes:

- Tico-V9 (blanco)
- Diamantes-8043 (blanco)
- Guararé-8128 (amarillo)

3.3 Síntesis de la Metodología

Con el propósito de generar los parámetros físico-biológicos necesarios para calibrar el modelo CERES-MAIZE V2.1 (1990), se tomaron tres variedades de maíz (Tico-V9, Diamantes-8043 y Guararé-8128), con dos dosis de fertilizante nitrogenado (baja de 50 kg/ha y alta de 150 kg/ha), aplicado a tres densidades de siembra (20, 40 y 60 mil plantas por ha). De esta manera se evaluó la respuesta en rendimiento (kg/ha de grano con 15% de contenido de agua) para las tres variedades.

Una vez seleccionados los sitios, se procedió a la siembra de acuerdo a la tecnología recomendada en cada zona (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distanciamiento de siembra utilizado en la calibración y validación de los ensayos 1987, 1988.

plantas/	SITIO	DENSIDAD (plts/ha)	ESPACIAMIENTO (m)	golpe
CALIBRACION				
	L. Montaña	20000	1,00 * 0,50	1
		40000	1,00 * 0,50	2
		60000	1,00 * 0,33	2
VALIDACION				
	F. Baudrit	25000	0,80 * 0,50	1
	E. Jiménez	26667	0,75 * 0,50	1
	L. Diamantes	26667	0,75 * 0,50	1

En la validación se utilizó la tecnología recomendada al agricultor (Cuadro 3) para disponer de información de las variedades estudiadas en el campo, como respuesta varietal a las condiciones edafoclimáticas. De esta forma se compara con los datos obtenidos mediante simulación del rendimiento (calibración).

Cuadro 3. Tecnología recomendada al agricultor en los sitios de validación, 1988.

PARAMETRO	SITIOS		
	F BAUDRIT	E JIMENEZ	L DIAMANTES
# PLANTAS/HA	25000	26667	26667
DIST DE SIEMBRA	0.80*0.50	0.75*0.50	0.75*0.50
FERTILIZACION kg/ha	200 kg/ha	200 kg/ha	200 kg/ha
FORMULA UTILIZADA	10-30-10	10-30-10	10-30-10
CANTIDAD DE N	20 kg/ha	20 kg/ha	20 kg/ha
CANTIDAD DE K ₂ O	20 kg/ha	20 kg/ha	20 kg/ha
CANTIDAD DE P ₂ O ₅	30 kg/ha	30 kg/ha	30 kg/ha

3.4 Establecimiento del Experimento

3.4.1 Diseño experimental

En la calibración se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones en un arreglo de tratamientos de parcelas divididas, en donde la parcela grande fue la fertilización y la parcela pequeña fue la densidad de siembra.

Para la validación se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

3.4.2 Descripción de la Unidad Experimental

La calibración del modelo, se hizo con los datos generados mediante una siembra de maíz en el mes de junio de 1987, utilizando los lotes 11 y 12 de la Finca Experimental La Montaña, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (C.A.T.I.E.).

Se tomó para el ensayo un lote total de 4788 metros cuadrados, con una dimensión de 42 por 114 metros, utilizando 1428 metros cuadrados por variedad y 420 metros cuadrados por repetición.

Cada unidad experimental en los experimentos de calibración fueron de 70 m² (7 por 10). La mitad de la parcela (35 m²) fue utilizada para rendimiento y la otra mitad para observaciones fenológicas (Figura 3).

El modelo se validó en tres ensayos, en donde las siembras de mayo correspondieron a las estaciones; Fabio Baudrid Moreno, Enrique Jiménez Núñez y en la de agosto, a la Estación Los Diamantes.

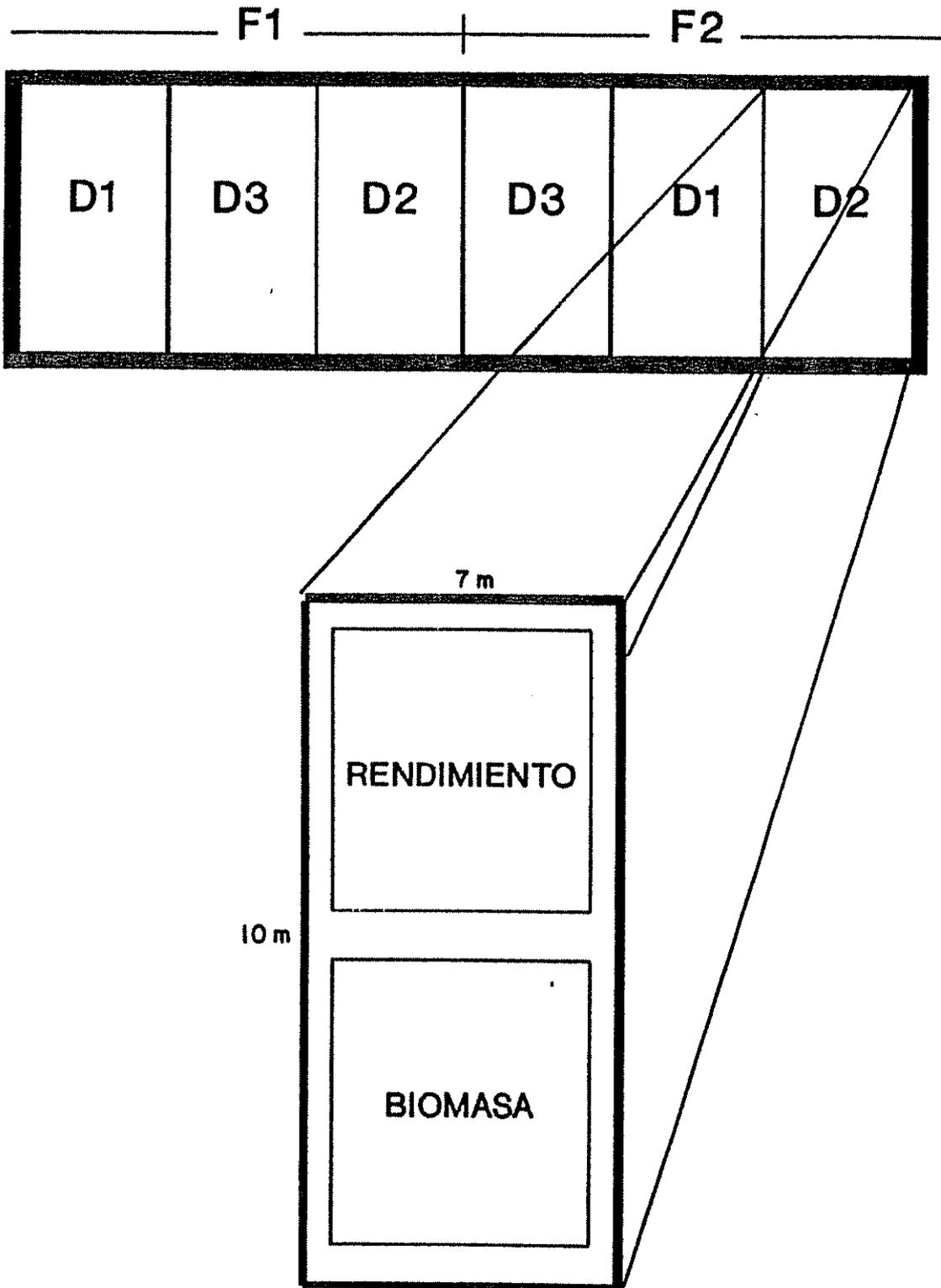


Fig. 3 Unidad experimental utilizada en los ensayos de calibración. Turrialba 1987

3.4.3 Tratamientos

Los 6 tratamientos para la calibración fueron producto de la interacción de dos fertilizaciones y tres densidades de siembra (Cuadro 4), para cada una de las variedades.

Cuadro 4. Factores y niveles utilizados en la calibración del Modelo CERES-MAIZ, 1987.

FACTORES		NIVELES	
FERTILIZACION		50 kg/ha	(F1)
		150 kg/ha	(F2)
DENSIDAD	20000	PLANTAS/ha	(D1)
	40000	PLANTAS/ha	(D2)
	60000	PLANTAS/ha	(D3)

Para la calibración se usó los niveles de 50-120-60 y 150-0-0 de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. Se decidió fraccionar la aplicación del fertilizante nitrogenado en dos épocas, una a los 16 días de la siembra (40%) y la otra a los 40 días de la siembra (60%) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Fertilización utilizada en la calibración del Modelo CERES-MAIZ, 1987.

FUENTE		%i.a.	Kg/ha APLICADO
NITRATO DE AMONIO	NITROGENO	33,5 N	150
	NITROGENO	33,5 N	450
SUPERFOSFATO TRIPLE		46,0 P ₂ O ₅	267
CLORURO DE POTASIO		60,0 P ₂ O ₅	100

En las parcelas de observación para la validación se utilizaron las 3 variedades con una sola fertilización y densidades de siembra para cada lugar (Cuadro 6)

Cuadro 6. Densidad de siembra y fertilización utilizadas en la validación del Modelo CERES-MAIZ, 1988.

ESTACION EXPERIMENTAL	DENSIDAD (plantas/ha)	FERTILIZACION (kg/ha 10-30-30)
Fabio Baudrit	25000	200
E.J. Núñez	26667	200
Los Diamantes	26667	200

3.4.4 Labores Culturales

Preparación del terreno

El lote 11 y 12 de La Montaña estaban en descanso antes de la siembra de los ensayos de calibración. La cobertura conformada por malezas herbáceas de hoja ancha y gramíneas fue eliminada y se pasó un rotavator, seguido por una surcadora dejando el terreno listo para la siembra.

La técnica recomendada por las estaciones en la preparación del terreno se refiere a pasadas del arado, de rastra y surcadores tomando en consideración las grandes extensiones de cultivo para la siembra

Aplicación de pesticidas

Para evitar problemas de patógenos y minimizar el riesgo en la etapa de germinación, se trató la semilla con Ortocide, Malathión y Furadán (Cuadro 7).

Cuadro 7. Pesticidas utilizados durante el ensayo de calibración, 1987.

NOMBRE COMUN	N COMERCIAL	N QUIMICO
Acefato	Orthene	O,S-Dimetil Acetil-Fosforamidotiato
Malathión	Malathión	O,S-Dimetil Fosforaditiato de Dietil Mercatosucciniato
Carbofurán	Furadán	2,3-Dihidro-2,2-Dimetil-7 Benzofuranil Metil Carbamato
Paracuat	Gramoxone	1,1-Dimetil-4,4-Bipiridinium Radex
Atrazina	Gesaprin	
Estreptomycin + Terramicina	Agrimicin 100	
Estreptomycin + Terramicina + Sulfato de Cobre	Agrimicin 500	
Captan	Orthocide	

Al finalizar la siembra se hizo una aplicación de la mezcla Radex y Gesaprin como pre y post-emergente a las malezas.

Contra el ataque de Diabrotica spp, en la etapa de crecimiento se aplicó Malathión dirigido al follaje 15 días después de la siembra.

Para la protección del ensayo, a los 30 días después de la siembra se decidió aplicar Agrimicin-100, como preventivo para el ataque de bacterias que presentaban otros ensayos experimentales.

Luego de 35 días de la siembra, fue necesario aplicar Gramoxone para combatir las malezas entre los espacios que separaban las repeticiones.

Al aparecer los primeros síntomas de la bacteria en los bordes de una de las repeticiones (41 días después de la siembra) se procedió a la aplicación de Agrimicín-500, evitando de esta forma que se volviera a manifestar en todo el ciclo del ensayo.

Cosecha

La cosecha de los ensayos de calibración se hizo 127 días después de la siembra para la variedad Guararé-8128 y 128 días después de la siembra para Tico-V9 y Diamantes-8043. La fecha de colecta para las tres variedades fue el 9 de octubre de 1987.

Los ensayos de validación se cosecharon en las siguientes fechas: 19 de setiembre de 1988 (122 días después de la siembra [dds]) para la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, 13 de octubre de 1988 (148 dds) para la Estación Experimental Fabio Baudrit y 7 de diciembre de 1988 (106 dds) para la Estación Experimental Los Diamantes.

3.5 Recolección de Información

3.5.1 Clima

Tanto para la calibración como para la validación, se procedió a la toma de datos para los cuatro sitios estudiados, en las Estaciones Meteorológicas más cercanas al ensayo.

Los datos diarios registrados fueron:

- Radiación solar (Calorías/cm²/día)
- Temperatura máxima (°C)
- Temperatura Mínima (°C)
- Precipitación (mm)

La Radiación solar para Guápiles se midió con base a la fórmula de Black-Angstron (Rietveld, 1978).

$$R_g = R_a (a + (b * n/N)).$$

donde:

R_g : radiación solar global a nivel del suelo

R_a : radiación solar global al tope de la atmósfera

a,b: constantes de la fórmula de Black-Angstron calculados con datos de la Estación de Limón a:0,28
b:0,40.

n : Brillo solar medido con el heliógrafo

N : Brillo solar teórico

3.5.2 Suelos

En el ensayo de calibración, se hizo un análisis preliminar del suelo con diez muestras tomadas a dos profundidades (0 a 20 y 20 a 40 cm), tanto para el lote 11 como para el lote 12.

Para las propiedades químicas y físicas se utilizó la información proporcionada por Heer, 1986, para el mismo lote, y la descripción taxonómica de Aguirre, 1971.

En la validación se procedió a hacer calicatas en los sitios durante el ensayo para determinar las características físicas y químicas del suelo por estrato, excepto para Guapiles que se tomó la información proporcionada por Rister, 1986 para el mismo sitio.

Propiedades físicas

- Textura. Se determinó de acuerdo al método de Bouyoucos, modificado por Hardy y Bazán, 1975.
- Densidad aparente. Se realizó mediante el método del cilindro (Forsythe, 1975).
- Capacidad de campo. Se determinó mediante el plato de presión, a 33 kPa (Forsythe, 1975).
- Punto de marchitez permanente. Se determinó a 1500 kPa, mediante el plato de presión (Forsythe, 1975).
- Contenido de agua a saturación. El contenido de agua a saturación se determinó utilizando dos muestras de suelo por capa, extraídas mediante anillos, saturando las muestras con agua durante 24 horas. Posteriormente se determinó el peso húmedo y seco (en estufa a 105 °C hasta peso constante) y por diferencia se obtuvo el contenido de humedad.

Propiedades químicas

- pH. Se determinó el pH en agua y en KCL de acuerdo al método descrito por Peech, 1975 y adaptado por Díaz-Romeu y Hunter, 1978.
- Nitratos, amonio y nitrógeno total. Se determinaron utilizando los métodos descritos por Bremner, 1982.
- Fósforo y potasio. Utilizando el método de Olsen Modificado (Díaz-Romeu y Hunter, 1978) se determinaron los niveles de fósforo (colorimétricamente) y potasio (absorción atómica).

- El nitrógeno total se determinó por el método descrito por Bremner y Mulvaney, 1982, modificado. El Amonio y Nitratos se determinaron por el método descrito, por Keeney y Nelson, 1982.

3.6 Análisis de la Información

3.6.1 Análisis estadístico

En el análisis del experimento de la etapa de calibración se realizaron pruebas de varianza y comparaciones de medias; contrastes ortogonales y análisis de asociación.

Se realizaron pruebas T de observaciones pareadas, tomando como base lo observado y lo simulado de la biomasa para los diez muestreos.

3.6.2 Modelo CERES-MAIZ

La simulación se efectuó utilizando el Modelo CERES-MAIZE V 2.1 que simula los efectos del clima, agua del suelo, genotipo y manejo sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo con opciones para considerar la dinámica del nitrógeno en el suelo y cultivo, permitiendo incorporar la irrigación. La simulación del crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz por el modelo, se realiza a través de los siguientes procesos:

- Desarrollo fenológico, afectado principalmente por los coeficientes genéticos y el clima.
- Acumulación y distribución de materia seca. Afecta el desarrollo fenológico y éste al crecimiento y desarrollo de órganos reproductivos y vegetativos.
- Balance de agua en el suelo y consumo por el cultivo.

- Transformaciones de nitrógeno en el suelo, consumo por el cultivo y distribución entre las partes de la planta.

3.6.3 Estructura del Modelo CERES-MAIZE

Para una mayor comprensión de este modelo se comenta brevemente el programa principal y las subrutinas.

El modelo está dividido en un programa principal **MAIN**; 3 subrutinas para inicializar datos de entrada; **PROGRI** o archivo de parámetros; **SOILRI** que inicia con los datos de suelo y **SOILNI** que contiene los datos de nitrógeno en el suelo; 11 subrutinas de proceso que simulan: mineralización e inmovilización de nitrógeno **MINIMO**; consumo de nitrógeno **NUPTAK**; deficiencias de nitrógeno en la planta **NFACTO**; desnitrificación **NDNIT**; nitrificación **NITRIF**; drenaje y lixiviación **NFLUX**; temperatura del suelo **SOLT**; balance de agua **WATBAL**; desarrollo de fases fenológicas **PHENOL** y **PHASEI** y de crecimiento de cultivo **GROSUB**; 8 subrutinas de salida: **WRITE** que permite la salida de datos de agua y crecimiento; **NWRITE** que describe la salida de los parámetros relacionados con nitrógeno; **NBAL** relaciona el balance del nitrógeno en el suelo; **OUTMN** describe el valor promedio de varios parámetros de nitrógeno en el suelo; **OUTNU** relaciona en diversos parámetros la salida de nitrógeno; **OUTWA** determina la salida de balance de agua; **OUTGR** permite la salida de los datos de crecimiento y **CALDAT** calcula el calendario correspondiente a un día particular en el año.

En detalle el modelo está muy bien definido por Heer, 1986, Gómez, 1988, Romero, 1988; Castillo, 1988.

4. RESULTADOS

4.1 Componentes Físico Biológicos

Los datos registrados en los sitios de experimentación, han sido tomados para hacer la comparación entre las observaciones de campo y lo simulado por el modelo.

4.1.1 Componente Físico

4.1.1.1 Clima

Las condiciones climáticas representadas por los datos diarios de radiación solar, temperatura máxima, mínima y precipitación se encuentran en los Cuadros 1A, correspondientes a La Montaña de mayo a octubre 1987, 2A Estación Experimental Fabio Baudrit de mayo a octubre 1988, 3A Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez de mayo a octubre 1988 y 4A Estación Experimental Los Diamantes de agosto 1988 a enero 1989.

Turrialba:

En el Cuadro 8 se presentan los promedios diarios por mes de temperaturas mínima y máxima, precipitación, radiación solar y biotemperatura.

La temperatura mínima promedio diaria para Turrialba fue de 19,35 °C, variando de 19,07 (octubre) a 19,76 °C (mayo), mientras que la temperatura máxima promedio fue de 28,32 °C, variando de 27,73 °C (octubre) a 29,03 °C (junio).

El promedio de precipitación diaria para el período de cultivo fue de 8,34 mm, con un rango de 5,74 (mayo) a 14,36 (octubre).

La radiación promedio fue de 375,7 cal/cm²/día con una variación de 351,2 (agosto) a 410,7 (mayo) y para la biotemperatura promedio en grados día (GD) de 15,83 con una variación de 15,40 (octubre) a 16,23 (mayo).

Alajuela:

Dentro de la Estación Experimental Fabio Baudrit, se encuentra la Estación Meteorológica en donde se registraron las variaciones climáticas ocurridas durante el ciclo del cultivo.

En el Cuadro 2A se presentan los registros diarios de radiación solar, temperatura mínima, máxima y precipitación.

La temperatura mínima promedio diaria mensual fue de 17,59 °C con una variación de 17,55 °C (agosto) a 18,80 °C (mayo) y la temperatura máxima promedio fue de 27,51 °C con una variación de 26,03 °C (setiembre) a 29,01 °C (mayo). La precipitación media diaria fue de 10,5 mm, variando en 4,65 (julio) a 19,38 (setiembre). La radiación promedio en calorías/cm²/día fue de 423,9 con una variación de 396,4 (julio) a 456,5 (junio) y la biotemperatura promedio de 14,73 con variante de 13,83 (setiembre) a 15,91 (mayor), Cuadro 8.

Guanacaste:

Para los datos climáticos de este sitio, se trabajó con la Estación Meteorológica del Ingenio Taboga ubicado a 5 Km en línea recta del ensayo. Se registró una temperatura mínima promedio de 23,26 °C con variaciones de 22,72 °C (agosto) a 24,78 °C (mayo), una temperatura máxima promedio mensual de 31,63 °C con fluctuaciones desde 30,54 °C (setiembre), hasta 33,08 (mayo) para la precipitación se registró un promedio diario por mes de 12,03 mm con una variación de 4,96 (julio) a 17,60 (setiembre) de igual manera el promedio de radiación solar fue de 427,5 calorías/cm²/día, con 406,9 (setiembre) y 568,1 (octubre) para una

biotemperatura promedio de 19,44 °C con variación en 18,67 (setiembre) a 20,93 (mayo), Cuadro 8.

Guapiles:

Los datos tabulados en la Estación Los Diamantes fueron los siguientes: temperatura mínima promedio para los meses de ensayo 20,60 °C con rango de 19,58 (diciembre) y 21,08 (setiembre), temperatura máxima promedio 27,38 °C (agosto), con rango de 25,2 a 29,1 °C, la precipitación promedio diario 12,74 mm variando de 9,05 (setiembre) a 16,06 (diciembre), radiación solar cal/cm²/día promedio 329,3 con variación de 288,8 (diciembre) a 368,4 (agosto) y con un promedio diario mensual de 15,99 GD, con una mínima y una máxima en biotemperatura de 14,96 (diciembre) y 16,88 (agosto), Cuadro 8.

En las Figuras 4 a 7 se presentan las variaciones de la temperatura máxima y mínima de los experimentos de calibración y validación, en donde se observa que la temperatura mínima 17,55 °C se presenta en Alajuela en agosto y la temperatura máxima 33,09 °C en el mes de mayo para Guanacaste. En la Figura 8 observamos la temperatura media de los sitios de ensayo. La precipitación diaria mínima y máxima (Figura 9) se presenta en Alajuela en el mes de julio con 4,65 y setiembre con 19,38 mm respectivamente. La radiación mínima 288,8 cal/cm²/día se presentó en Guápiles en el mes de diciembre y la máxima 568,1 se presentó en octubre (Figura 10). La biotemperatura acumulada diaria por mes se dio como mínima en Alajuela 13,83 en el mes de setiembre y la máxima en el mes de mayo en Guanacaste con 20,93 grados-día (G.D.) (Figura 11) para un acumulado desde la siembra hasta la madurez fisiológica de 1859 G.D. en Guapiles, 2632 G.D. en Guanacaste, 2173 G.D. en Alajuela y 2045 G.D. en Turrialba.

Cuadro 8. Promedio de temperatura mínima y máxima, precipitación, radiación solar y biotemperatura de los cuatro sitios en estudio, por mes para el periodo vegetativo estudiado (mayo a diciembre).

MES	TEMPERATURA (°C)			LLUVIA (mm)	RADIACION (cal/cm ² /día)	G.D.
	MINIMA	MAXIMA	MEDIA			
Turrialba						
5	19,76	28,69	24,23	5,74	401,67	16,23
6	19,34	29,03	29,19	6,55	390,93	16,19
7	19,62	28,01	23,82	7,45	353,16	15,82
8	19,13	27,98	23,55	9,48	351,22	15,55
9	19,13	28,45	23,79	6,42	393,93	15,79
10	19,07	27,73	23,40	14,36	354,54	15,40
Promedio	19,35	28,32	23,83	8,34	375,75	15,83
Alajuela						
5	18,80	29,01	23,91	10,74	434,35	15,91
6	18,03	28,13	23,08	7,97	356,47	15,08
7	17,73	27,61	22,67	4,65	396,39	14,67
8	17,55	26,75	22,15	9,80	422,02	14,15
9	17,63	26,03	21,83	19,38	410,24	13,85
Promedio	17,59	27,51	22,73	10,51	423,90	14,73
Guanacaste						
5	24,78	33,08	28,93	9,96	466,62	20,93
6	23,05	31,83	27,44	15,53	410,29	19,44
7	22,96	31,35	27,16	4,96	428,82	19,16
8	22,72	31,30	27,01	11,89	424,91	19,01
9	22,80	30,54	26,67	17,60	406,90	18,67
10	21,50	32,50	27,00	12,26	568,11	18,00
Promedio	23,26	31,63	27,44	12,03	427,51	19,44
Guápiles						
8	20,69	29,08	24,88	14,89	368,42	16,88
9	21,08	25,21	23,14	9,05	351,86	15,14
10	21,00	28,27	24,63	13,68	328,68	16,63
11	20,63	27,98	24,30	10,02	308,90	16,30
12	19,58	26,35	22,96	16,06	288,75	14,96
Promedio	20,60	27,38	23,99	12,74	329,33	15,99

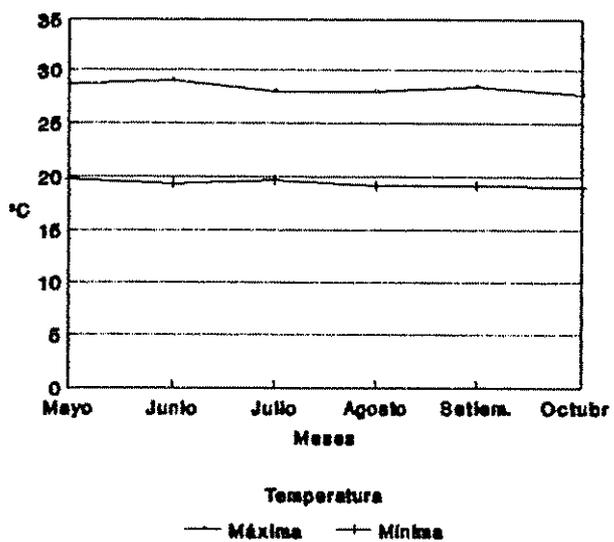


Figura 4. Promedio mensual de temperatura en Turrialba.

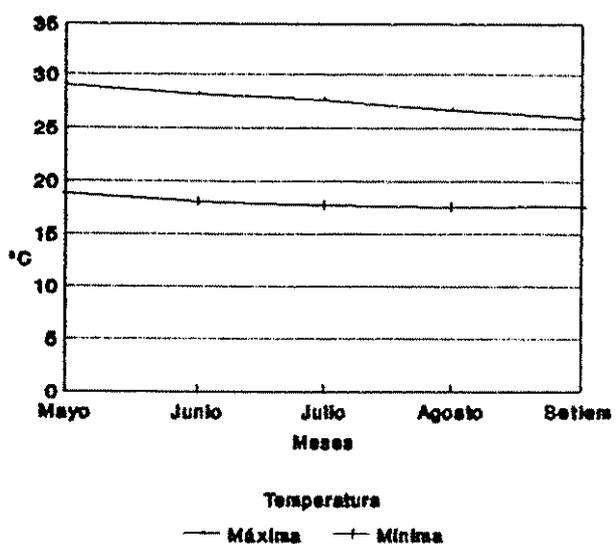


Figura 5. Promedio mensual de temperatura en Alajuela.

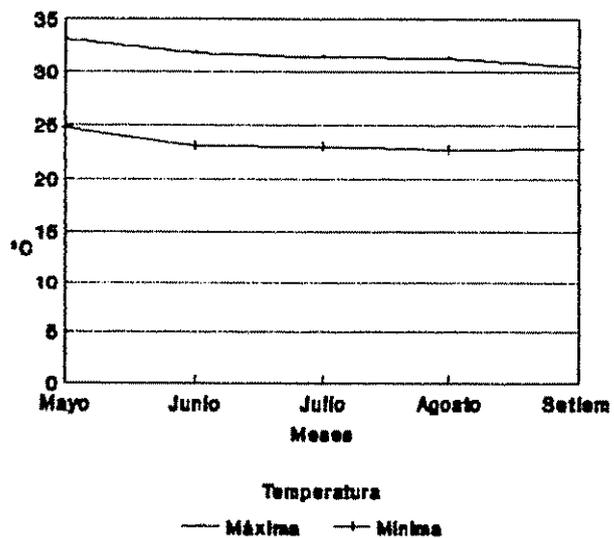


Figura 6. Promedio mensual de temperatura en Guanacaste.

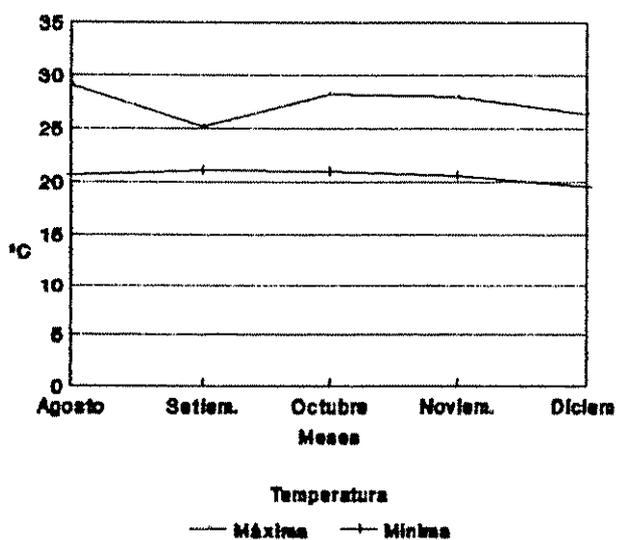


Figura 7. Promedio mensual de temperatura en Guápiles.

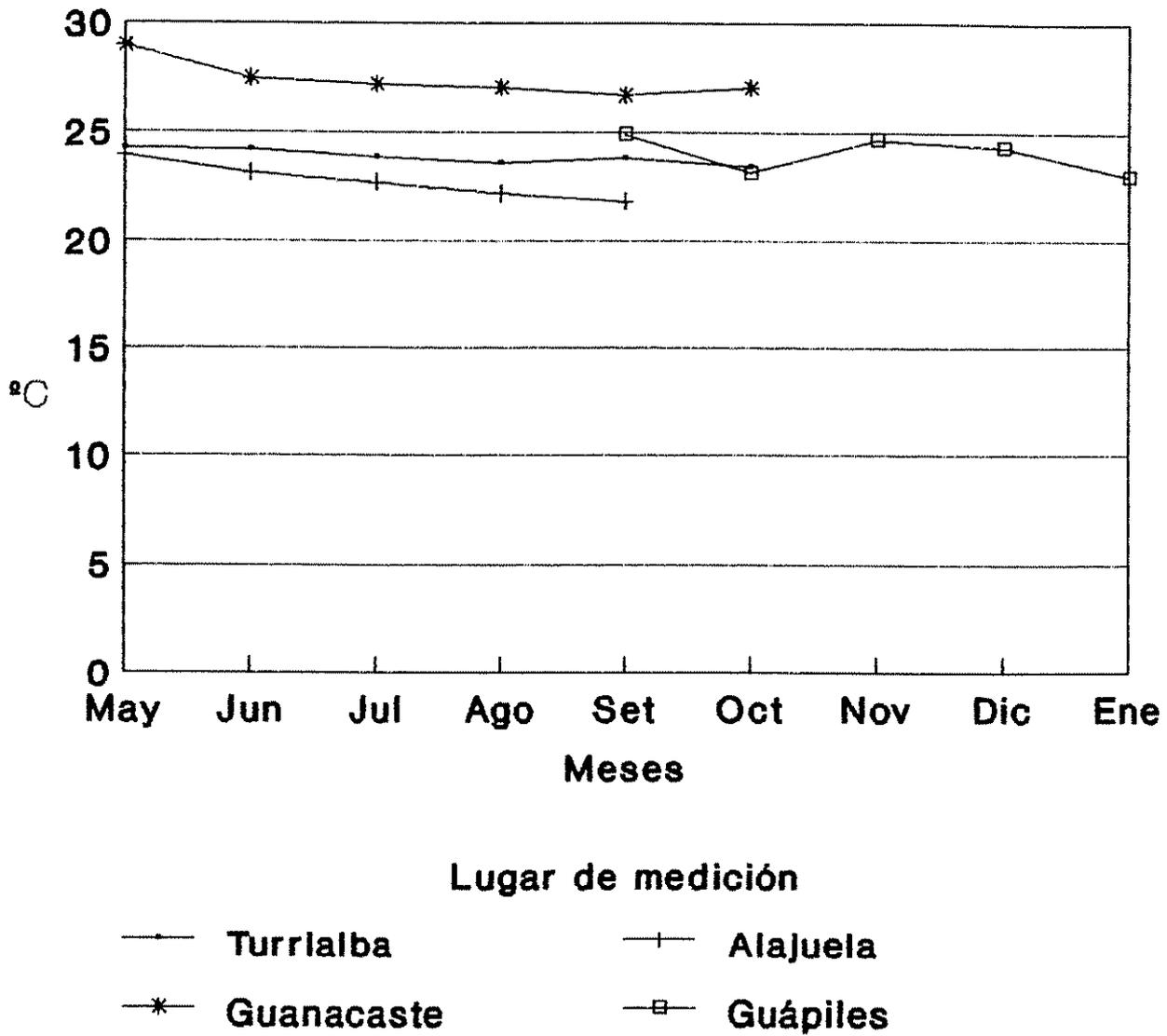


Figura 8. Temperatura media por sitio.

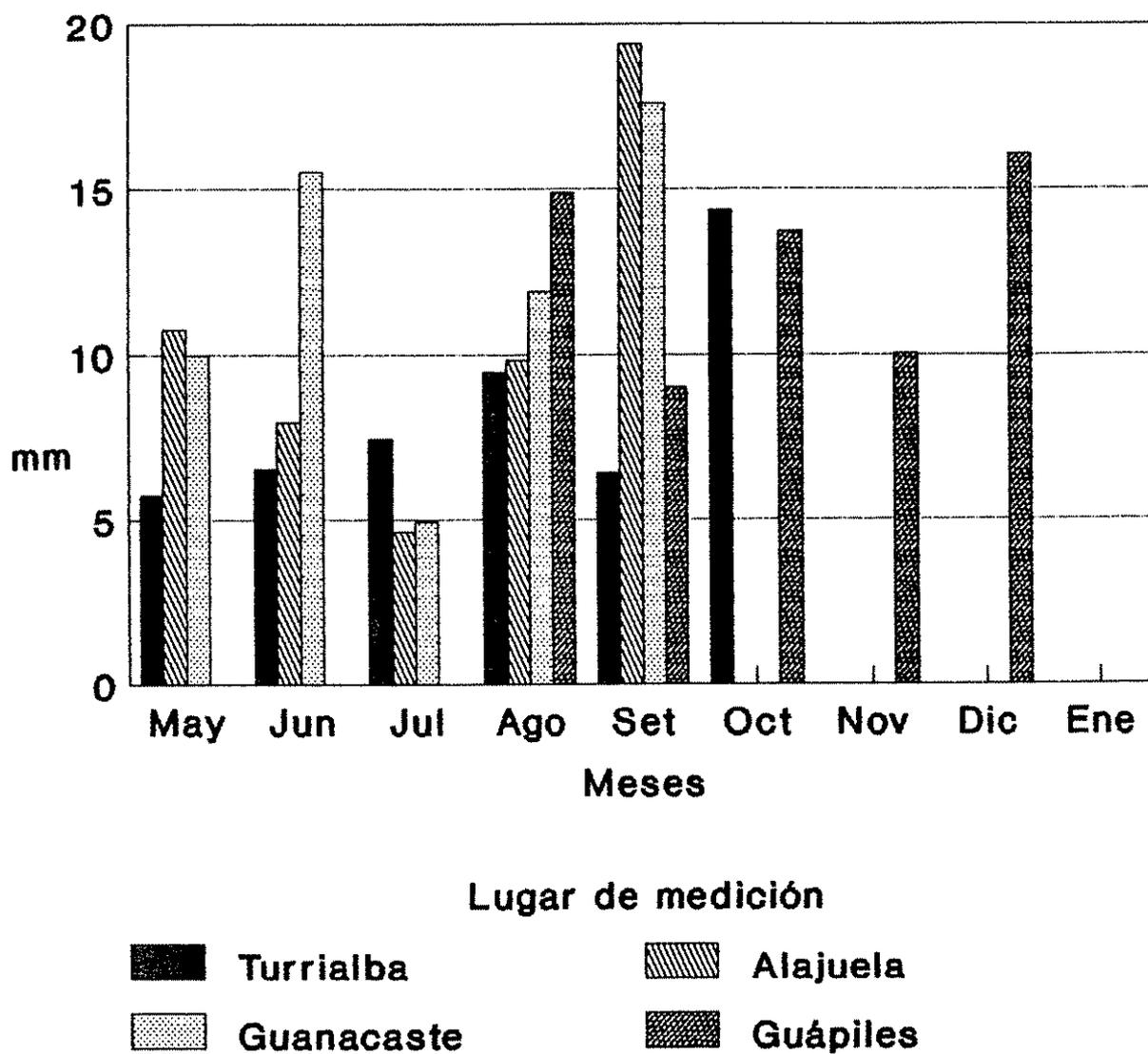


Figura 9. Precipitación media por sitio.

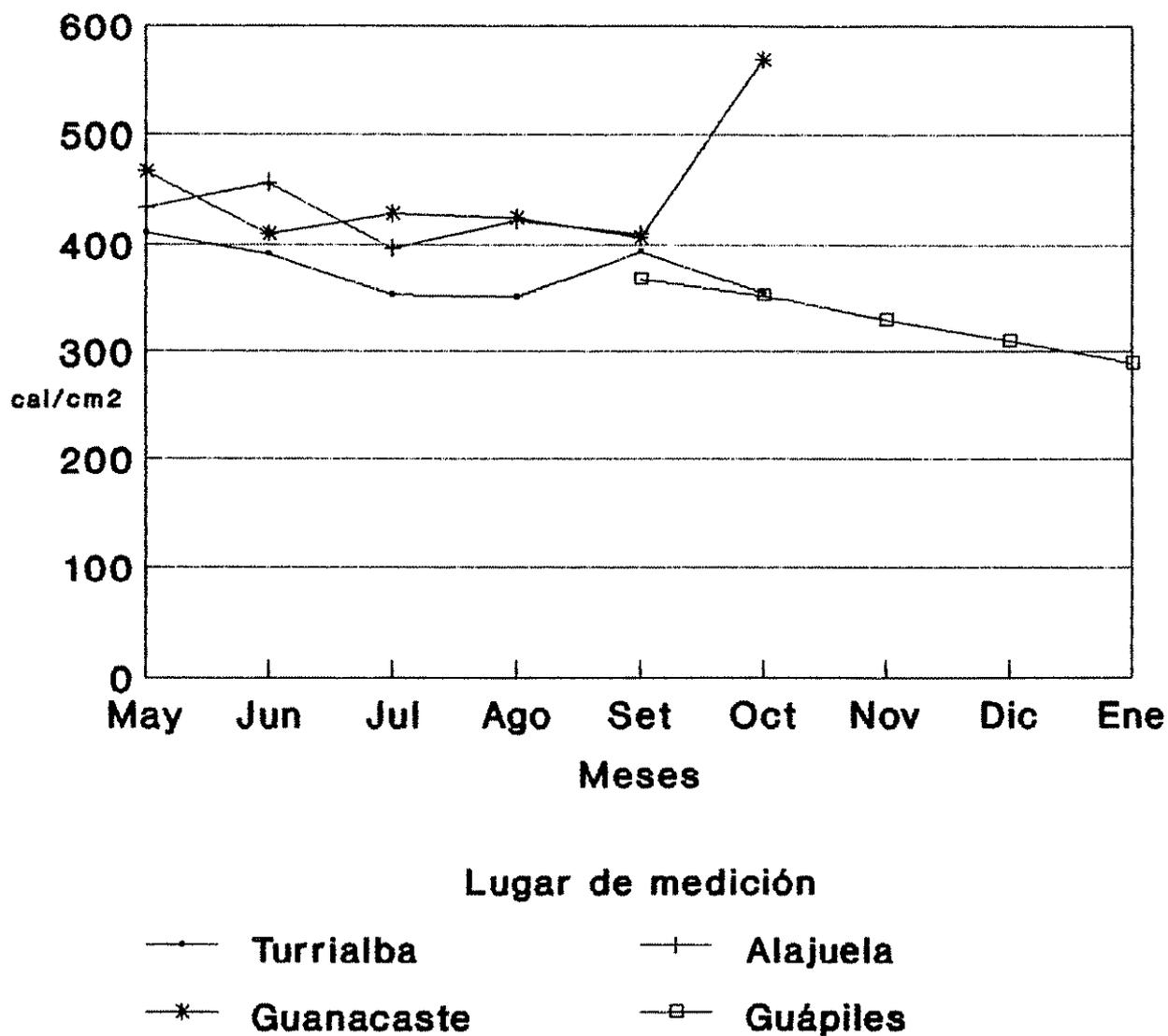


Figura 10. Radiación solar media por sitio.

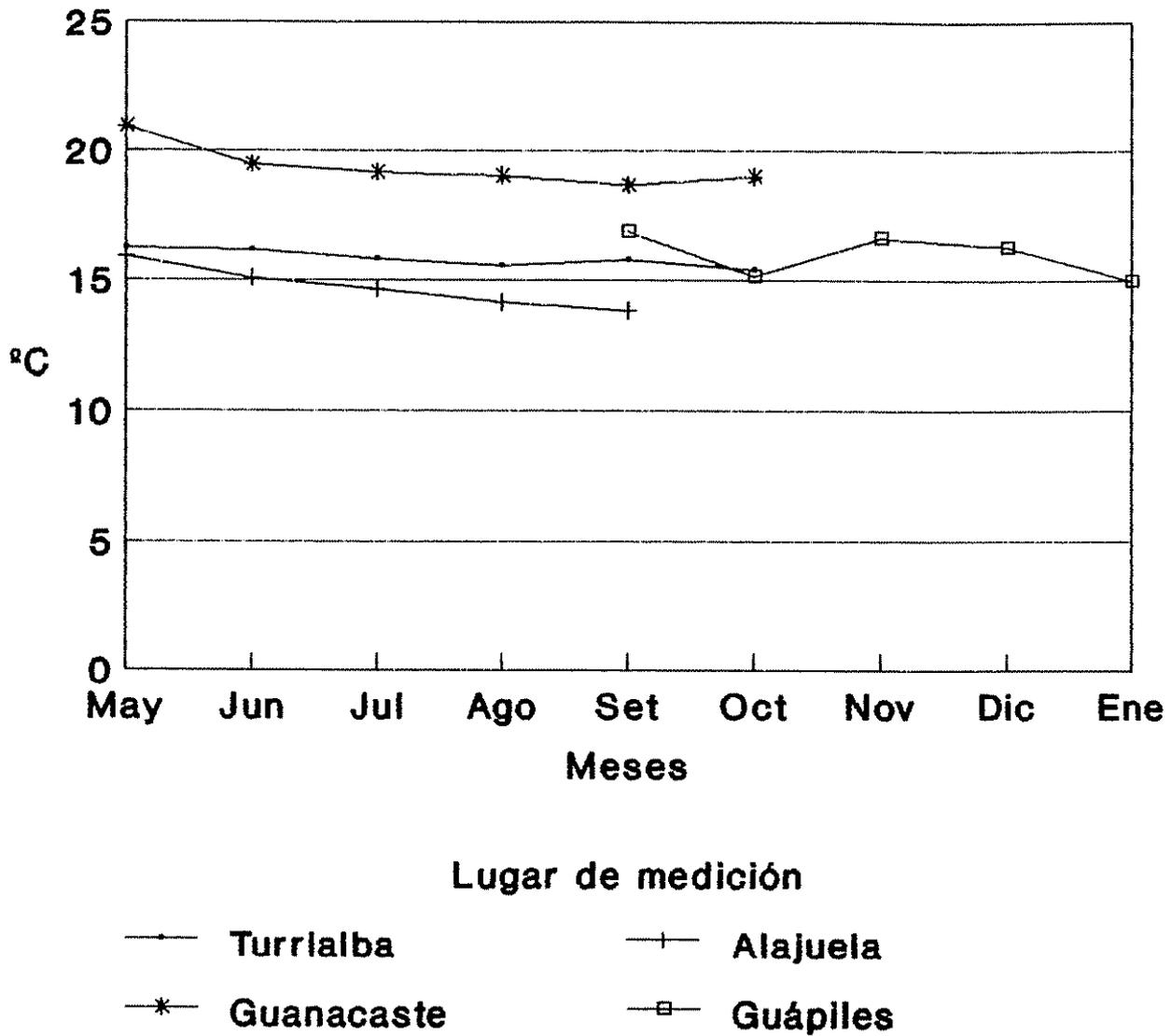


Figura 11. Blotemperatura media por sitio.

4.1.1.2 Suelo

Propiedades químicas

En el cuadro 5A, se observan las propiedades químicas del perfil de suelo para la calibración en Turrialba.

- **Reacción del suelo:** Se observa un aumento en el valor del pH conforme se desciende en profundidad, tanto para el pH medido en H₂O como en KCl (Figura 12). Los valores fluctuaron entre 5,22 y 6,00 en H₂O y 4,07 a 4,60 en KCl.

- **Contenido de amonio y nitrato:** Al igual que el comportamiento de la materia orgánica, el NH₄ y el NO₃ presenta una tendencia de disminución con la profundidad (Figura 13).

- **Contenido de elementos mayores:** En la Figura 14, 15 y 16 se nota el comportamiento del nitrógeno, fósforo y potasio, siendo el contenido de nitrógeno mayor en los niveles superiores disminuyendo con la profundidad. El fósforo presenta una tendencia normal de movilidad en el perfil acumulándose en la capa superior, la presencia de valores altos en las dos capas más profundas (75-95,95-115) podría deberse a contribuciones de material parental. El comportamiento del potasio se podría esperar que sea producto del manejo en el campo experimental, de algunos aportes de la M.O. y la minerología del suelo.

- **Materia orgánica:** En la Figura 17 se muestra el contenido de materia orgánica. Su tendencia es a disminuir con la profundidad del suelo con un punto máximo de 5,04 y mínimo de 0,66 %.

Propiedades físicas

En el cuadro 6A se muestran las características físicas del perfil de suelo estudiado en Turrialba.

- **Textura:** Para los niveles superiores, 0-45 cm, el suelo es franco-arcilloso y en aumento de la profundidad se torna franco-arenoso.

- **Capacidad de campo:** Se observa un pequeño incremento con la profundidad para los dos métodos empleados tanto a 33 KPa (laboratorio) como drenaje (campo) por 48 horas (Figura 18).

- **Punto de marchitez permanente:** La tendencia es a incrementar con la profundidad desde 28 KPa en la capa de 0-15 cm de hasta 39 KPa en la capa 95-115.

- **Densidad aparente:** La densidad aparente presenta una pequeña variación en aumento conforme la profundidad se incrementa con un mínimo de 1,02 Ton/m³ a un máximo de 1,14 Ton/m³ típico para estos suelos.

- **Agua a saturación:** En la Figura 19 se observan las variaciones del contenido de agua a saturación, fluctuando de 0,55 a 0,73 cm/cm.

Las propiedades químicas y físicas de los sitios validados se observan en los cuadros 7A a 12A.

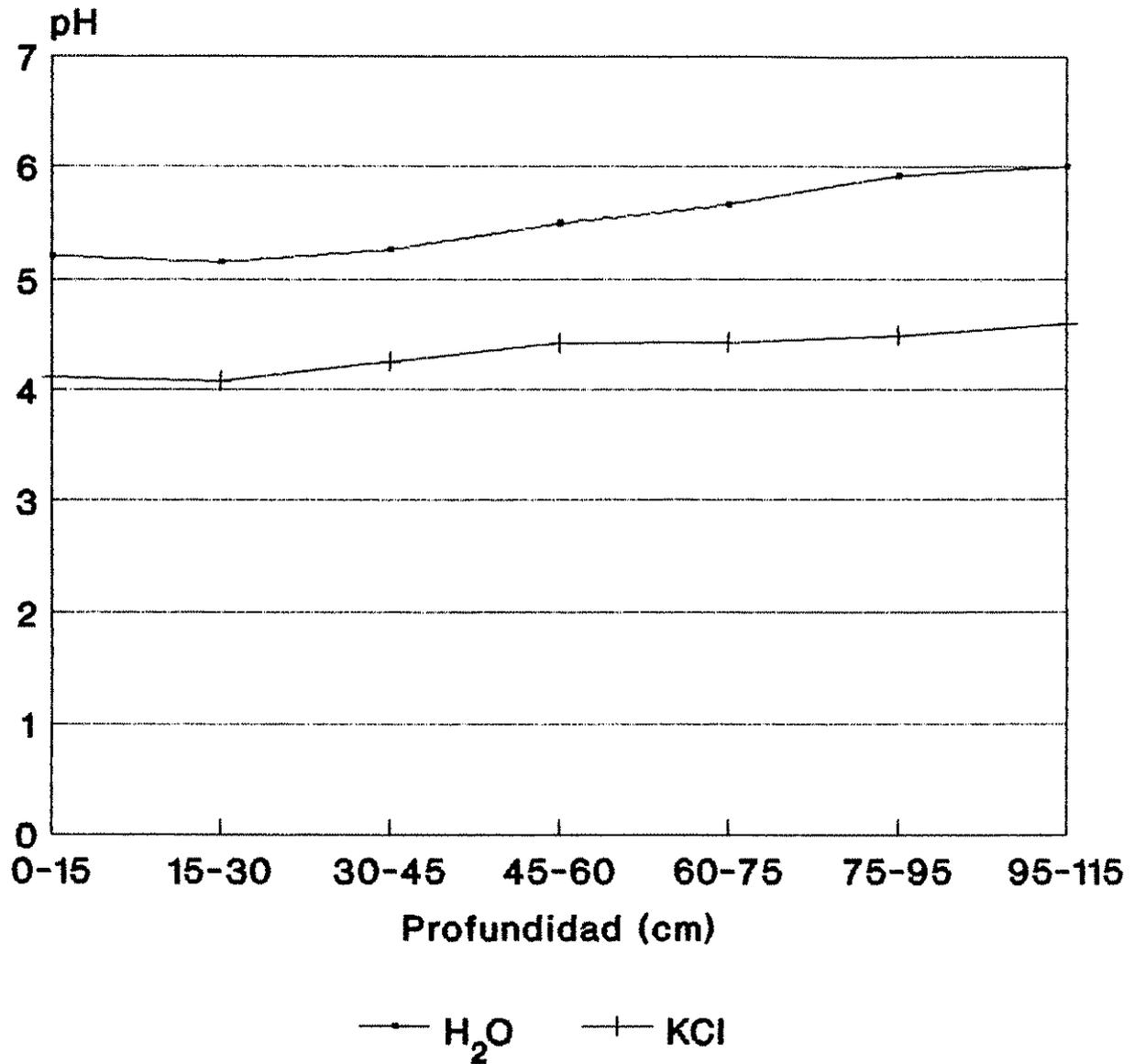


Figura 12. pH del suelo determinado en H₂O y KCl para Turrialba.

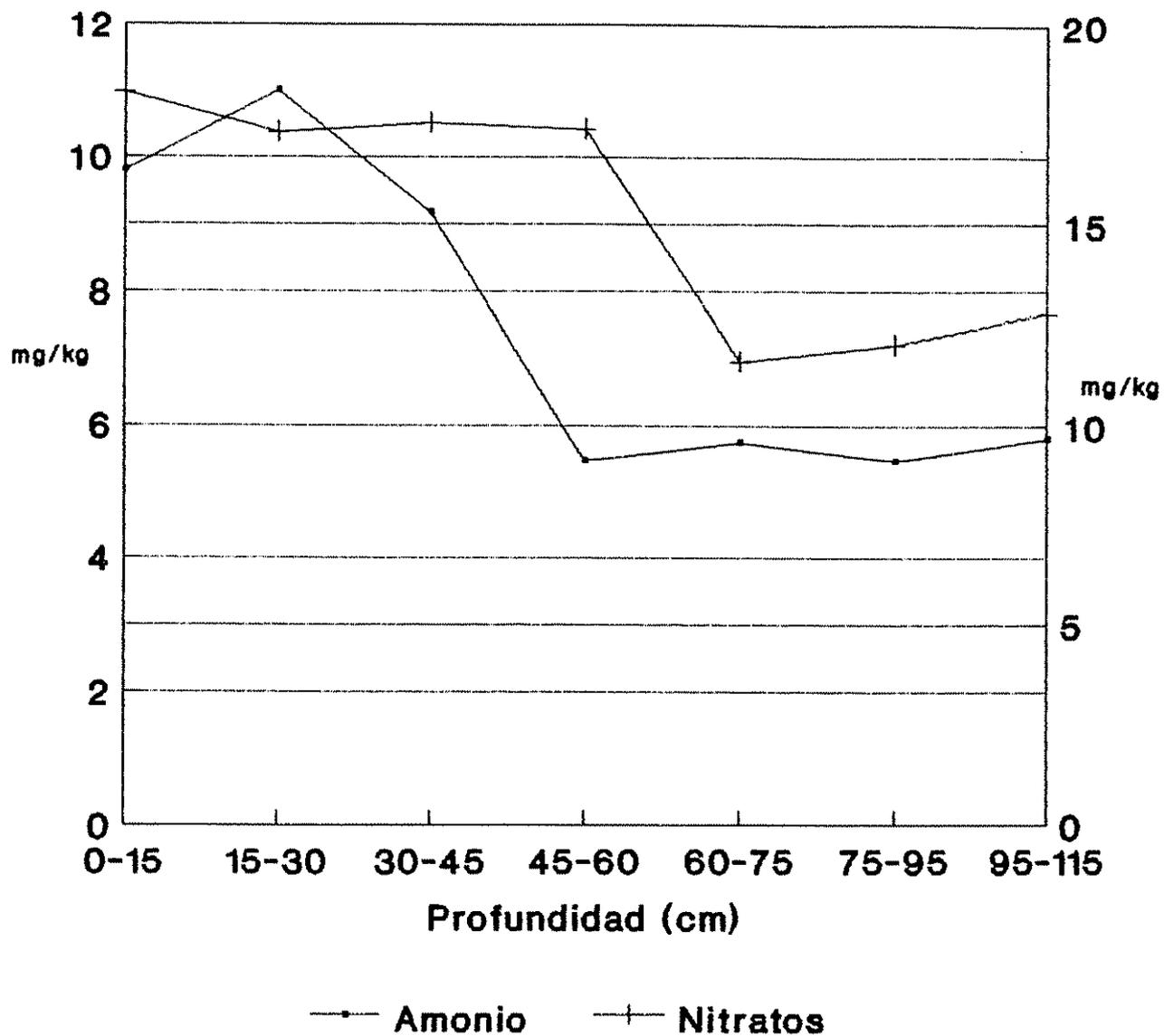


Figura 13. Contenido de amonio (NH₄) y nitratos (NH₃) en el suelo de Turrialba.

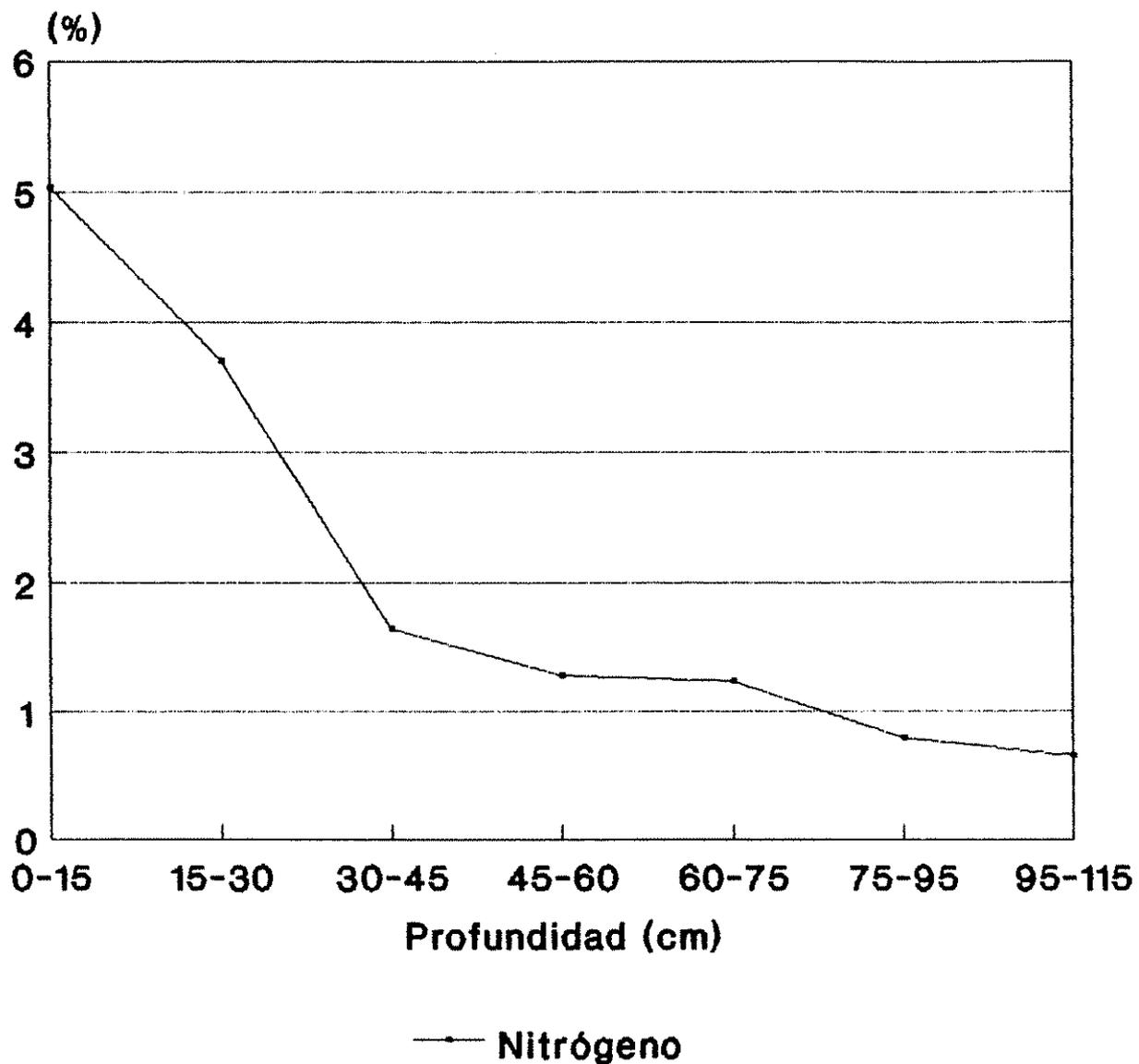


Figura 14. Contenido de nitrógeno total en perfil de suelo de Turrialba.

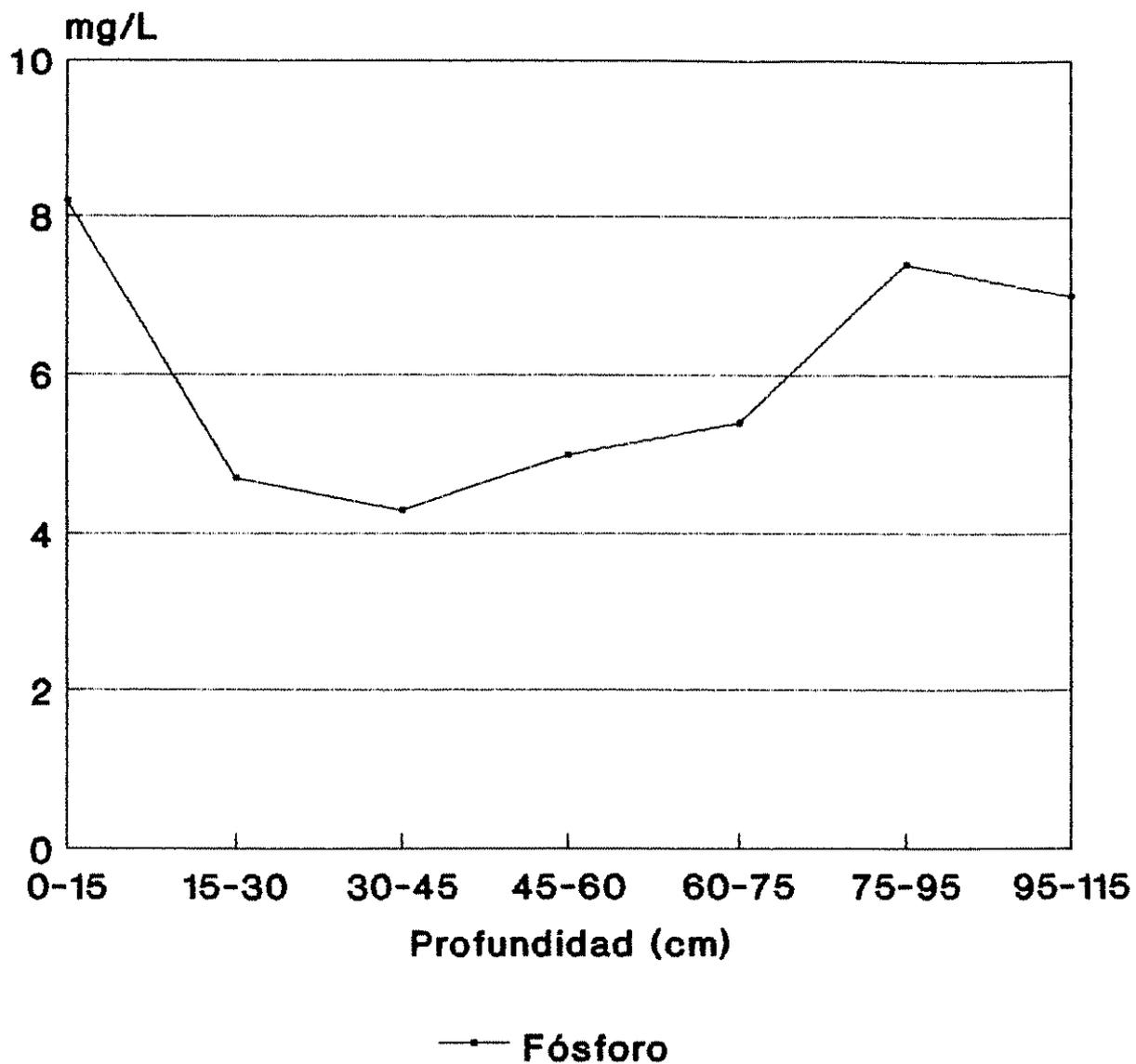


Figura 15. Contenido de fósforo por nivel estudiado en el suelo de Turrialba.

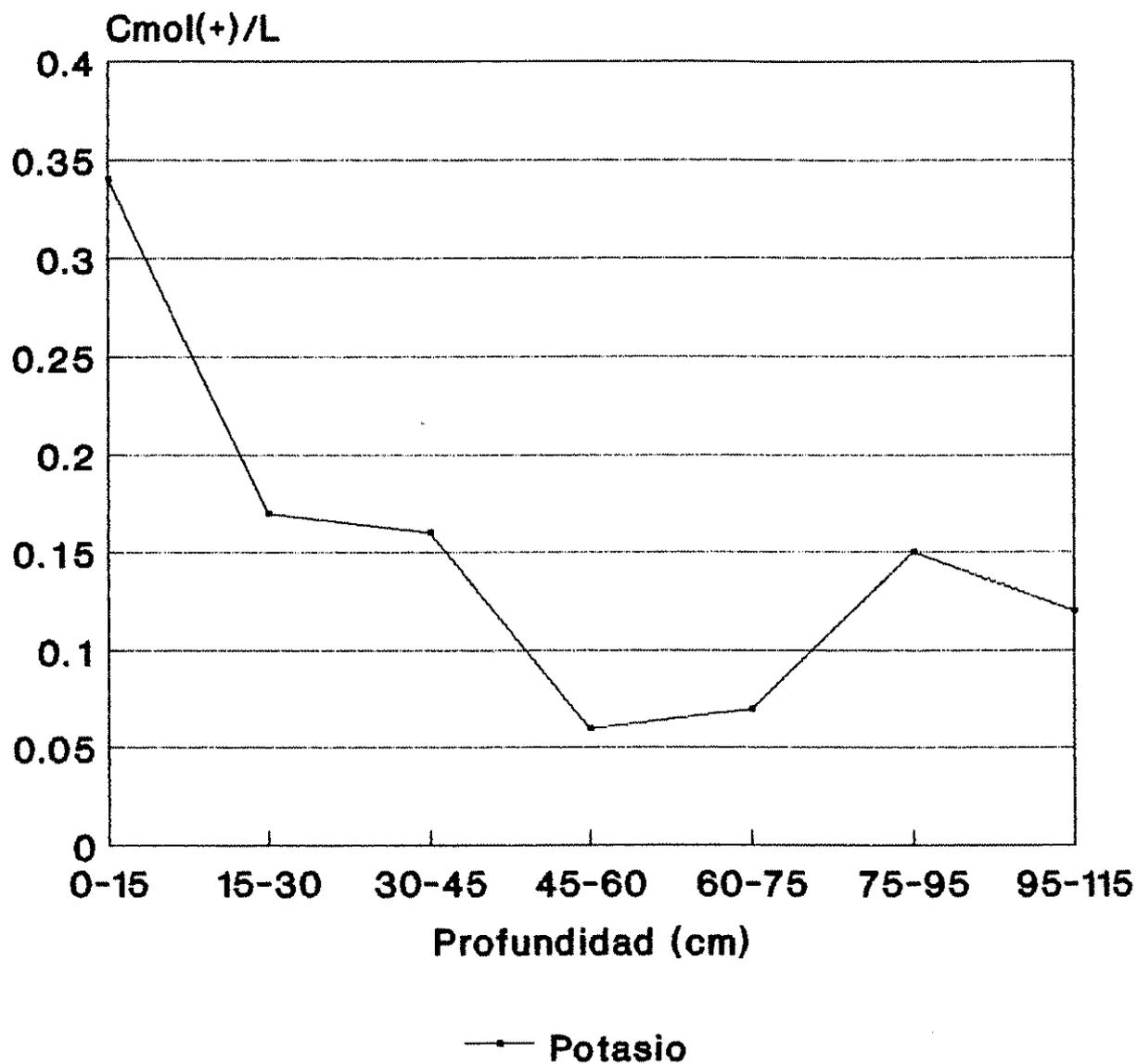


Figura 16. Contenido de potasio por nivel estudiado en suelo de Turrialba.

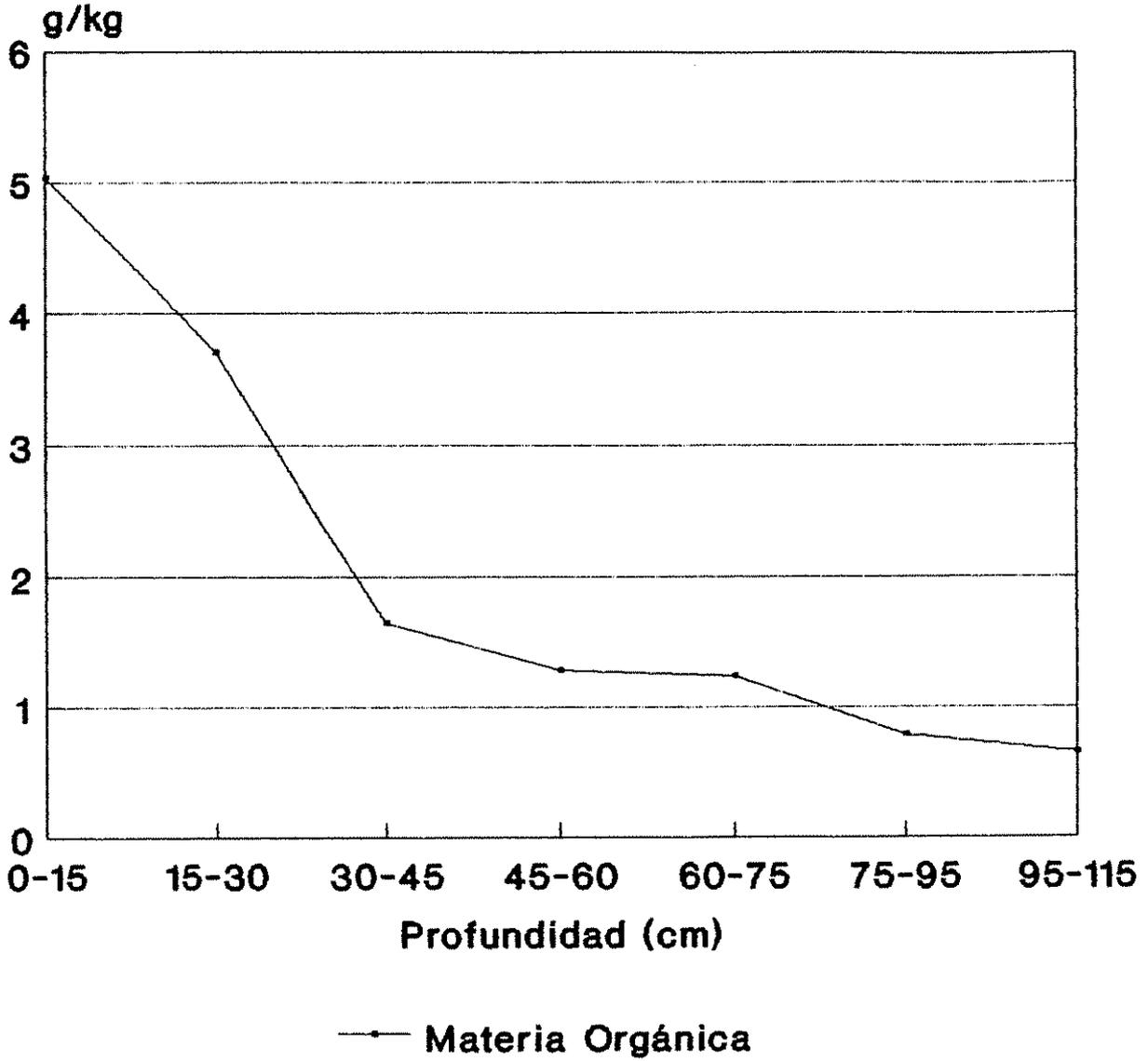


Figura 17. Contenido de M.O. en el perfil del suelo de Turrialba.

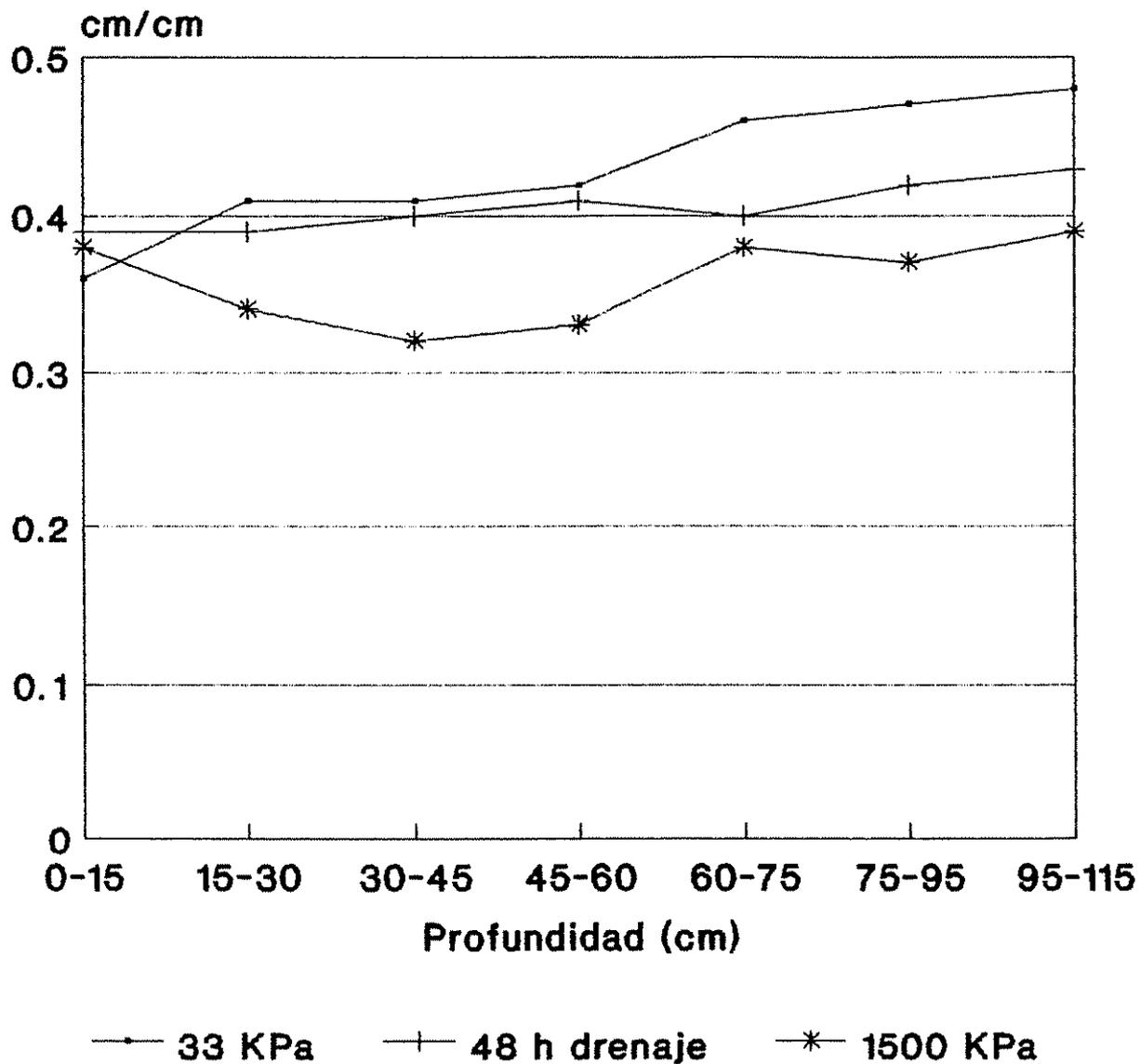


Figura 18. Capacidad de campo y punto de marchitez permanente en Turrialba.

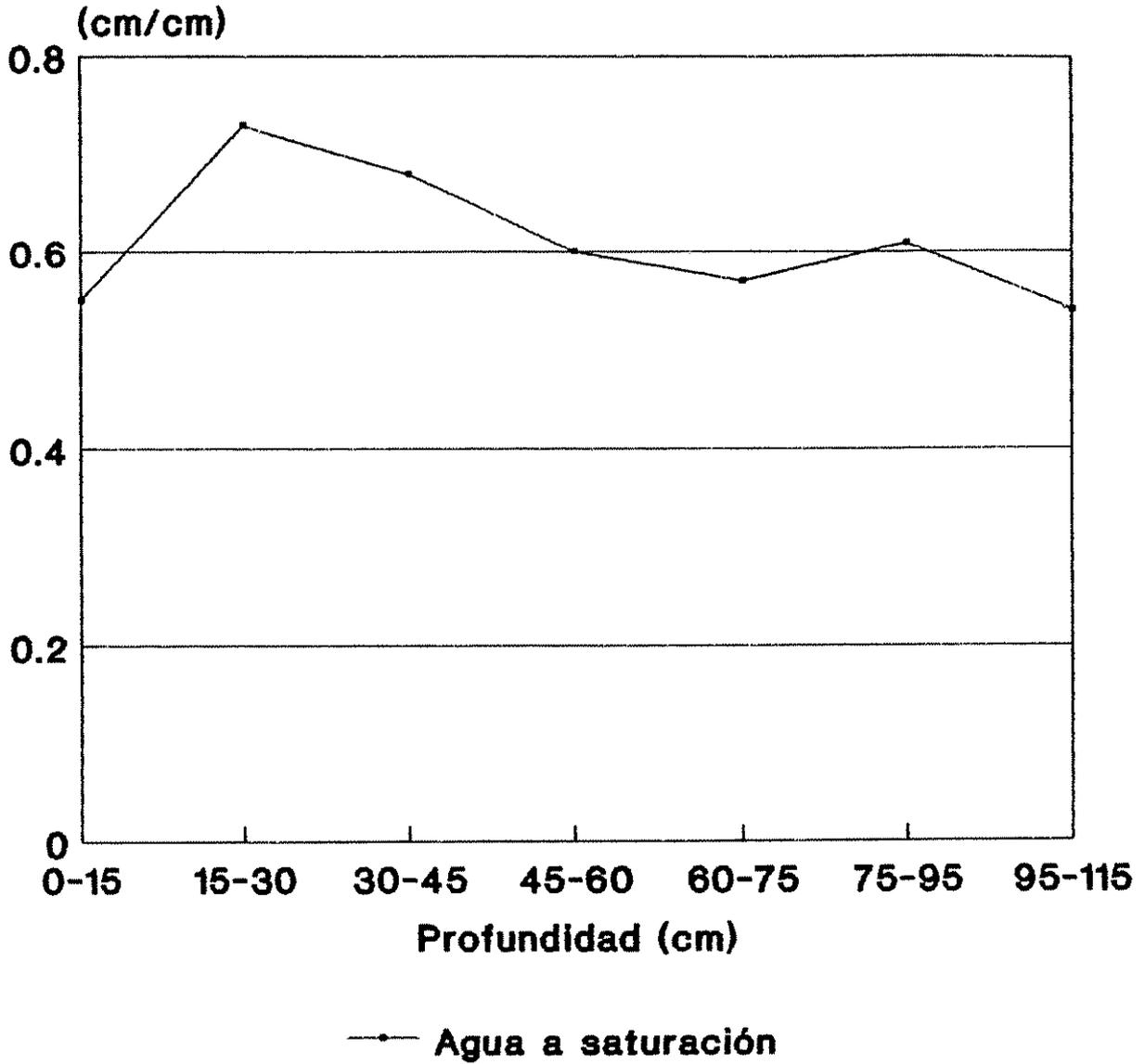


Figura 19. Contenido de agua a saturación del suelo de Turrialba.

4.1.2 Componente Biológico

4.1.2.1 Experimento de Calibración (Turrialba)

4.1.2.1.1 Análisis de Varianza

Rendimiento

El análisis del rendimiento se realiza sobre las siguientes variables: rendimiento en grano seco (15%), biomasa total y área foliar. Para identificar las diferencias entre tratamientos, resumidos en el rendimiento, se realizó el análisis de varianza para rendimiento en grano seco para cada variedad utilizada. En los Cuadros 9 y 10 se observan estos resultados en donde se denota las diferencias debidas a la densidad de siembra.

Cuadro 9. Análisis de varianza del rendimiento observado (kg/ha) de maíz en conjunto. Turrialba.

Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Pr>F
Fertilización	1	639600,44	639600,44	0,93	0,3408
Densidad	2	42492789,54	21246394,77	30,75	0,0001
Fert*Densidad	2	647732,08	323866,04	0,47	0,6287
Error	48	33169945,27	691040,52		
Total	53	76950067,34			

Cuadro 10. Efecto de la fertilización y la densidad de siembra sobre el rendimiento observado (kg/ha) de maíz en conjunto. Turrialba.

Factor	Nivel	Promedio	Significancia
Fertilización	50	3404,8	A
	150	3622,4	A
Densidad	20000	2330,7	C
	40000	3743,1	B
	60000	4467,0	A

En las Figuras 20, 21 y 22 se observa el efecto de la fertilización para cada variedad estudiada y su tendencia por densidad de siembra.

Se puede ver que la tendencia de la curva se mantiene en las variedades Tico-V9 y Diamantes-8043 no así en la variedad Guararé-8128.

En la etapa de Validación del modelo, se registraron los rendimientos observados y simulados para las tres zonas (Alajuela, Guanacaste y Guápiles) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación de los rendimientos de maíz observados y simulados con validación en tres sitios de Costa Rica.

VARIEDAD	ALAJUELA		GUANACASTE		GUAPILES	
	SIM.	OBS.	SIM.	OBS.	SIM.	OBS.
TICO-V9	2795	2397	2402	2876	2560	2737
DIAMANTES	2903	3217	2516	3795	2669	3159
GUARARE	3636	2350	3125	2716	3482	1940

Se puede ver para los tres sitios que los valores simulados para la variedad Guararé-8128 son mayores que los observados, no así para las otras variedades.

Para poder visualizar aun más los datos de rendimiento en la validación (Figura 23), se trazó la línea de mejor ajuste para los 18 pares ordenados que conforman los rendimientos observados y simulados.

Nutrientos

En el Cuadro 12 se muestra el porcentaje de nutrientes absorbidos por la planta de maíz del suelo. Para tal efecto se compara en diferentes muestras el contenido del elemento por densidad de siembra y variedad de maíz.

En las Figuras de la 24 a la 28 se observa el efecto que tiene la fertilización y la densidad de siembra sobre la absorción de elementos nutritivos a los 19 días después de la siembra, período en el cual se realizó el primer análisis químico de la parte aérea, que coincide con la diferenciación floral masculina.

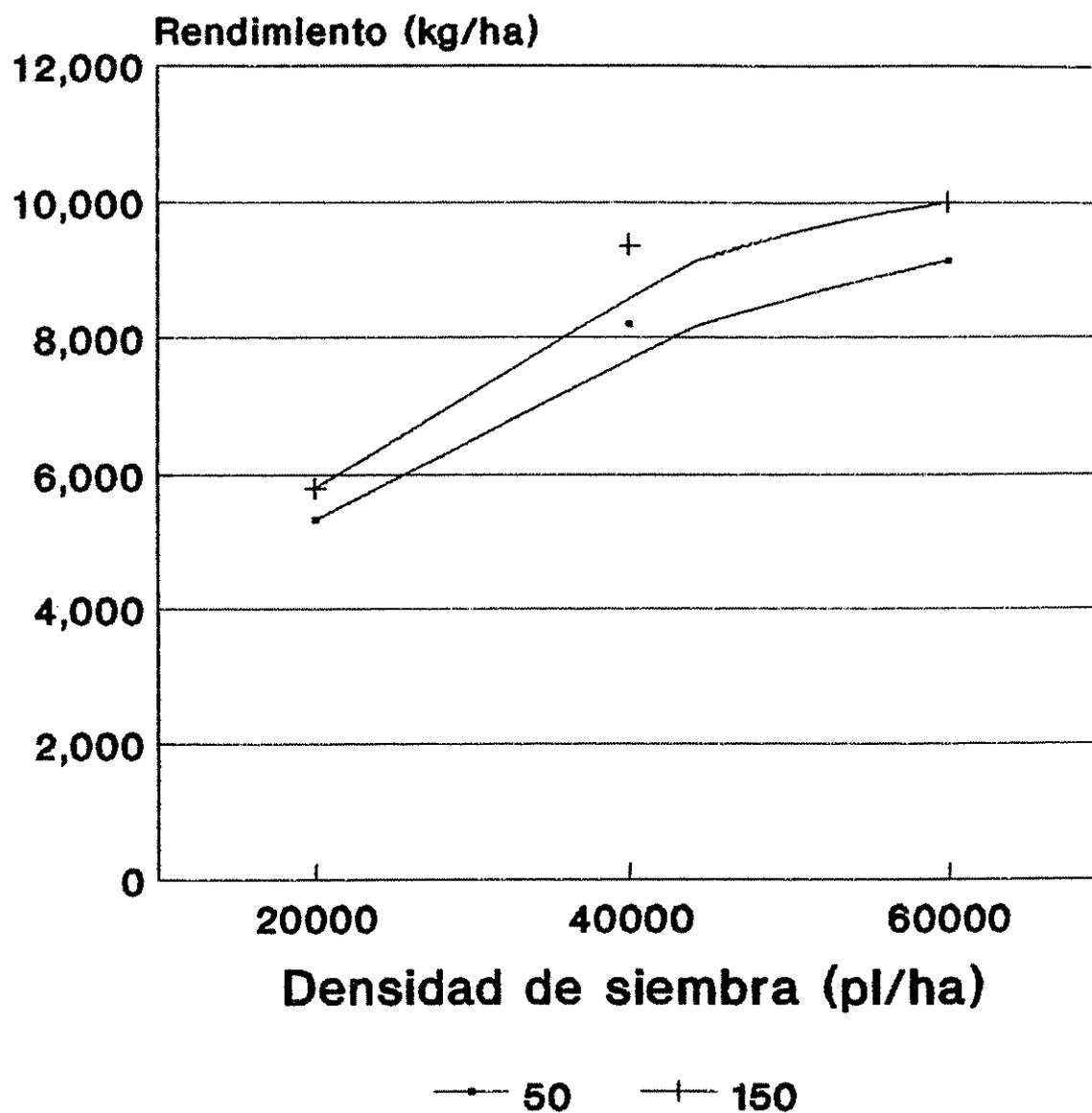


Figura 20. Efecto de la fertilización (kg de N/ha) y la densidad en el rendimiento de maíz con la variedad TICO-V9.

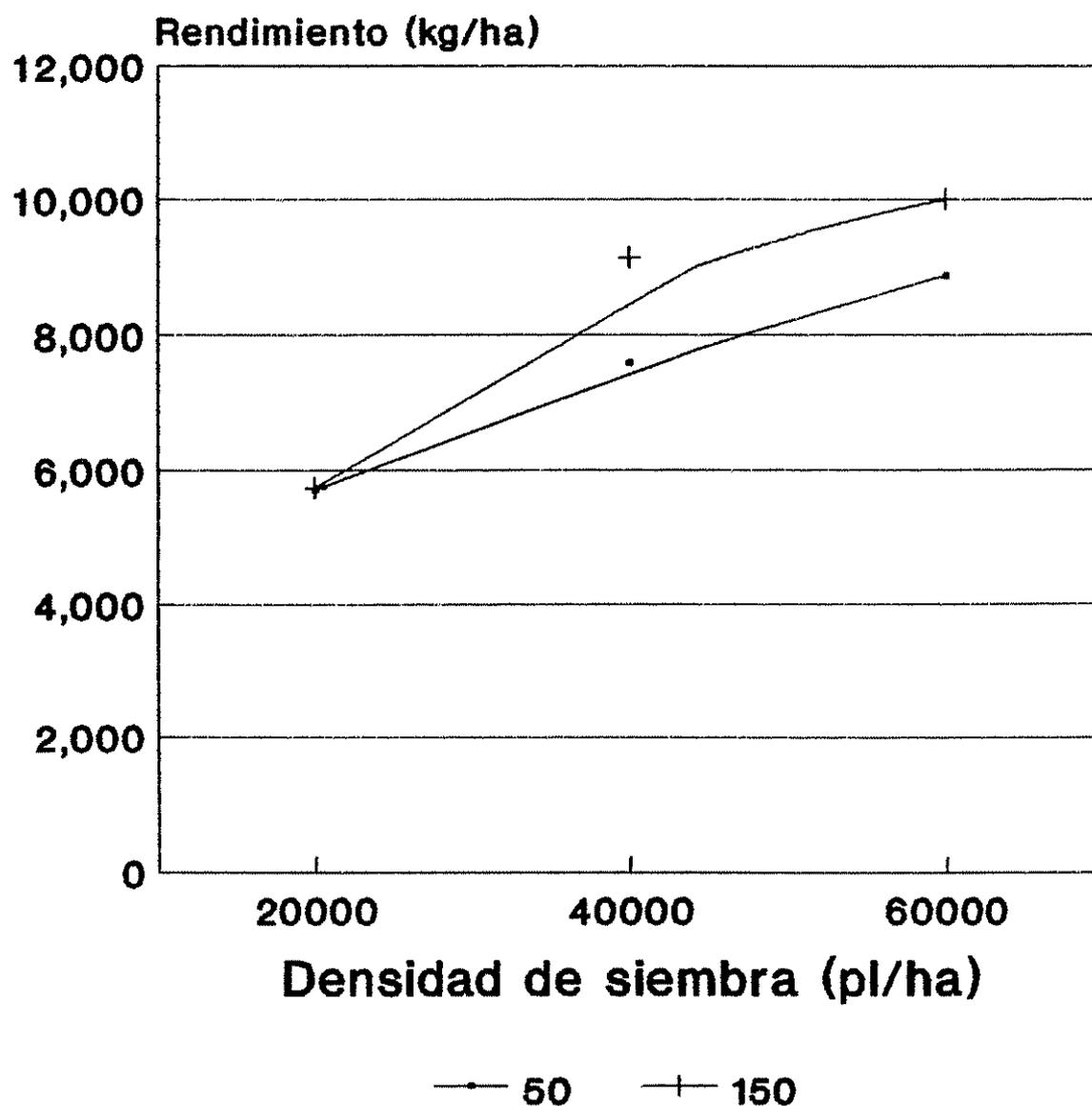


Figura 21. Efecto de la fertilización (kg de N/ha) y la densidad en el rendimiento de maíz variedad DIAMANTES-8043.

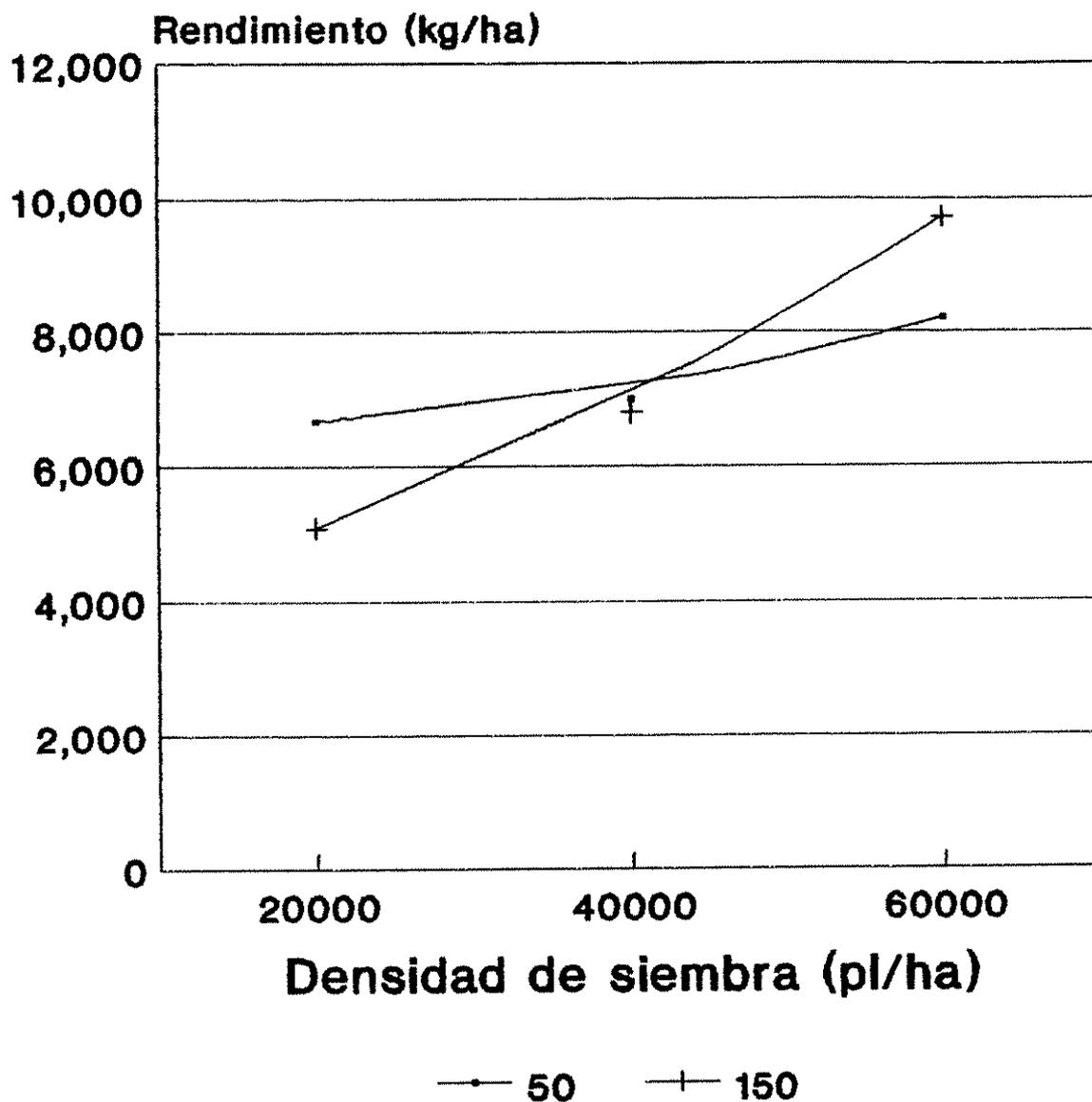


Figura 22. Efecto de la fertilización (kg de N/ha) y la densidad en el rendimiento de maíz variedad GUARARE-8128.

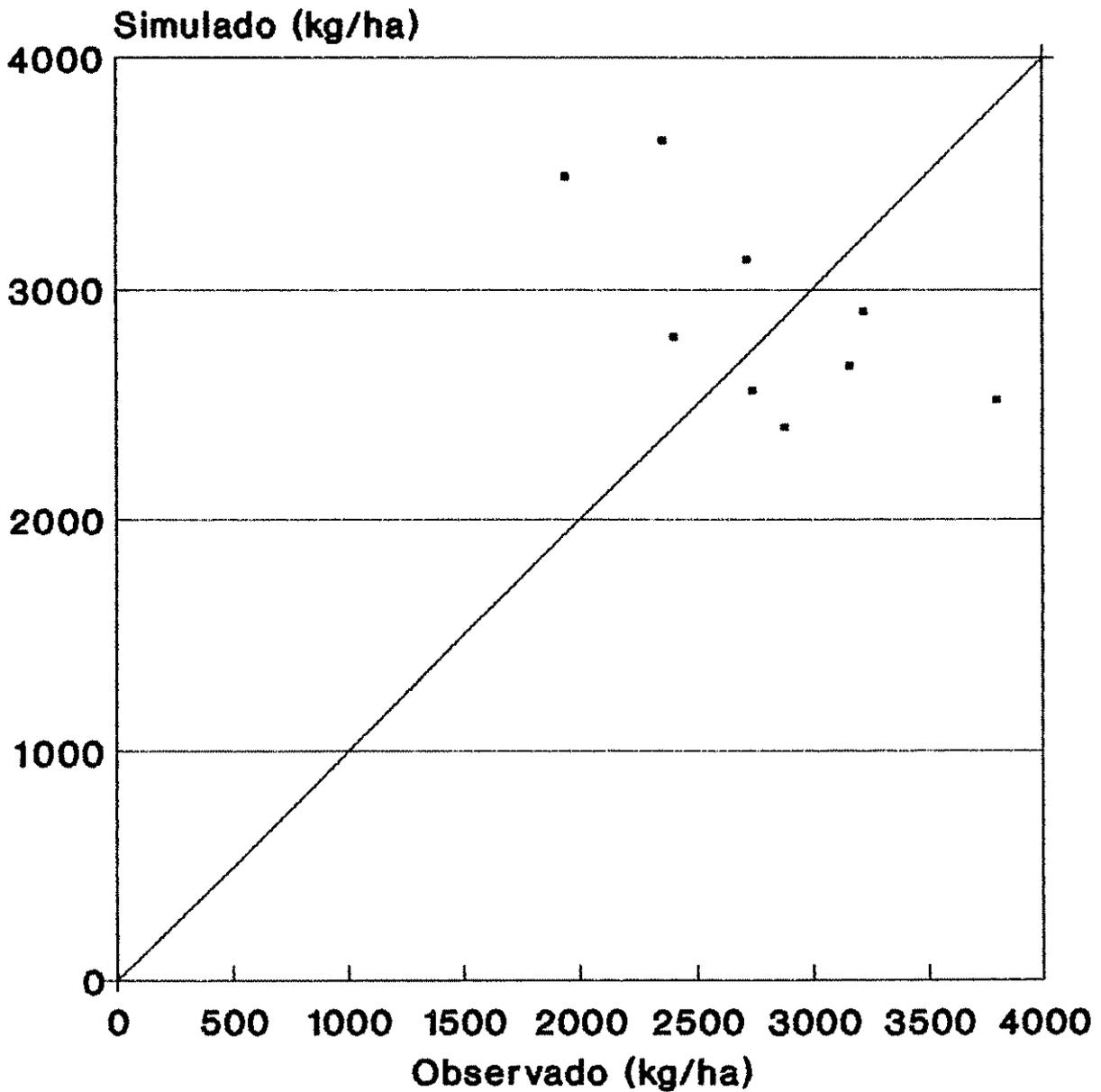


Figura 23. Validación de CERES-MAIZE en tres zonas de Costa Rica, en conjunto.

Cuadro 12. Análisis químico de los componentes de la planta de maíz para cinco fechas de muestreo (promedio de 18 muestras). Turrialba, 1987.

MUESTREO	DDS	VAR	ORGANO	N	P	K	Ca	Mg
1	19	TICO	Planta	3,83	0,404	4,57	0,59	0,244
		DIAM	Planta	4,47	0,464	4,89	0,67	0,320
		GUAR	Planta	4,00	0,337	6,08	0,59	0,247
2	49	TICO	Tallo	1,82	0,194	4,43	0,44	0,275
		DIAM	Tallo	2,14	0,217	5,02	0,46	0,345
		GUAR	Tallo	2,16	0,224	5,84	0,39	0,282
3	49	TICO	Hoja	3,05	0,320	2,99	0,39	0,178
		DIAM	Hoja	3,14	0,462	3,23	0,36	0,095
		GUAR	Hoja	3,34	0,586	3,31	0,35	0,129
4	56	TICO	Tallo	1,38	0,150	2,43	0,25	0,203
		DIAM	Tallo	1,41	0,123	2,54	0,26	0,275
		GUAR	Tallo	1,47	0,161	3,18	0,29	0,130
5	56	TICO	Hoja	2,90	0,296	2,78	0,41	0,147
		DIAM	Hoja	2,87	0,293	2,48	0,38	0,200
		GUAR	Hoja	3,02	0,288	2,25	0,37	0,187
6	69	TICO	Hoja	2,01	0,229	1,31	0,60	0,311
		DIAM	Hoja	1,97	0,245	1,13	0,53	0,231
		GUAR	Hoja	2,02	0,178	1,38	0,62	0,272
7	69	TICO	Tallo	0,77	0,052	1,33	0,17	0,160
		DIAM	Tallo	0,84	0,042	1,06	0,18	0,160
		GUAR	Tallo	0,87	0,047	1,73	0,15	0,144
8	101	TICO	Grano	1,63	0,334	0,40	0,02	0,123
		DIAM	Grano	1,58	0,360	0,41	0,02	0,115
		GUAR	Grano	1,75	0,346	0,34	0,02	0,143
9	101	TICO	Olote	0,44	0,043	0,68	0,01	0,028
		DIAM	Olote	0,45	0,043	0,59	0,01	0,023
		GUAR	Olote	0,47	0,041	0,81	0,01	0,030
10	101	TICO	Bráctea	0,46	0,041	0,57	0,05	0,084
		DIAM	Bráctea	0,42	0,041	0,62	0,04	0,088
		GUAR	Bráctea	0,50	0,047	0,63	0,07	0,087

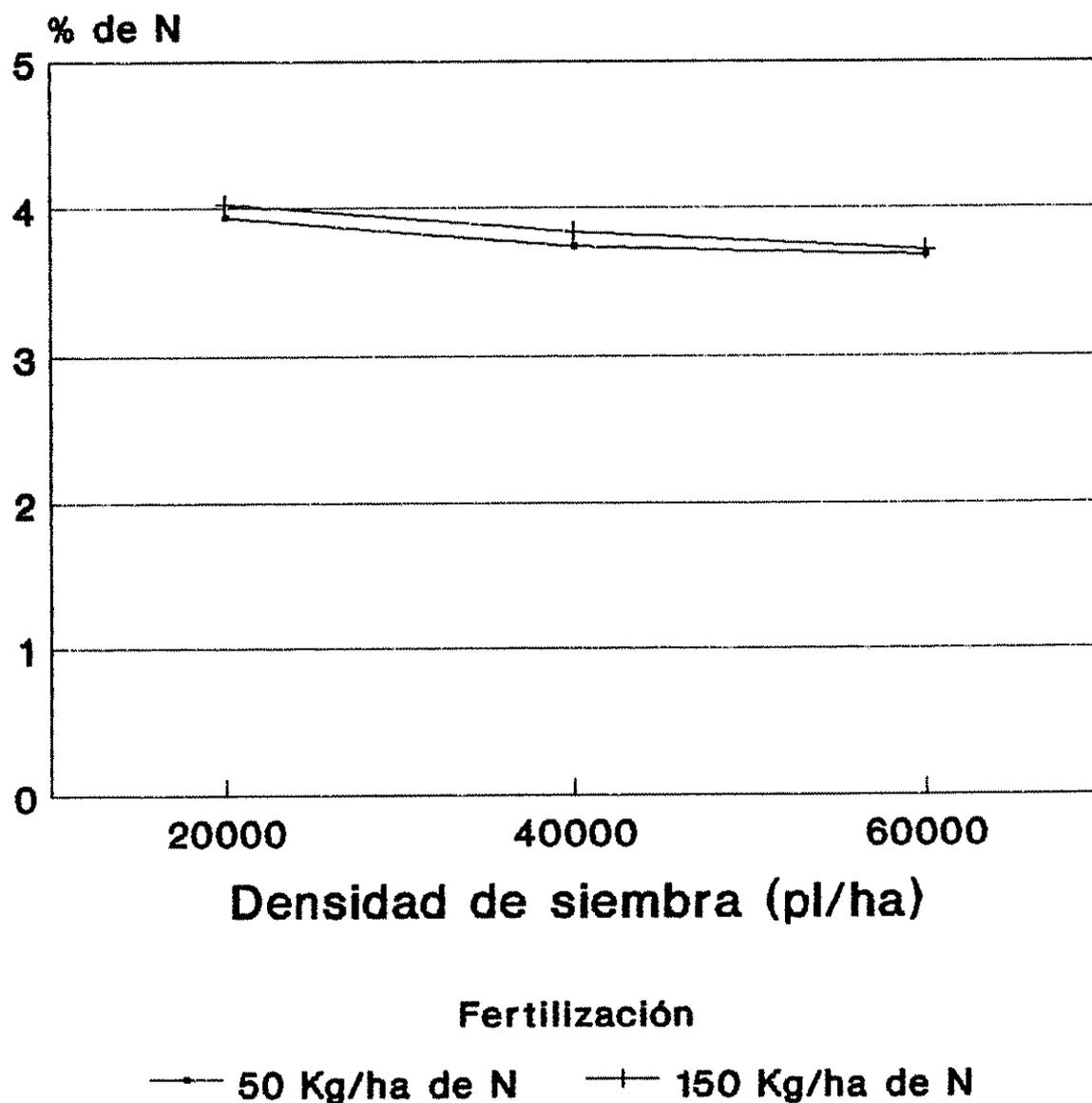


Figura 24. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 kg de N/ha sobre el % de N en plantas enteras de maíz a los 19 días.

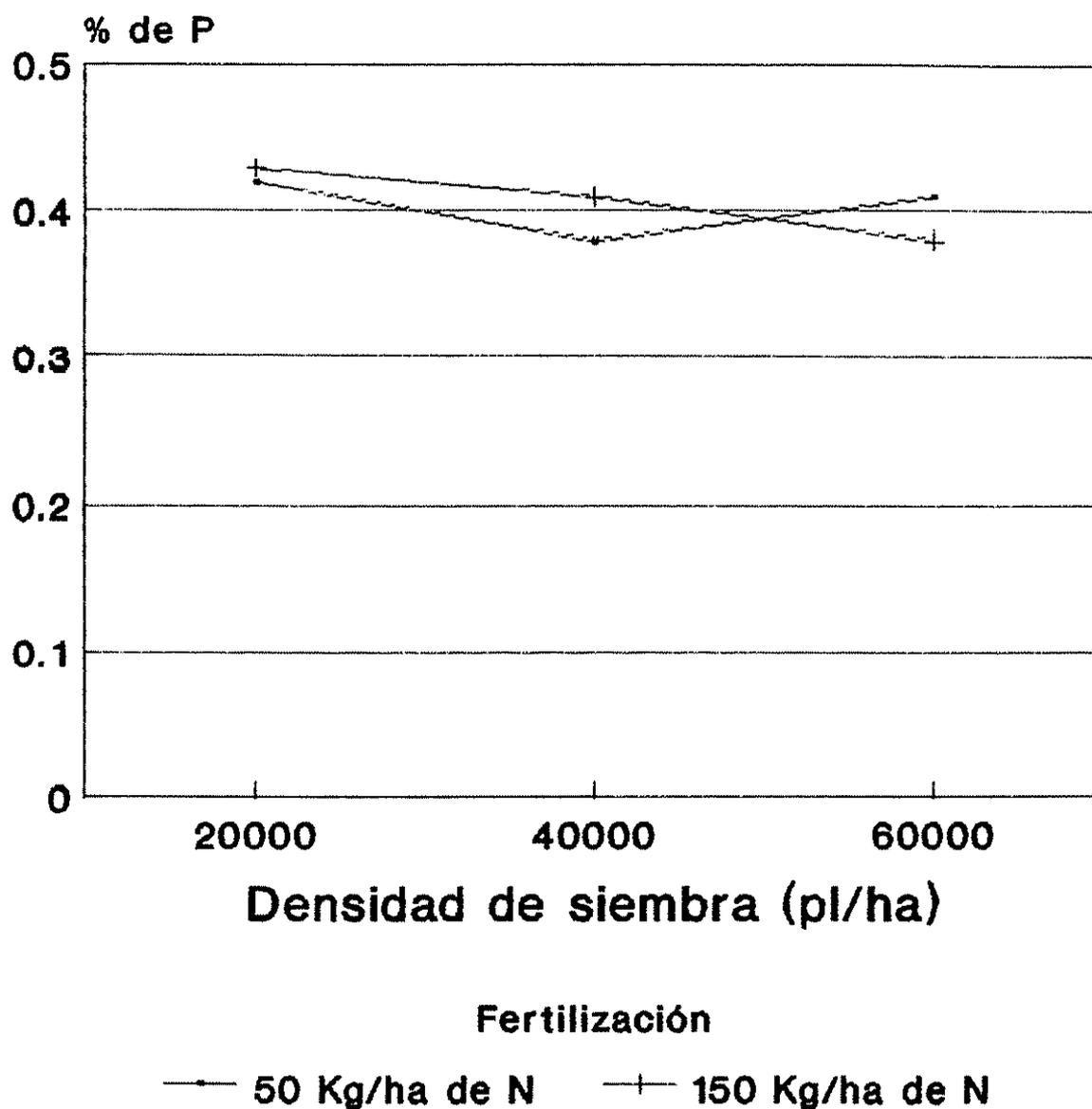


Figura 25. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 kg de N/ha sobre el % de P en plantas enteras de maíz a los 19 días.

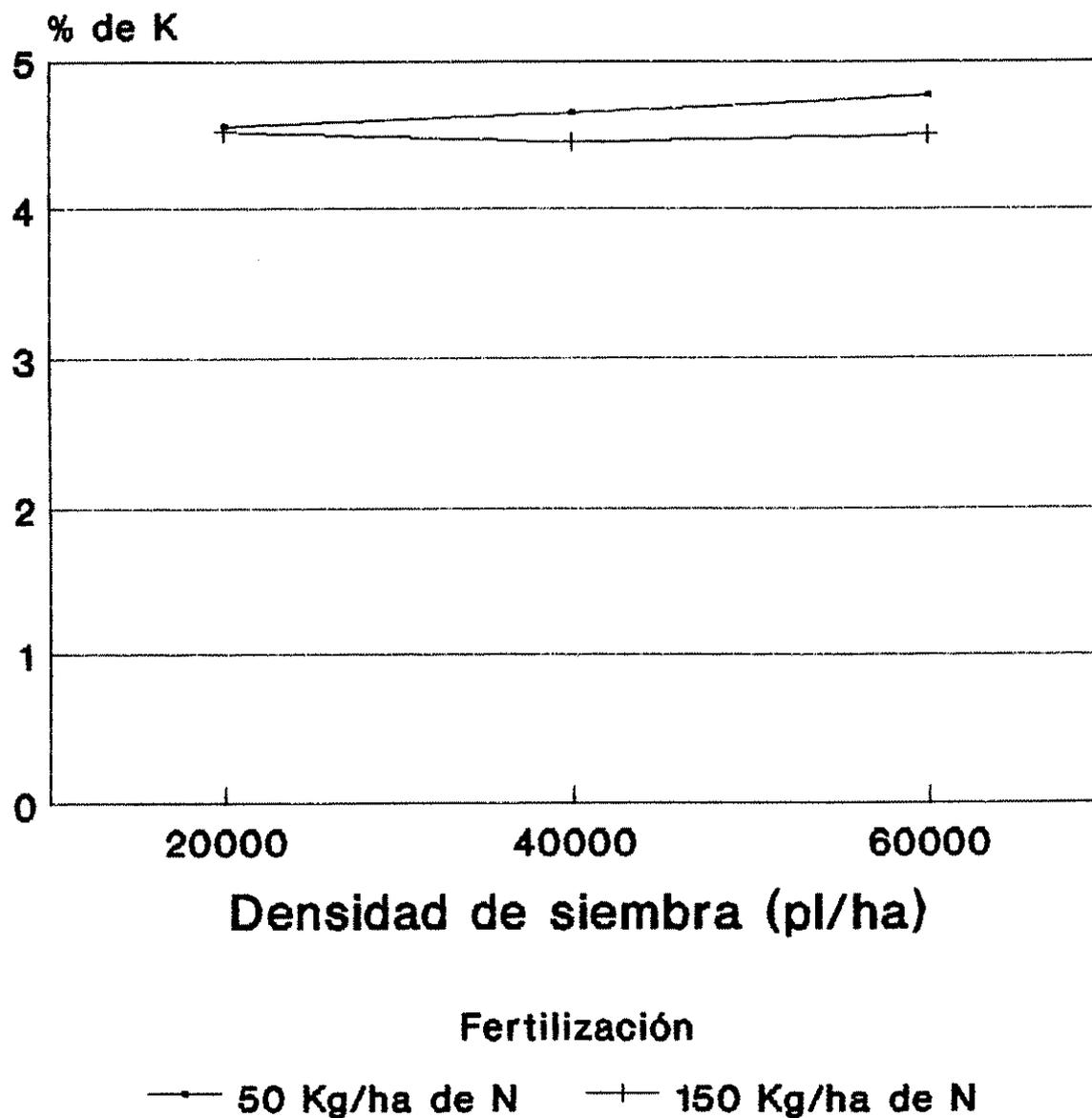


Figura 26. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 kg de N/ha sobre el % de K en plantas enteras de maíz a los 19 días.

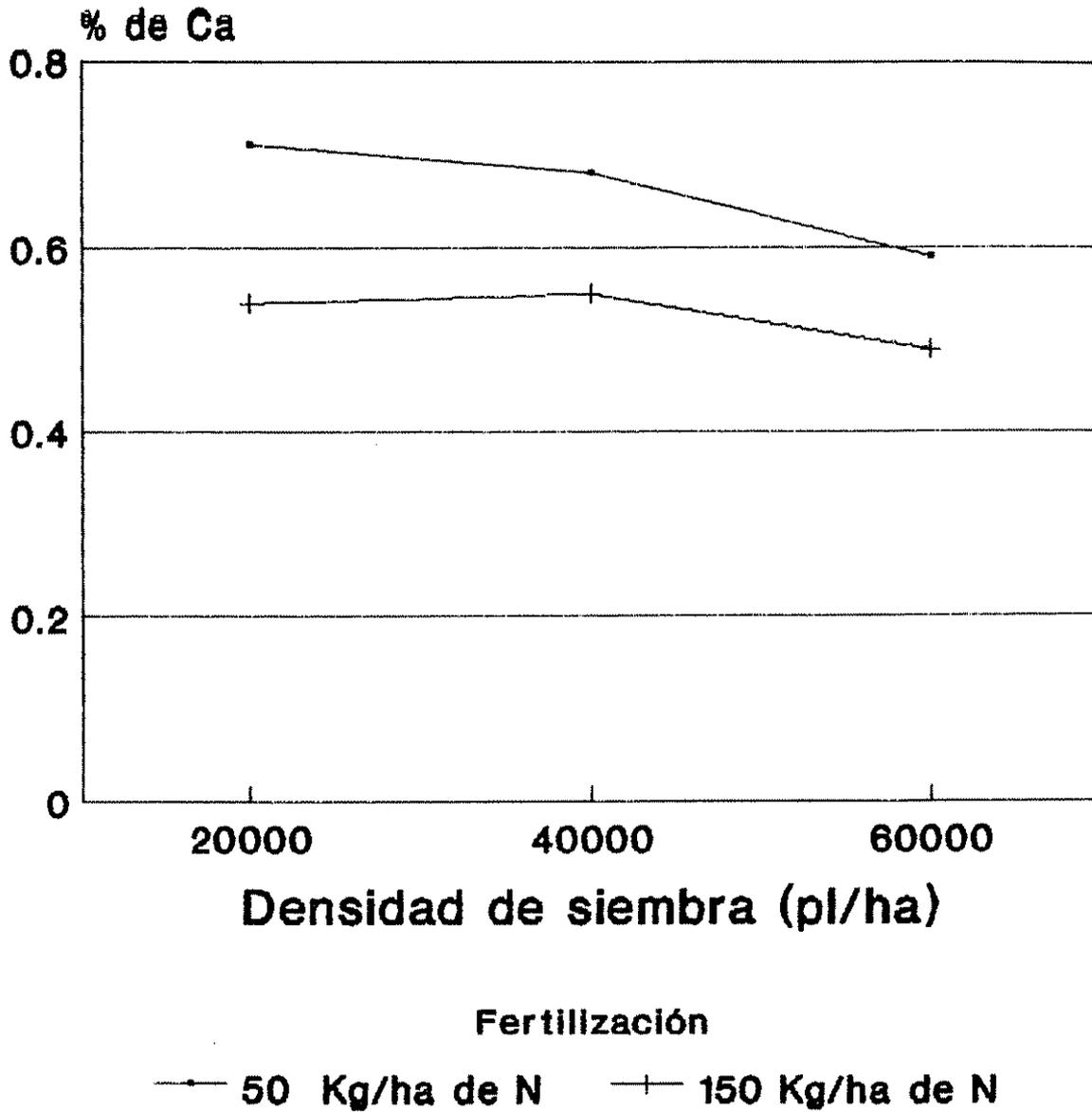


Figura 27. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 150 kg de N/ha sobre el % de Ca en plantas enteras de maíz a los 19 días.

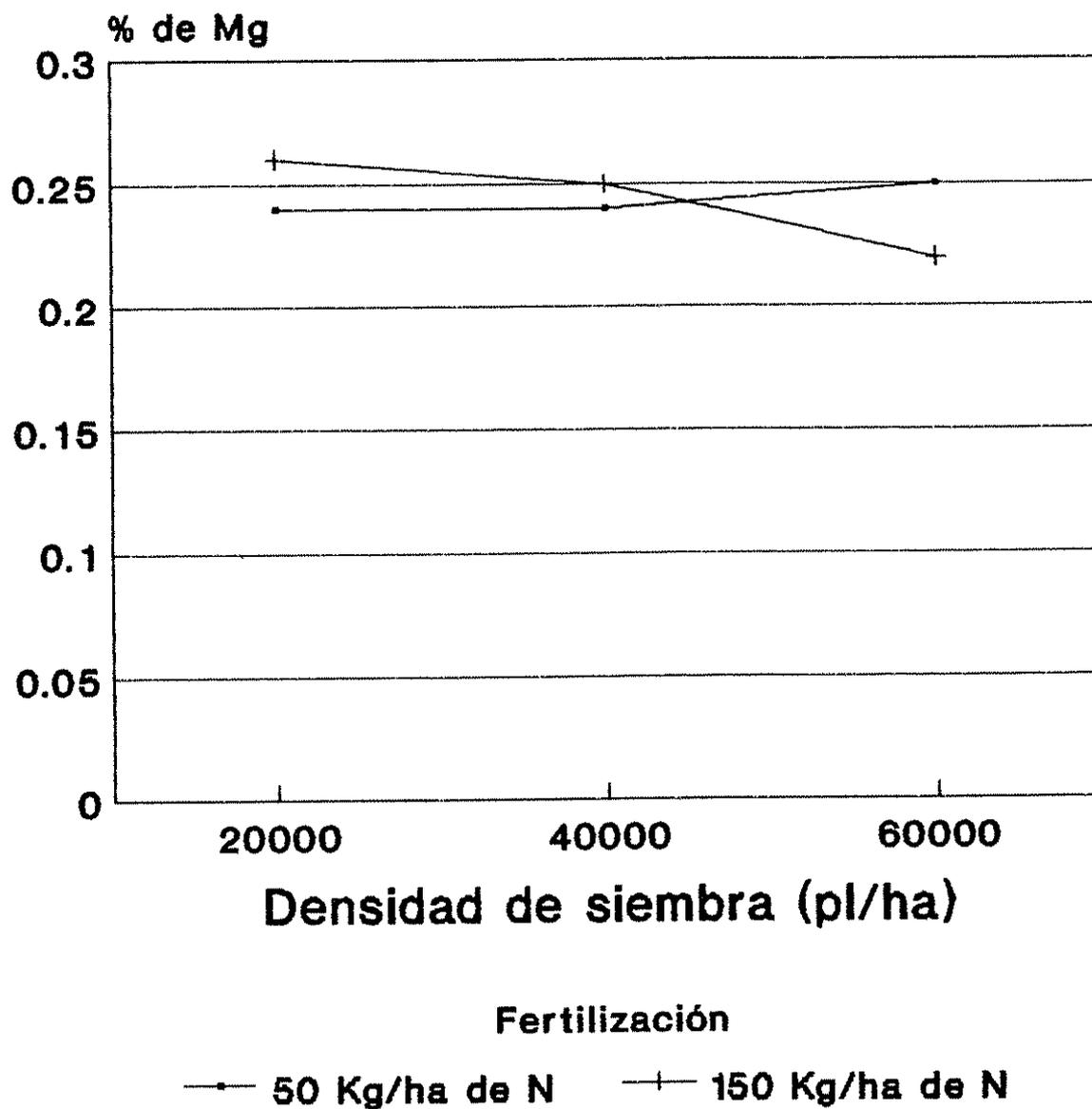


Figura 28. Efecto de la densidad de siembra con 50 y 159 kg de N/ha sobre el % de Mg en plantas enteras de maíz a los 19 días.

4.1.2.1.2 Coeficientes genéticos

En el cuadro 13 se presentan los coeficientes genéticos, correspondientes a las variedades Tico-V9, Diamantes-8043 y Guararé-8128.

Cuadro 13. Coeficientes genéticos obtenidos en Turrialba con tres variedades de maíz.*

VARIEDAD	P1	P2	P5	G2	G5
TICO-V9	293,0	0,500	720,0	589,0	05,60
DIAM-8043	293,0	0,500	737,0	606,0	05,50
GUARARE-8128	309,0	0,500	720,0	613,0	07,00

Se puede observar en el P1 (grados-día desde la emergencia hasta el fin del periodo juvenil) un ligero aumento en la variedad Guararé y en el P5 (grados-día desde la floración hasta la madurez fisiológica) y 17 grados-día más en la variedad Diamantes-8043.

4.1.2.1.3 Resultados de Simulación

Comparación de lo observado y simulado

El Modelo CERES-MAIZE ha sido desarrollado para simular la realidad, sin embargo, su implementación está hecha con parámetros biológicos correspondientes a variedades de maíz adaptadas principalmente a zonas templadas. De esta manera al ejecutarlo se encontró que éste simulaba una sobreproducción de biomasa reflejada por ejemplo en una mayor producción de hojas sobre el número observado para las variedades en estudio. En el Apéndice se muestra las salidas

* P1 Grados-día desde la Emergencia hasta el fin del periodo Juvenil (*D).

P2 Coeficiente de sensibilidad al fotoperiodo (1/h).

P5 *D desde la Floración femenina hasta la Madurez fisiológica.

G2 M³ Potencial de granos (gramos/planta).

G5 Tasa potencial del crecimiento del grano (ag/grano/día).

del modelo sin modificaciones (Cuadro 14A), para la variedad Tico-V9. Basado en estas diferencias se procedió a calibrar el modelo y haciendo uso de los cambios sugeridos por Romero, 1988.

4.1.2.1.3 Calibración

Cambio en el Modelo

Luego de 6 años de trabajos continuos en investigación sobre modelos de simulación en Turrialba, utilizando variedades tropicales se produjeron una serie de ajustes para el modelo CERES-MAIZE.

Heer, (1986) - Parámetros genéticos P^5 , G^2

- Cantidad de grados día para la iniciación de cada primordio foliar y distribución de materia seca.
- Estimación de competencia intraespecífica 10% e interespecífica 15%

Romero, (1988). Ajustó los grados día requeridos para la iniciación de cada hoja sustituyendo en el modelo inicial de por 26 para una simulación de 19 y 20 hojas en la ecuación.

$$TLNO = IFIX(SUMDTT/21 + 6) \quad \text{por}$$

$$TLNO = IFIX(SUMDTT/26 + 6)$$

donde:

- TLNO = No. total de hojas que emergerán
- IFIX = Función Fortran que convierte los números decimales en enteros

SUMDTT = Grados día acumulados desde la emergencia hasta el inicio de la floración masculina.

26 = Grados día requeridos para el inicio de cada hoja

6 = Número de hojas presentes en el embrión de la semilla (hojas embrionarias)

Y de la ecuación

$$P3 = (TLNO - 2) * 38,9 + 96 - SUMDTT,$$

con base en la tasa de emergencia de hoja observada sustituyó los 38,9 días requeridos para la emergencia de cada hoja por 48,2 en Turrialba, y los 96 G.D requeridos para la emergencia de las dos primeras hojas por 64, quedando de la siguiente manera:

$$P3 = (TLNO - 2) * 48,2 + 64 - SUMDTT,$$

TLNO = No. total de hojas que emergerán

2 = Las dos primeras hojas

48,2 = Grados día requeridos para que se produzca la emergencia de cada hoja con excepción de las dos primeras.

64 = Grados día para la emergencia de las dos primeras hojas, distribuidos así: 32 G.D. después de la

emergencia para la expresión de las primeras hojas y 32 G.D. desde la aparición del extremo de la última hoja hasta su expresión final.

Los ajustes de 21 a 26, de 38,9 a 48,2 y de 96 a 64 se consideraron adecuados para las variedades en estudio y se procedió a una primera calibración con esta información.

- Calibración adicional

Los ajustes hechos por Heer y Romero entre simulado y observado, y de acuerdo al resultado del análisis de sus datos de rendimiento, gran parte de los tratamientos (72,2%) no presentó diferencia significativa (Romero, J. M. 1988; Heer C. 1986).

Para el presente estudio al tomar el modelo sin los cambios sugeridos se observaron 33 hojas simuladas (Cuadro 14A), en comparación a las 21 observadas razón por la cual se decidió incorporar ajustes adicionales. La ecuación modificada fue:

$$TLNO = IFIX (SUMDTT/26 + 6)$$

cambiando los 26 grados días requeridos para el inicio de cada hoja (ajustado por Romero) a 29 necesarios para simular las 21 hojas observadas en los ensayos de calibración (Figuras 29 a 34). De esta forma permitió simular adecuadamente los parámetros biológicos (Cuadro 14), donde se observa el promedio de los porcentajes (G.D.) acumulados por variedad y por sitio, utilizados en cada etapa para la curva de crecimiento del maíz.

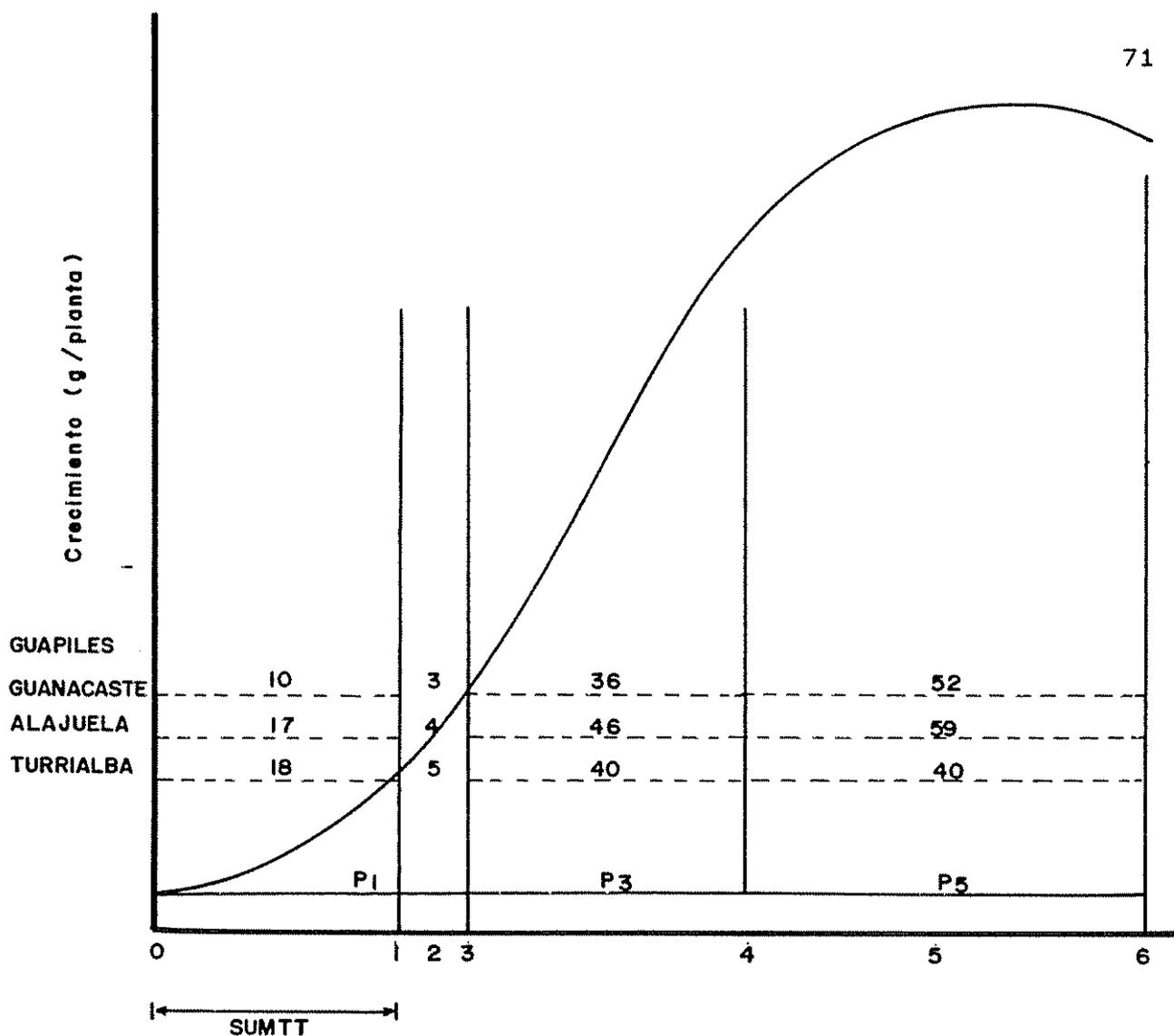
De acuerdo a los datos observados y simulados para emergencia de hojas y rendimiento, se plantó un ensayo en hidroponía para la determinación de los parámetros genéticos potenciales en maíz. Estos deben ser obtenidos

preferiblemente para cada variedad que se cultive en el país o región. Parte de estos parámetros se deben de determinar bajo condiciones controladas como son los invernaderos, debido a que se busca obtener el potencial genético de estos materiales.

Los resultados para la emergencia de hojas se muestran en el Cuadro 13A y las Figuras 35 a 38.

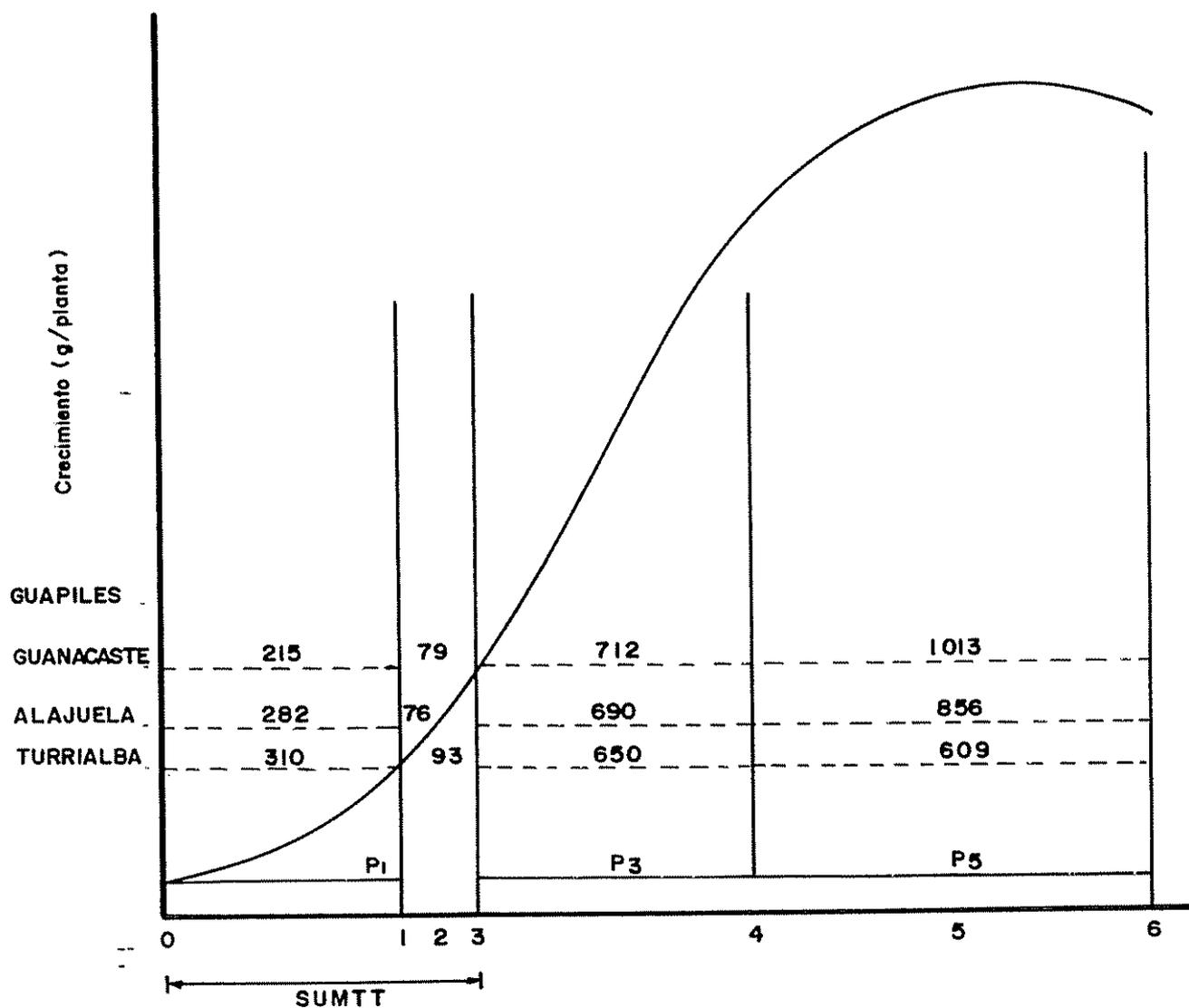
Cuadro 14. Promedio diario en % de los G.D. en la etapa de crecimiento del maíz para las variedades por sitios.

VARIEDAD	ZONAS	P1		P3	P5	Σ
		0 - 1	1 - 3	3 - 4	4 - 6	
TICO-V9						
	Guanacaste	24,63	30,13	22,91	22,33	39,59
	Alajuela	25,50	29,19	23,04	22,27	29,52
	Turrialba	25,26	27,31	23,74	23,49	30,89
DIAMANTES-8043						
	Guapiles	20,61	28,63	27,52	23,24	35,06
	Alajuela	25,90	28,55	23,40	22,15	31,09
	Turrialba	24,64	29,23	23,21	22,92	33,85
GUARARE-8128						
	Alajuela	25,50	29,19	23,04	22,27	48,91
	Turrialba	25,29	27,21	23,97	23,53	51,09



- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 Emergencia | P1 Grados día desde emergencia hasta el fin del período juvenil |
| 1 Fin período juvenil | |
| 2 Inducción floral | P3 Grados día desde inicio floración masculina hasta la emergencia de la floración femenina |
| 3 Inicio de la flor masculina | |
| 4 Emergencia de la flor femenina | P5 Grados día desde floración femenina a madurez fisiológica |
| 5 Período de llenado de grano | |
| 6 Madurez fisiológica | |

Figura 29 Etapas de crecimiento en días (calendario) de la planta de maíz variedad Tico - V9 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos



0 Emergencia

1 Fin período juvenil

2 Inducción floral

3 Inicio de la flor masculina

4 Emergencia de la flor femenina

5 Período de llenado de grano

6 Madurez fisiológica

P_1 Grados día desde emergencia hasta el fin del período juvenil

P_3 Grados día desde inicio floración masculina hasta la emergencia de la floración femenina

P_5 Grados día desde floración femenina a madurez fisiológica

Figura 30 Etapas de crecimiento en °D (grado día) de la planta de maíz variedad Tico-V9 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos

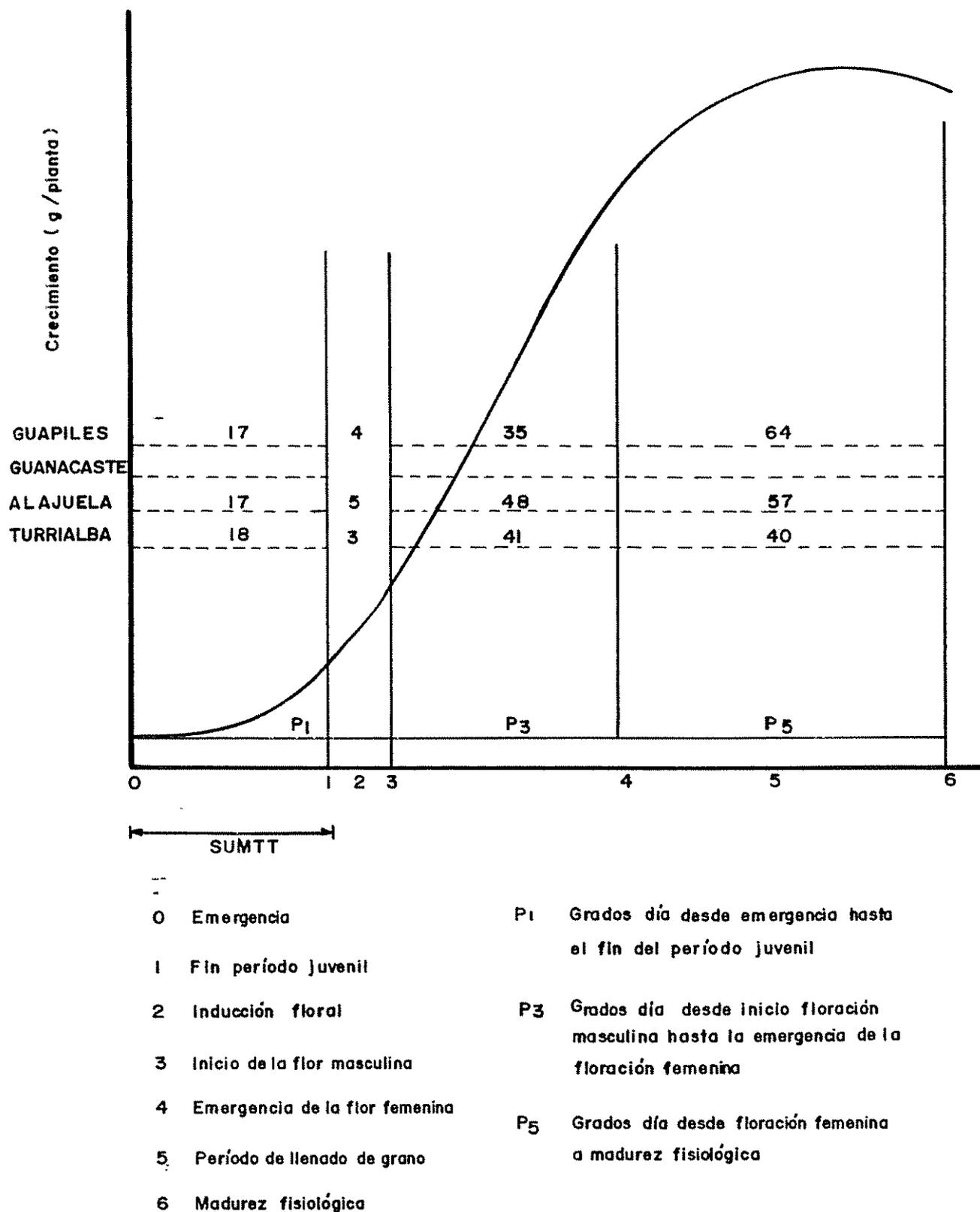


Figura 31 Etapas de crecimiento en días (calendario) de la planta de maíz variedad Diamantes -8043 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos

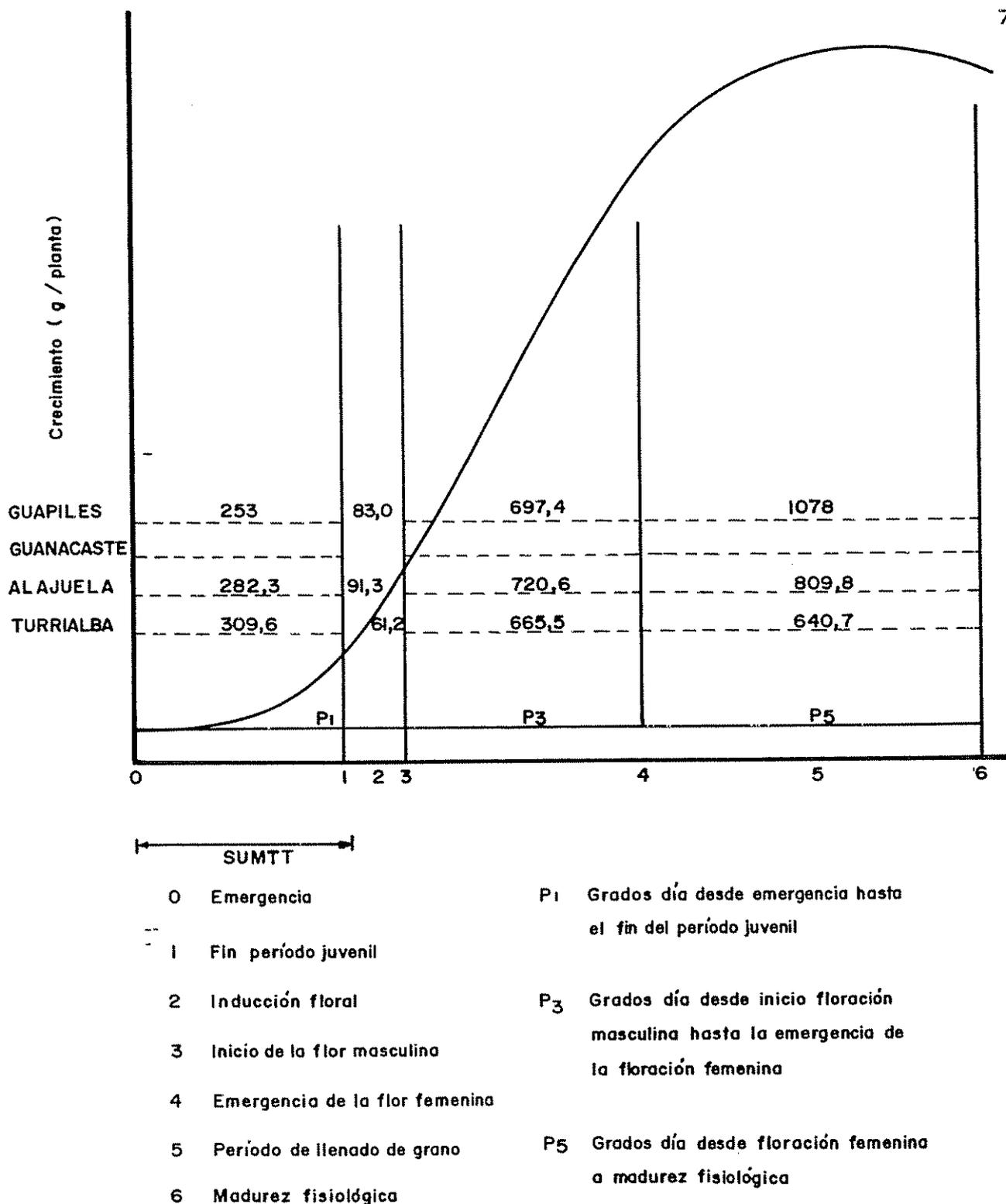


Figura 32 Etapas de crecimiento en °D (grados día) de la planta de maíz variedad Diamantes -8043 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos

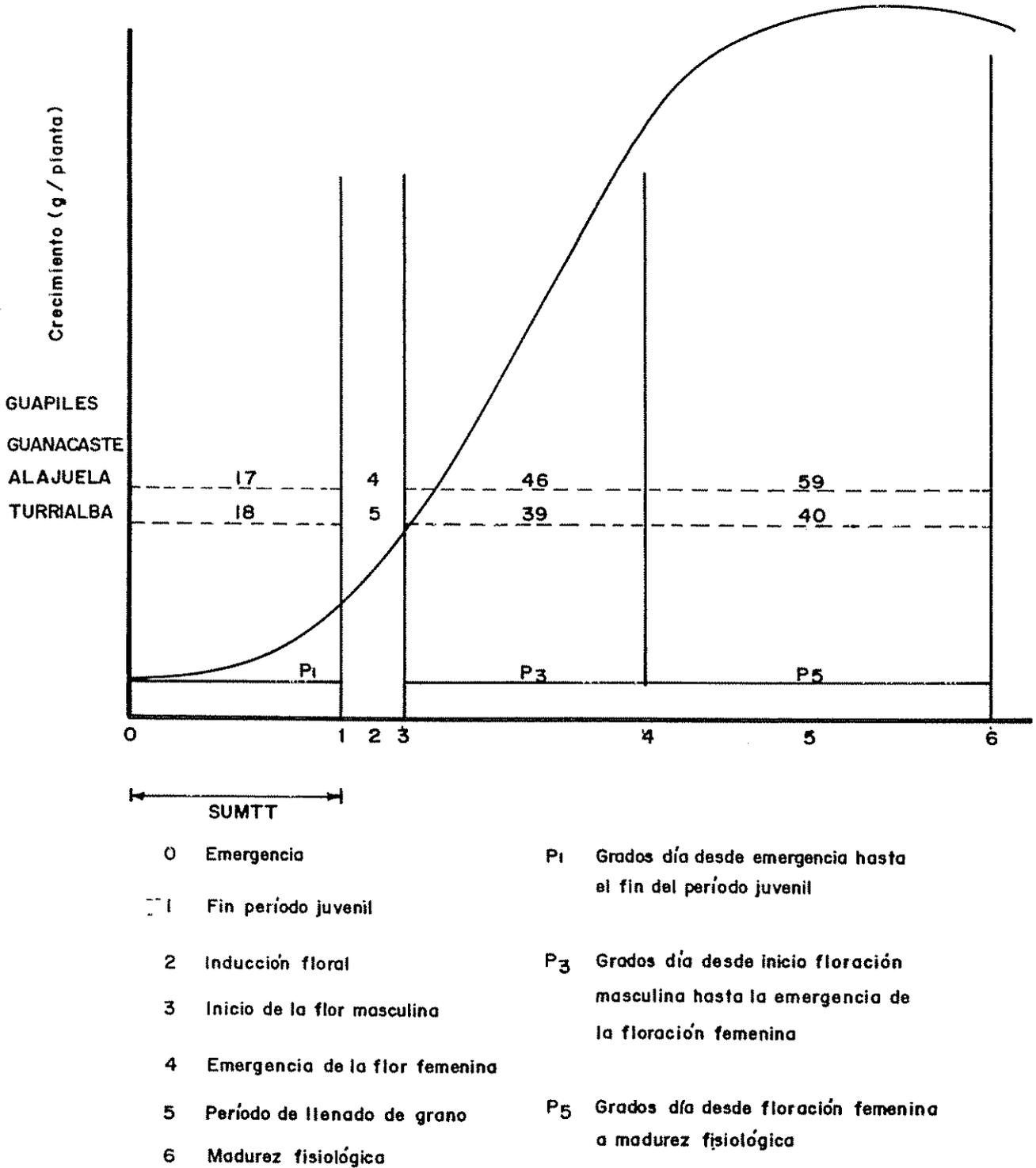


Figura 33 Etapas de crecimiento en día (calendario) de la planta de maíz variedad Guararé - 8128 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos

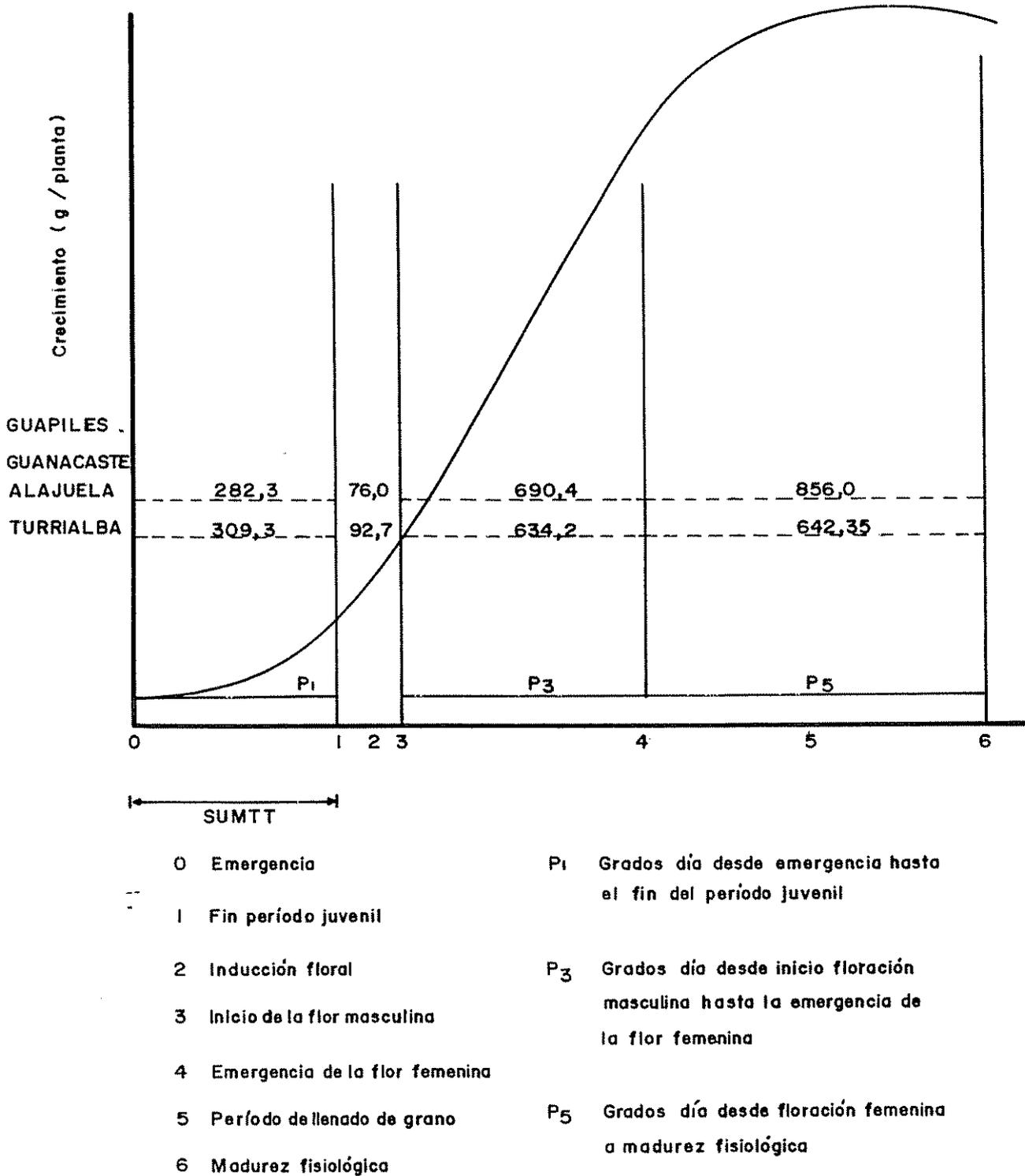


Figura 34 Etapas de crecimiento en °D (grados día) de la planta de maíz variedad Guararé-8128 en los sitios de estudio y su relación con algunos coeficientes genéticos

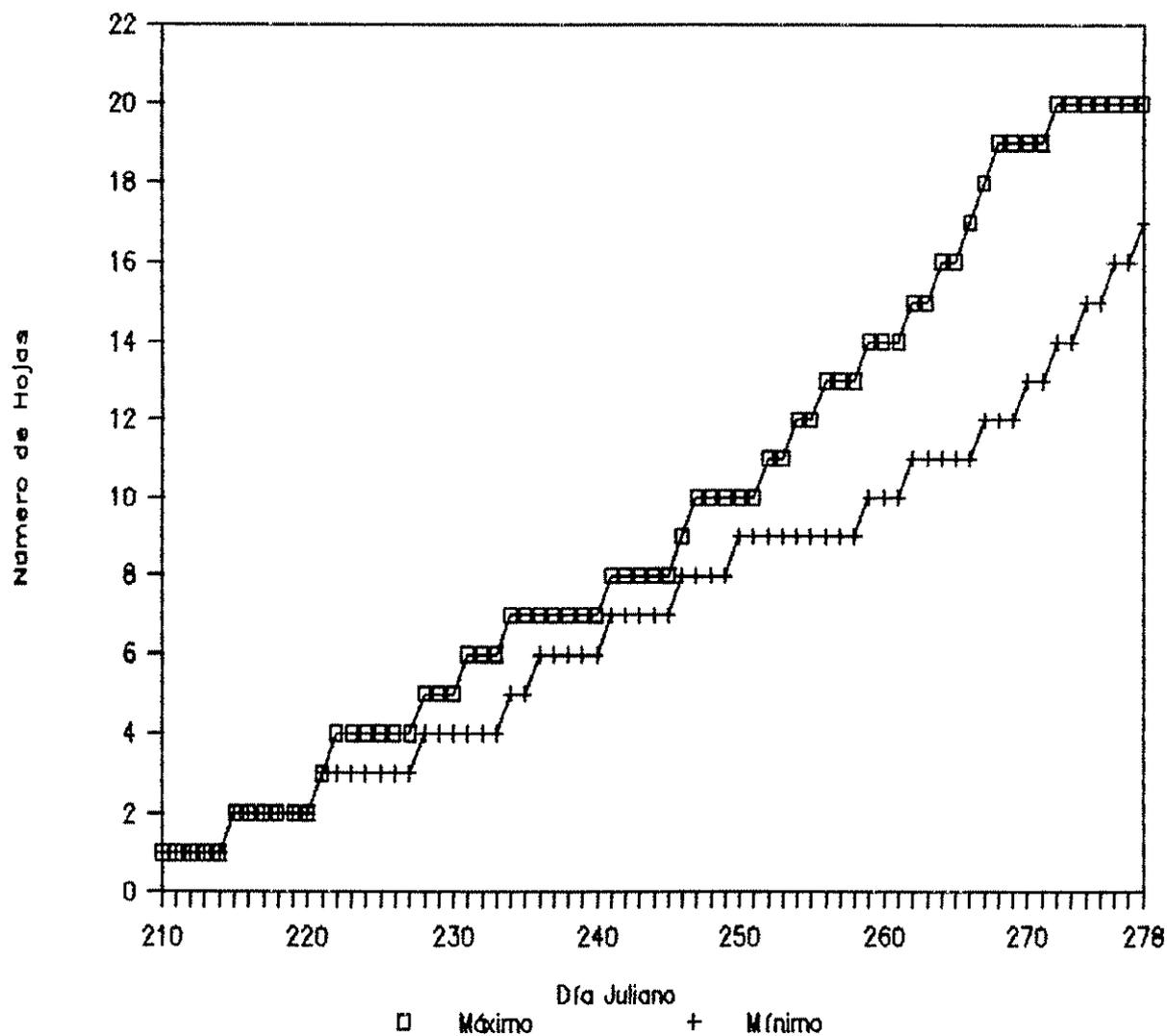


Figura 35. Emergencia de hojas (Día Juliano) para la variedad Tico-V9 en cultivo Hidroponico.

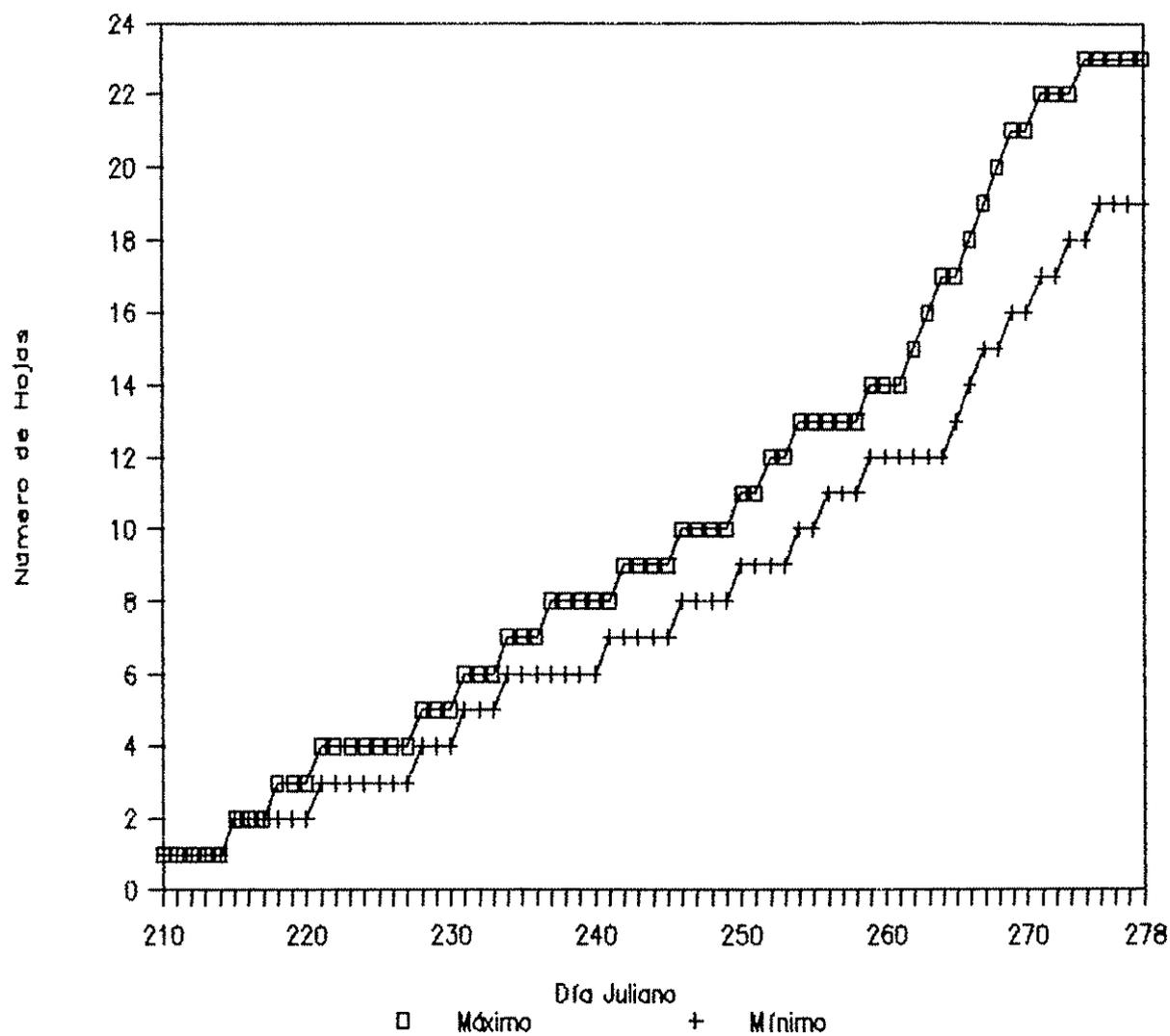


Figura 36. Emergencia de hojas (Dia Juliano) para la variedad Diamantes-8043 en cultivo Hidropónico.

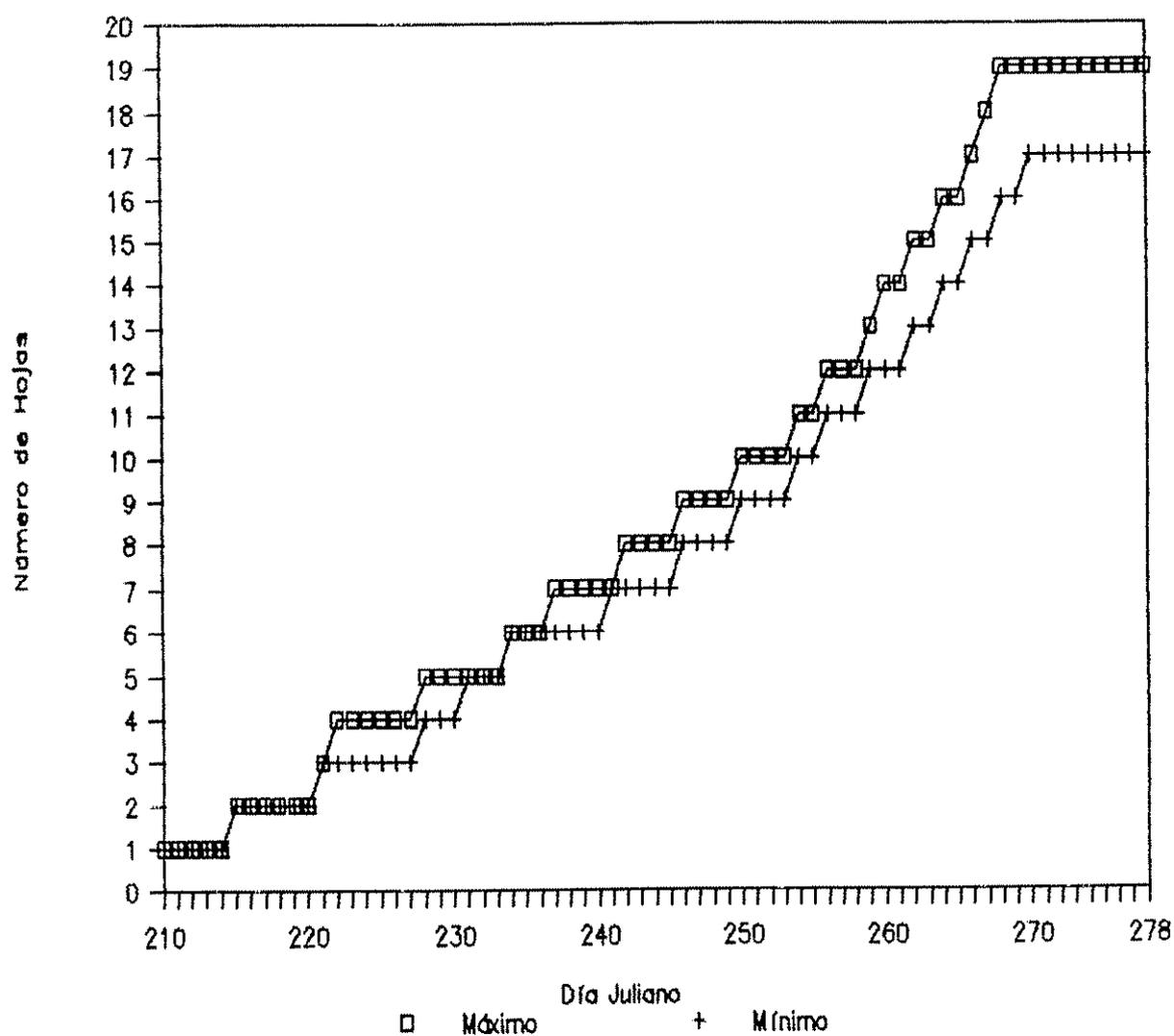


Figura 37. Emergencia de hojas (Día Juliano) para la variedad Guarare-8128 en cultivo Hidroponico.

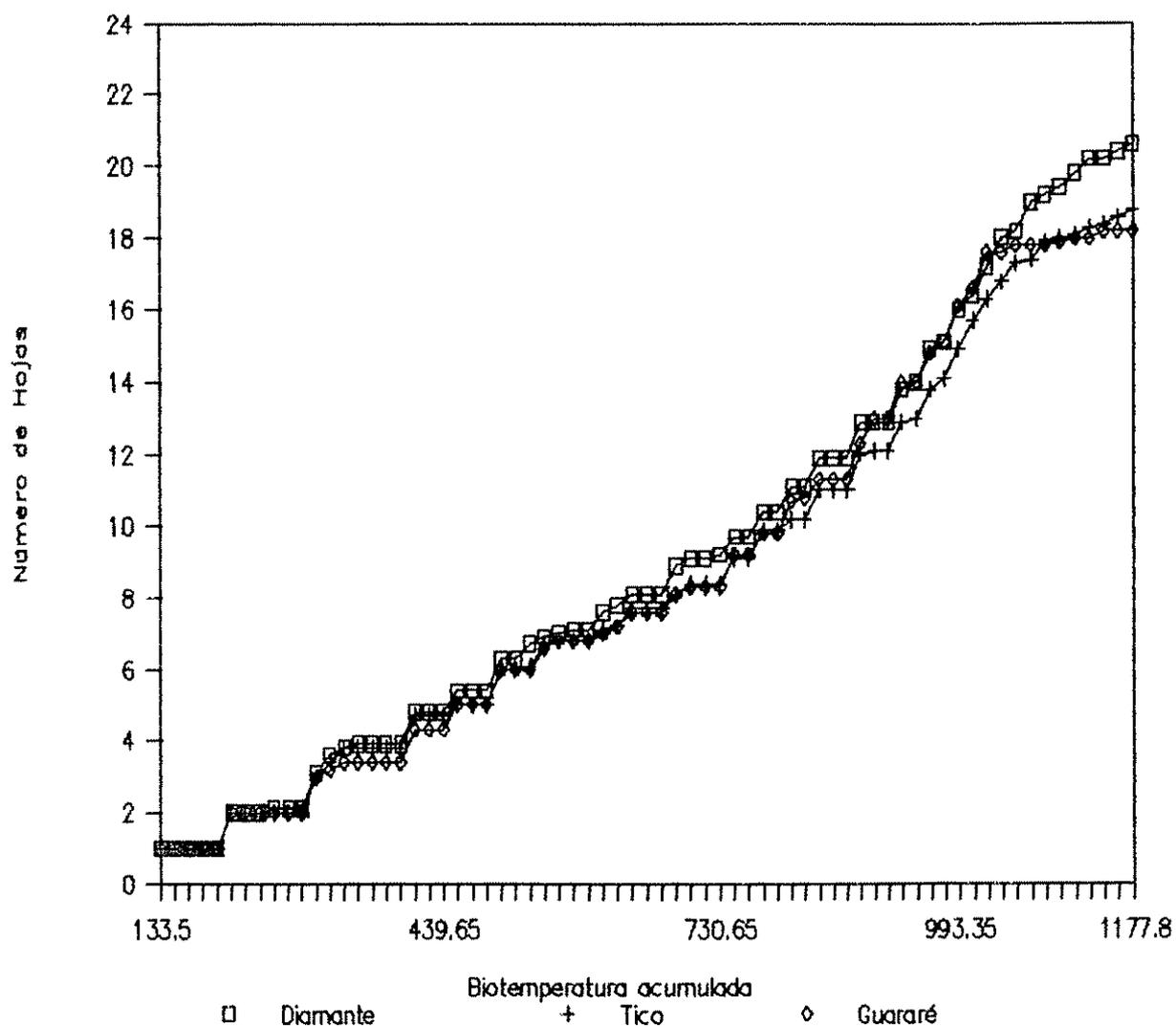


Figura 38. Desarrollo foliar de maiz vs biotemperatura.

Comparación observada vs simulada

- Ajustes a los resultados observados

A pesar de que el modelo CERES-MAIZE simula con alta precisión los parámetros biológicos, éste no toma en consideración pérdidas en el rendimiento por efectos mecánicos y biológicos con consecuencias fisiológicas.

Para corregir esto (Cuadro 15), se ajustó el dato del rendimiento en grano observado por el porcentaje de pérdidas (fisiológicas y mecánicas) por planta.

Cuadro 15. Ajustes por pérdidas fisiológicas y mecánicas al rendimiento en grano Turrialba, 1987.

OBS	VARIEDAD	TRAT.	OBSERVADO	SIM	OBSERVADO + %		SIMULADO-OBSERVADO + %	SIMULADO-OBSERVADO + %	SIMULADO-OBSERVADO + %
					OBSERVADO + % PERDIDAS	PERDIDAS + AJUSTE POR PLAN			
1	TICO	1	1676,18	2145	1873,67	2068,81	468,82	271,33	76,19
2	TICO	2	1825,30	2145	2072,01	2396,15	319,70	72,99	-251,15
3	TICO	3	2579,80	3996	2781,09	3782,39	1416,20	1214,91	213,61
4	TICO	4	2951,49	3996	2827,21	3856,72	1044,51	1168,79	139,28
5	TICO	5	2879,19	5539	3155,41	4348,72	2659,81	2383,59	1190,28
6	TICO	6	3149,20	5539	3402,71	5058,47	2389,80	2136,29	480,53
7	DIAM	1	1797,70	2234	1918,66	2205,38	436,30	315,34	28,62
8	DIAM	2	1908,30	2234	2050,10	2252,94	325,70	183,90	-18,94
9	DIAM	3	2391,75	4162	2703,28	3452,21	1770,25	1458,72	709,79
10	DIAM	4	2874,15	4162	3172,07	3829,16	1287,85	989,93	332,84
11	DIAM	5	2791,15	5769	3206,58	4818,37	2977,85	2562,42	950,63
12	DIAM	6	3148,25	5769	3471,61	4325,19	2620,75	2297,39	1443,81
13	GUAR	1	2102,54	2790	2415,30	2845,71	687,46	374,70	-55,71
14	GUAR	2	1604,61	2790	1792,94	2215,50	1185,39	997,06	574,50
15	GUAR	3	2196,67	5198	2435,47	3355,96	3001,33	2762,53	1842,04
16	GUAR	4	2140,01	5198	2363,87	4182,06	3057,99	2834,13	1015,94
17	GUAR	5	2581,90	7206	2947,24	3765,35	4624,10	4258,76	3440,65
18	GUAR	6	3059,48	7206	3512,14	4485,70	4146,52	3693,86	2720,30

Las pérdidas fisiológicas y mecánicas se tomaron para el análisis del promedio de 36 plantas por variedad, entre buenas, malas y regulares. A las malas y regulares se les

determinó si el daño era fisiológico o mecánico y se estimó el porcentaje de daño, luego se procedió a pesar el grano de estas mazorcas.

Un ejemplo de ello es el siguiente tomado para la observación 1 Tico-V9 y la producción en gramos (Cuadro 15).

Simulado por el Modelo	2145,00	- (27,97% demás)	[11,78% P.Fis.
				16,19% P.Mec.
Observación de campo	<u>1676,18</u>			
Simulado de más	468,82-			
11,78% P. Fis.	<u>197,49</u>			
	271,33-			
16,19% P. Mec.	<u>195,14</u>			
	76,19			

Observado + % de pérdidas			[1676,18	O.C.
+ Ajuste por planta	2068,81			197,49	11,78% P. Fis.
				195,14	16,19% P. Mec.

Debido a que el modelo simula el número de plantas con grano bueno de acuerdo a la densidad de siembra, fue necesario realizar un ajuste adicional a la parcela útil cosechada (Figuras 39 a 50).

El ajuste de los datos observados vs simulados se encuentra en el Cuadro 16, en donde se observa los resultados de las pruebas T para los pares de datos por variedad y en conjunto.

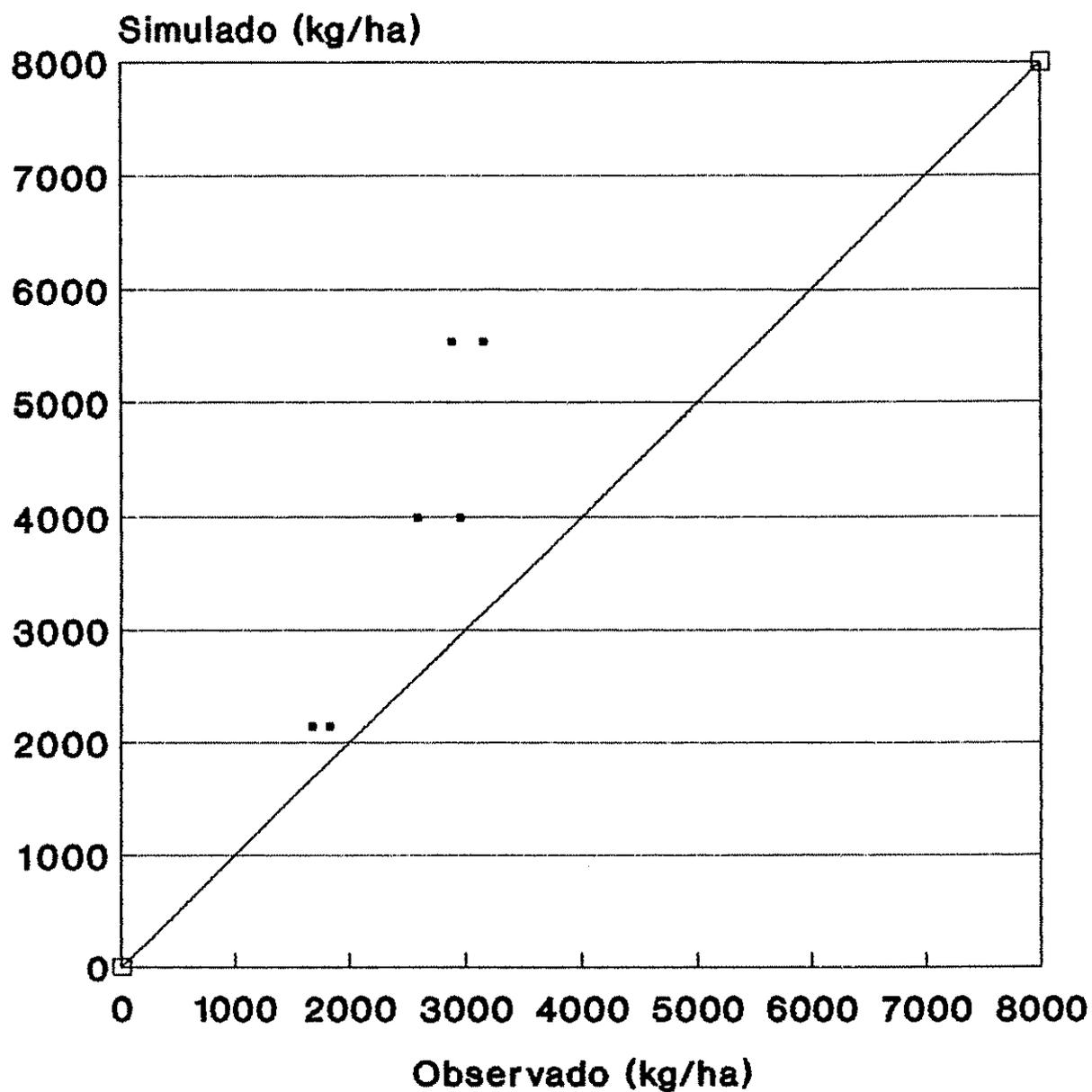


Figura 39. Rendimiento sin corrección simulado vs observado, variedad TICO-V9, Turrialba.

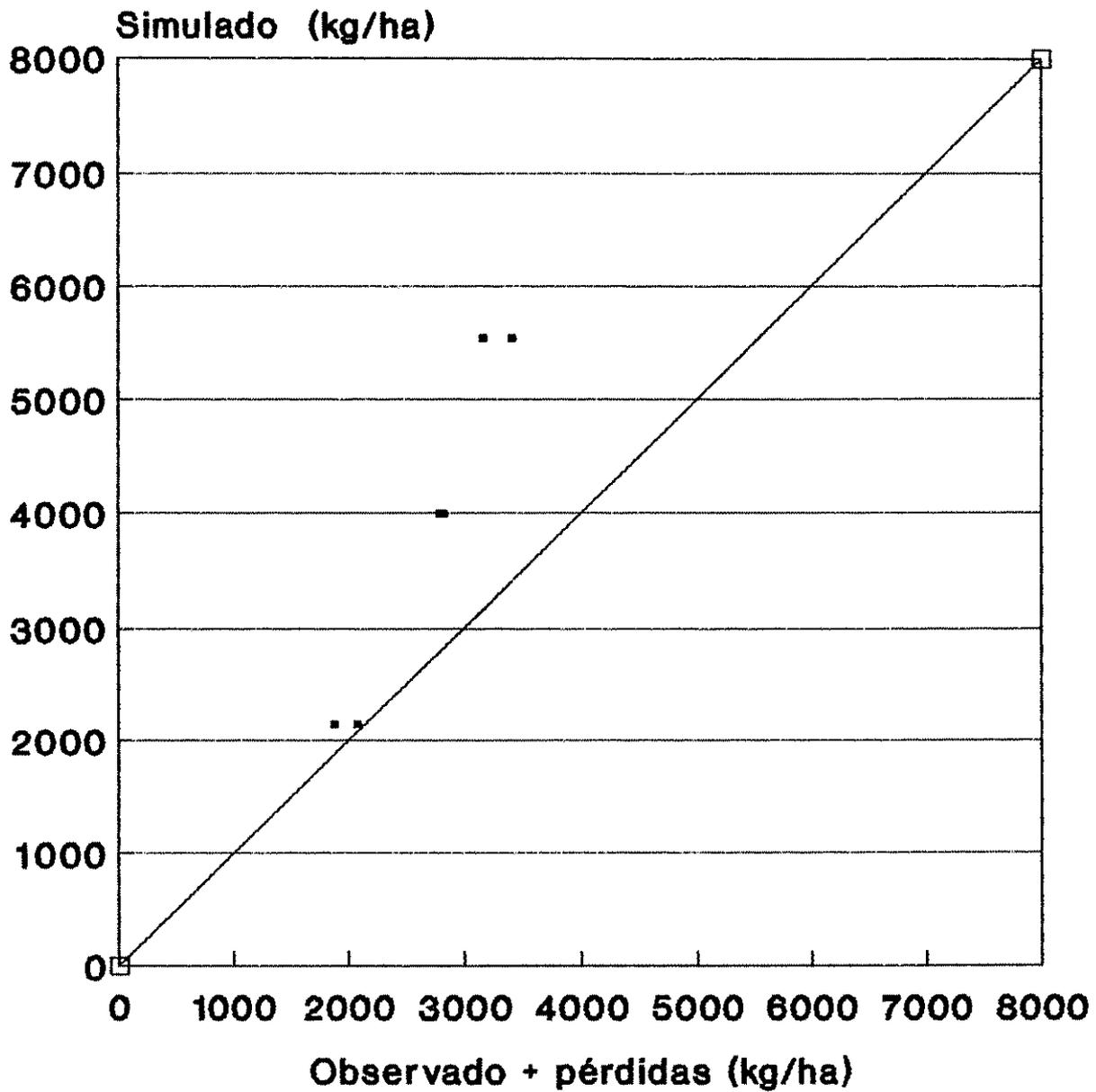


Figura 40. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas, variedad TICO-V9, Turrialba.

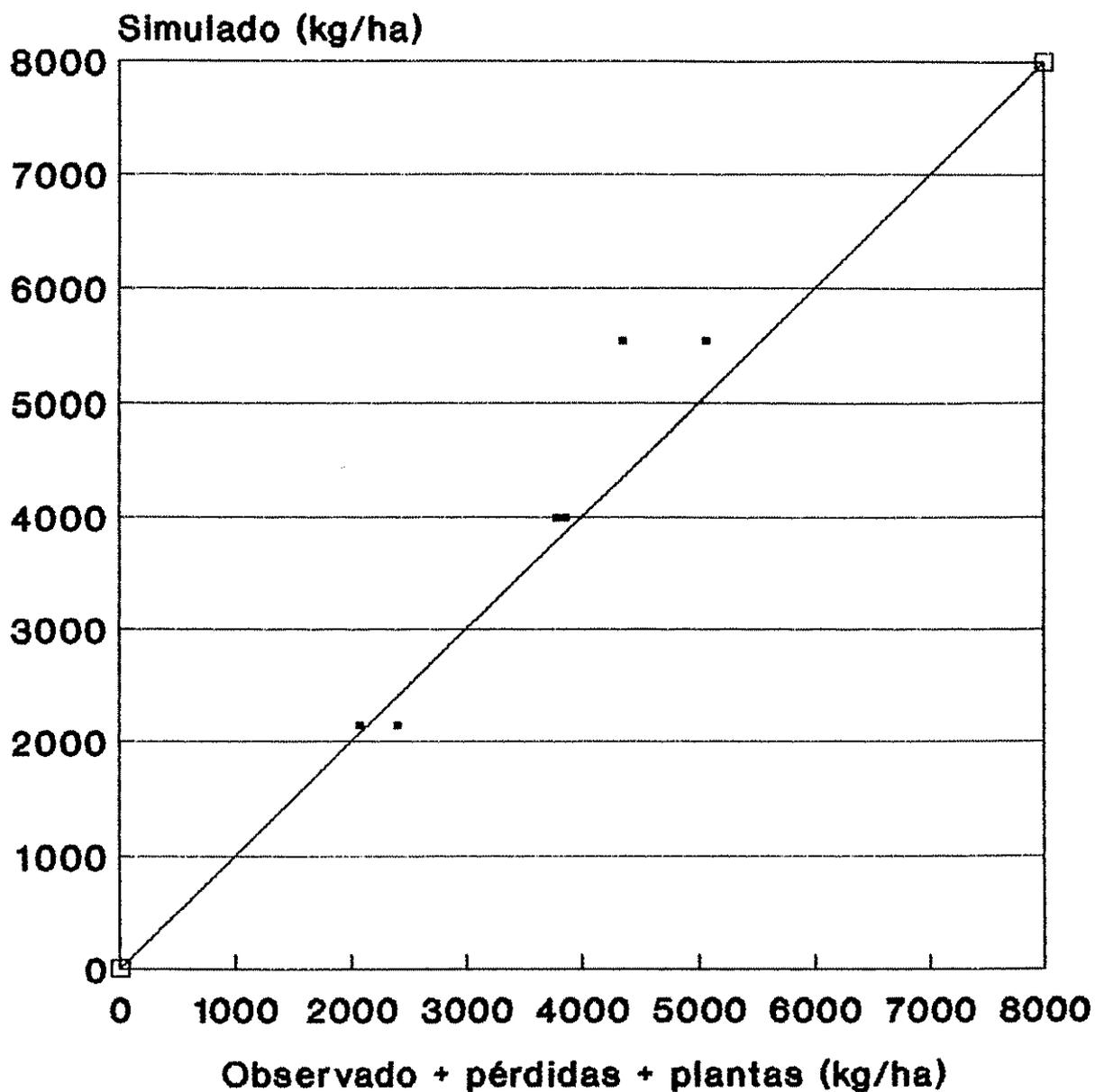


Figura 41. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas + ajuste por plantas, variedad TICO-V9, Turrialba.

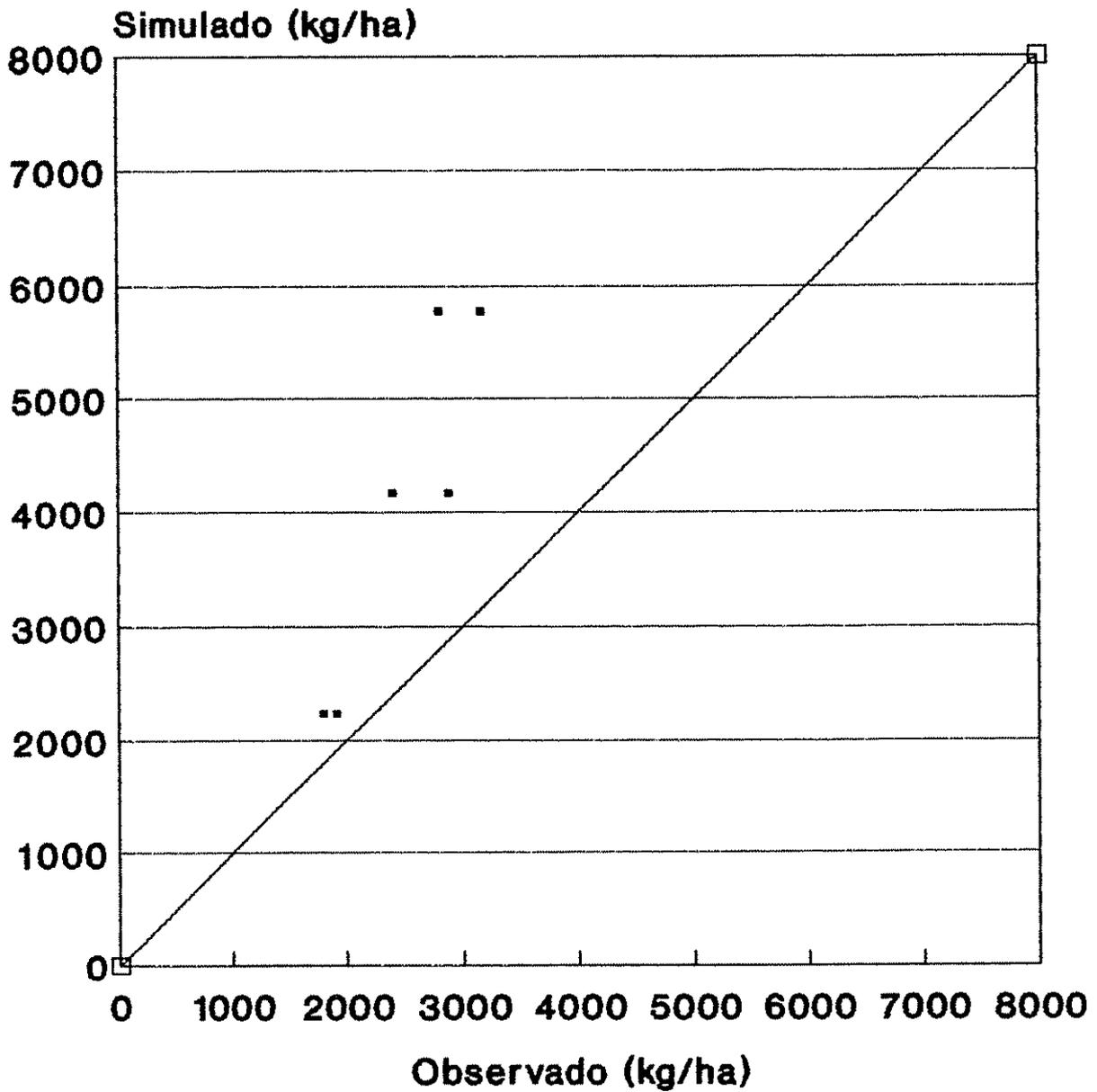


Figura 42. Rendimiento sin corrección simulado vs observado, variedad DIAMANTES-8043, Turrialba.

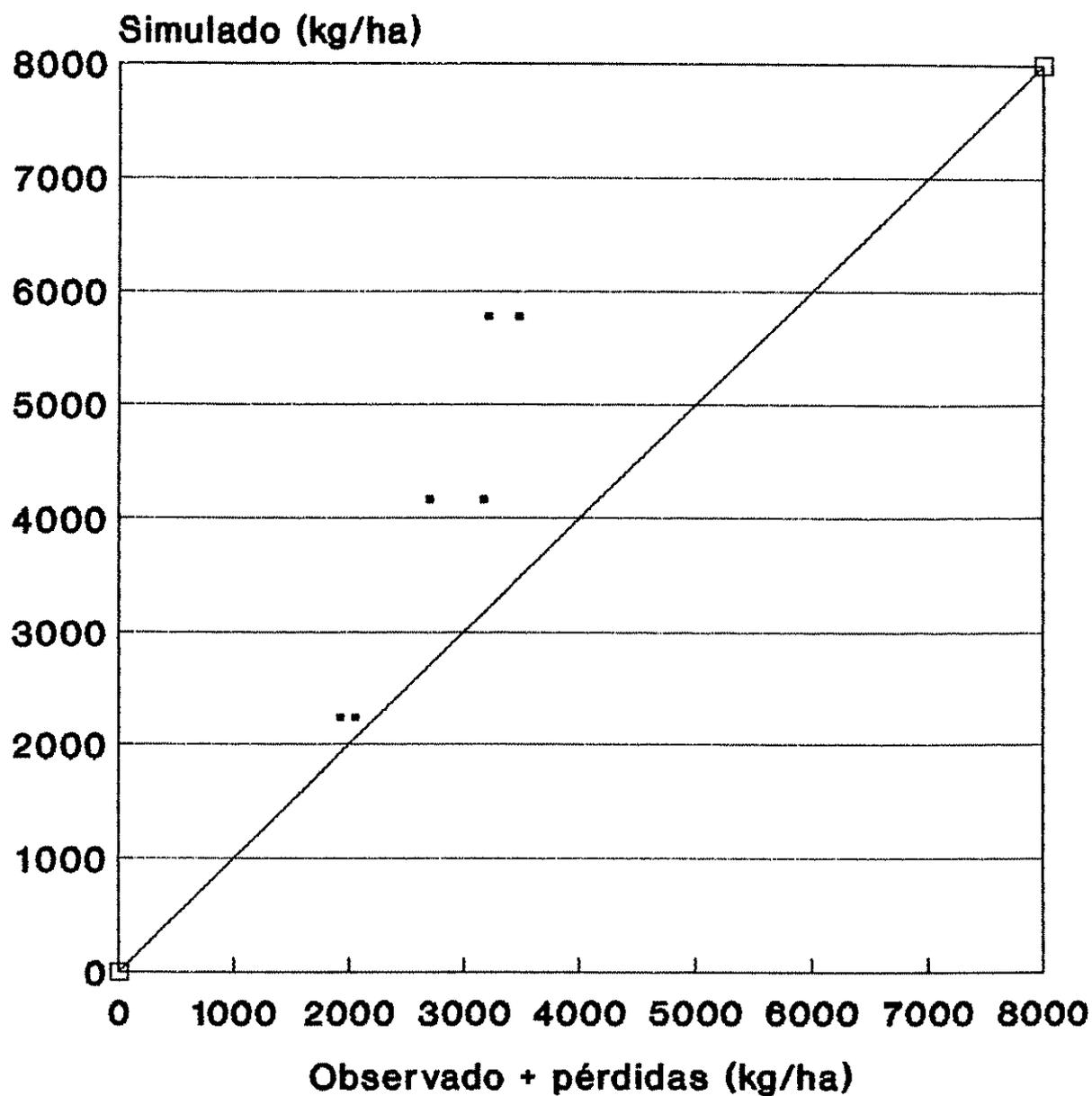


Figura 43. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas, variedad DIAMANTES-8043, Turrialba.

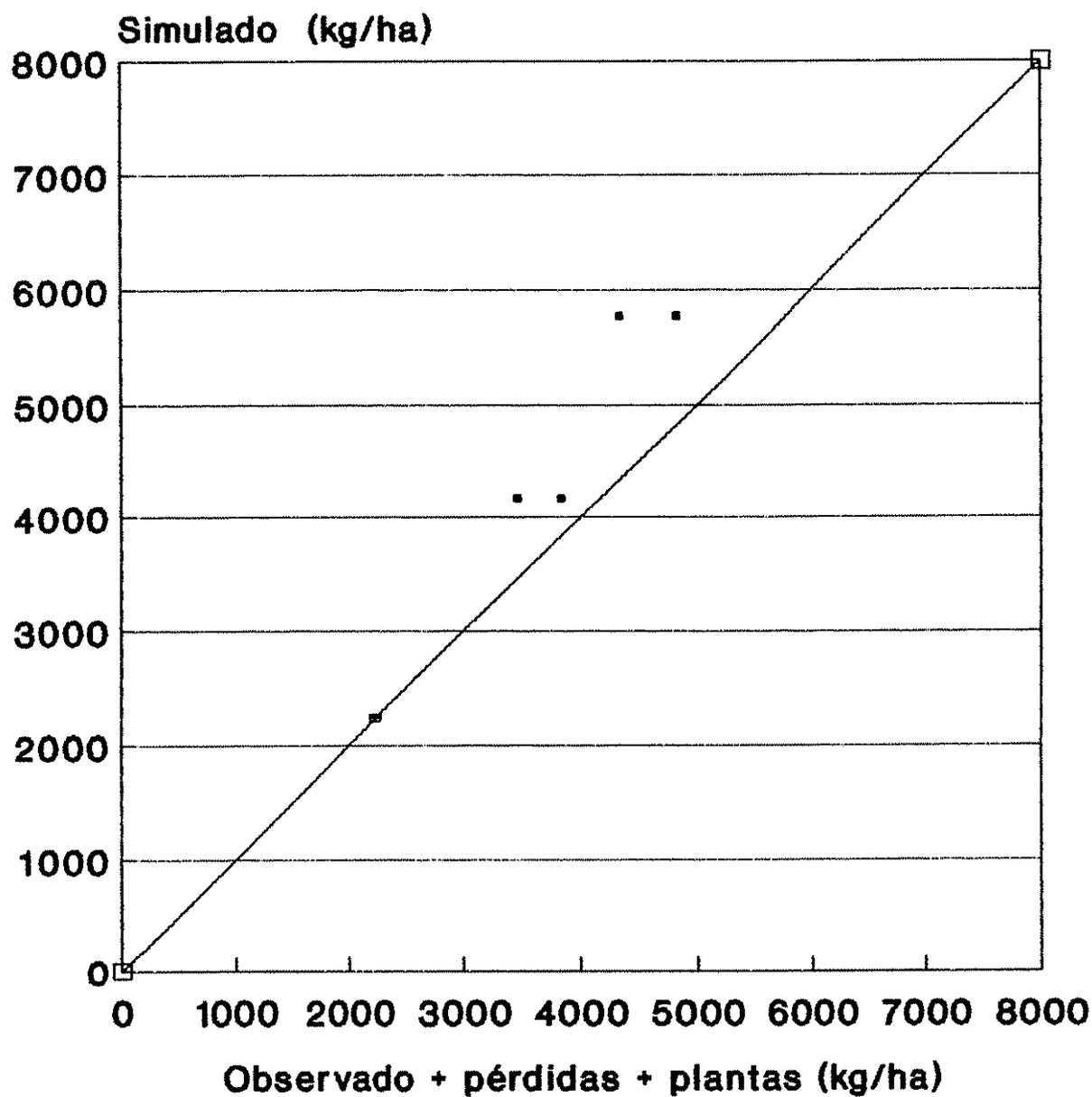


Figura 44. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas + ajuste por plantas, DIAMANTES-8043, Turrialba.

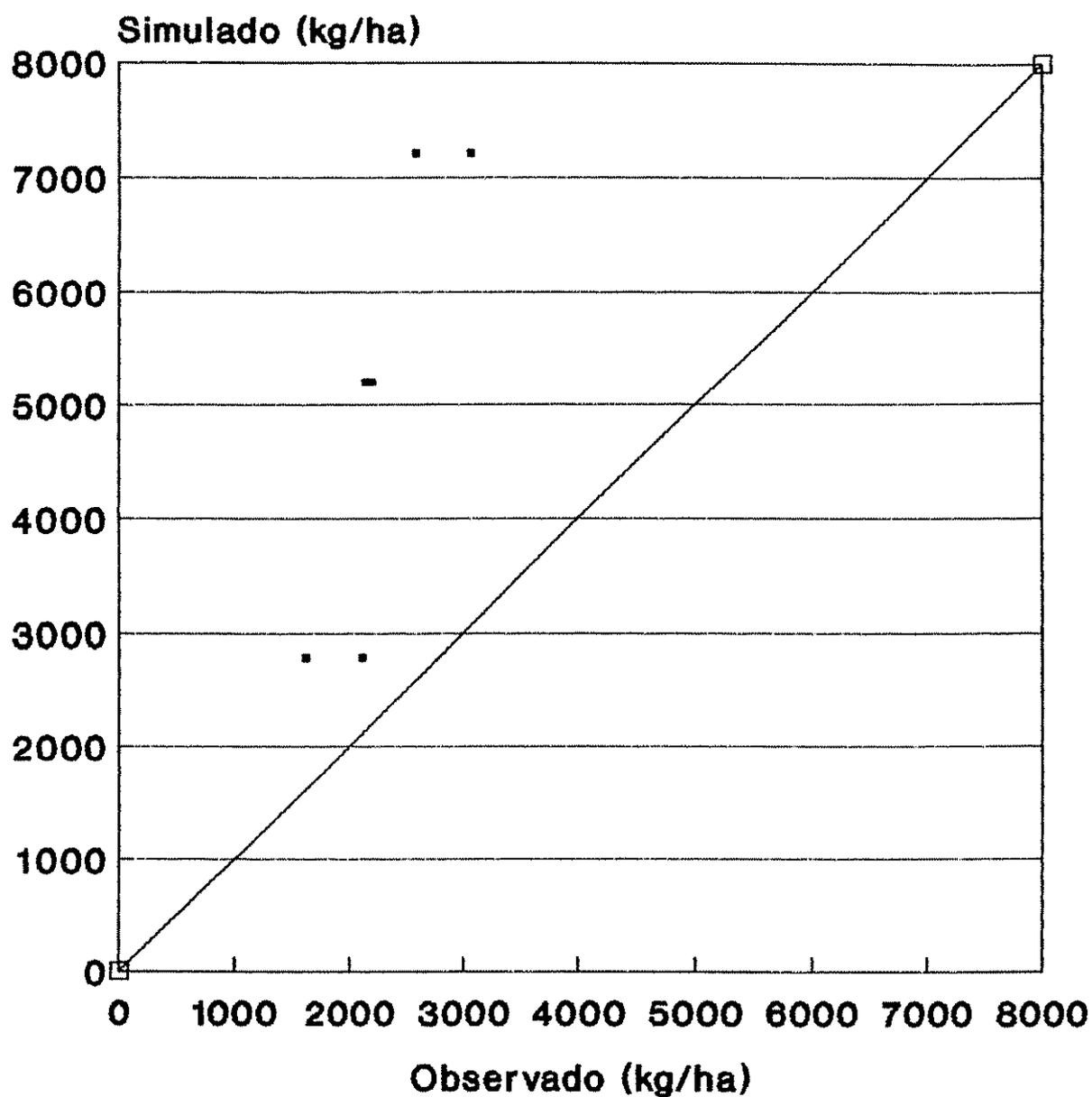


Figura 45. Rendimiento sin corrección simulado vs observado, variedad GUARARE-8128, Turrialba.

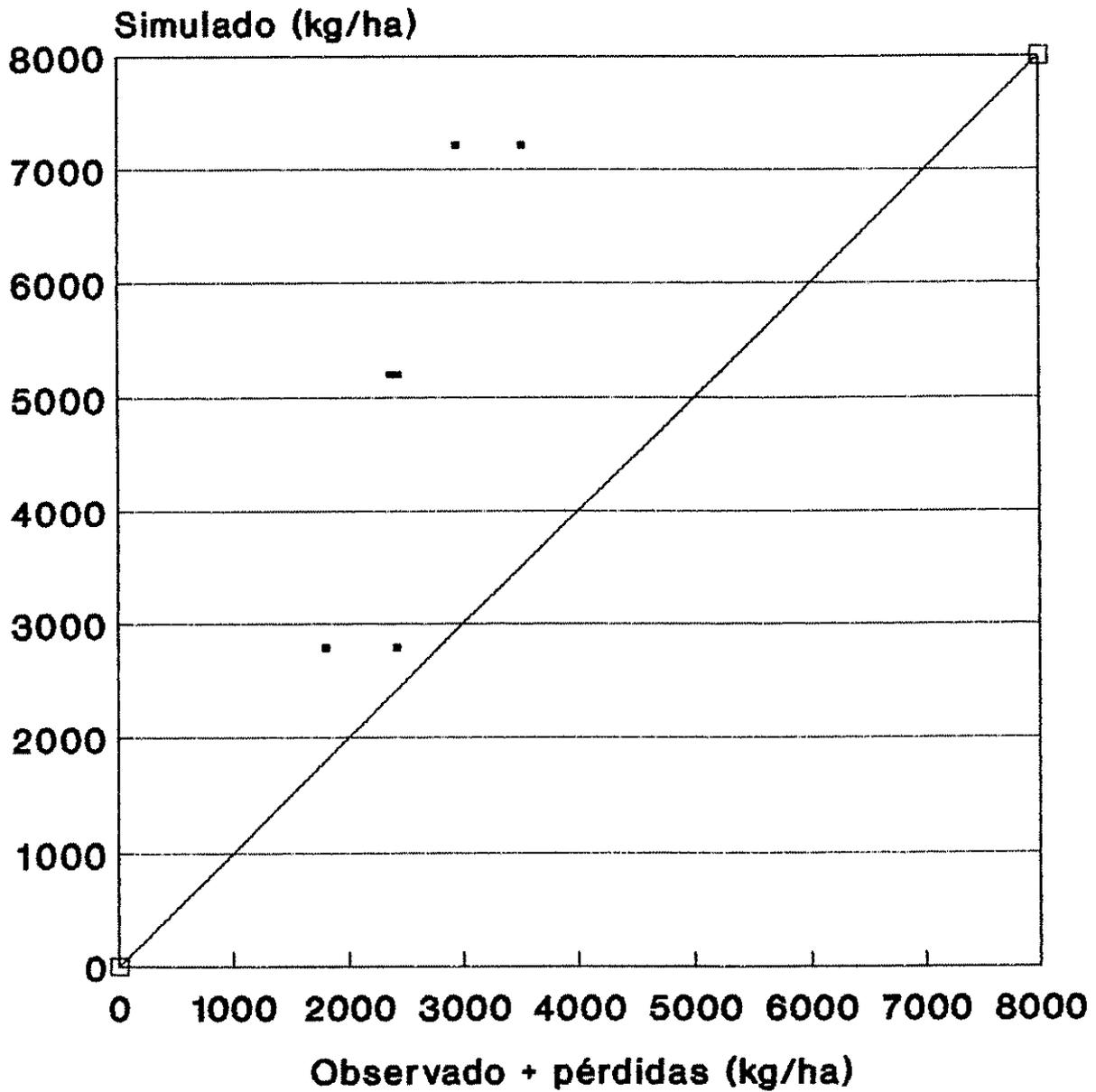


Figura 46. Rendimiento simulado vs observado + % de pérdidas, variedad GUARARE-8128, Turrialba.

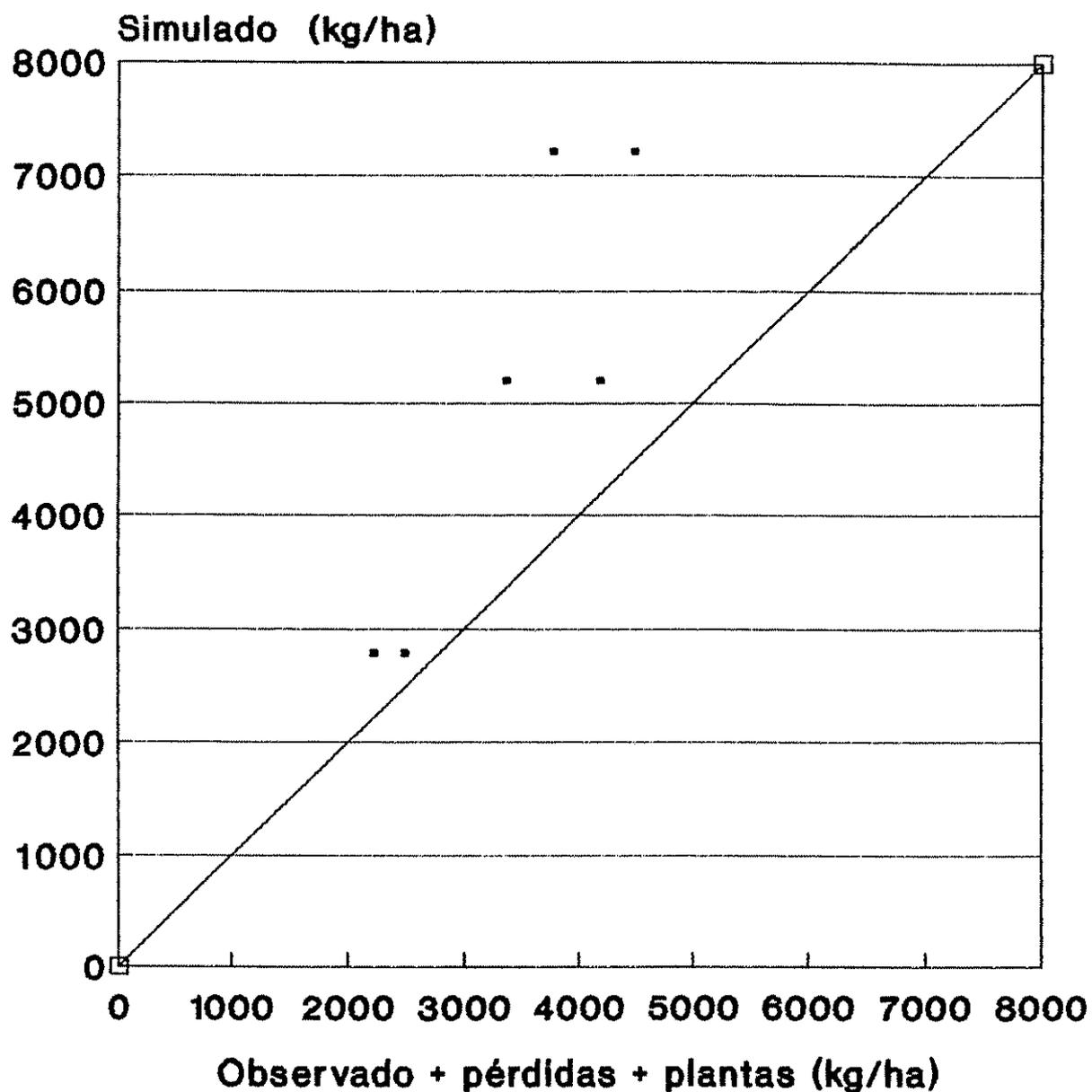


Figura 47. Rendimiento simulado vs observado + % de ajuste por plantas, variedad GUARARE-8128, Turrialba.

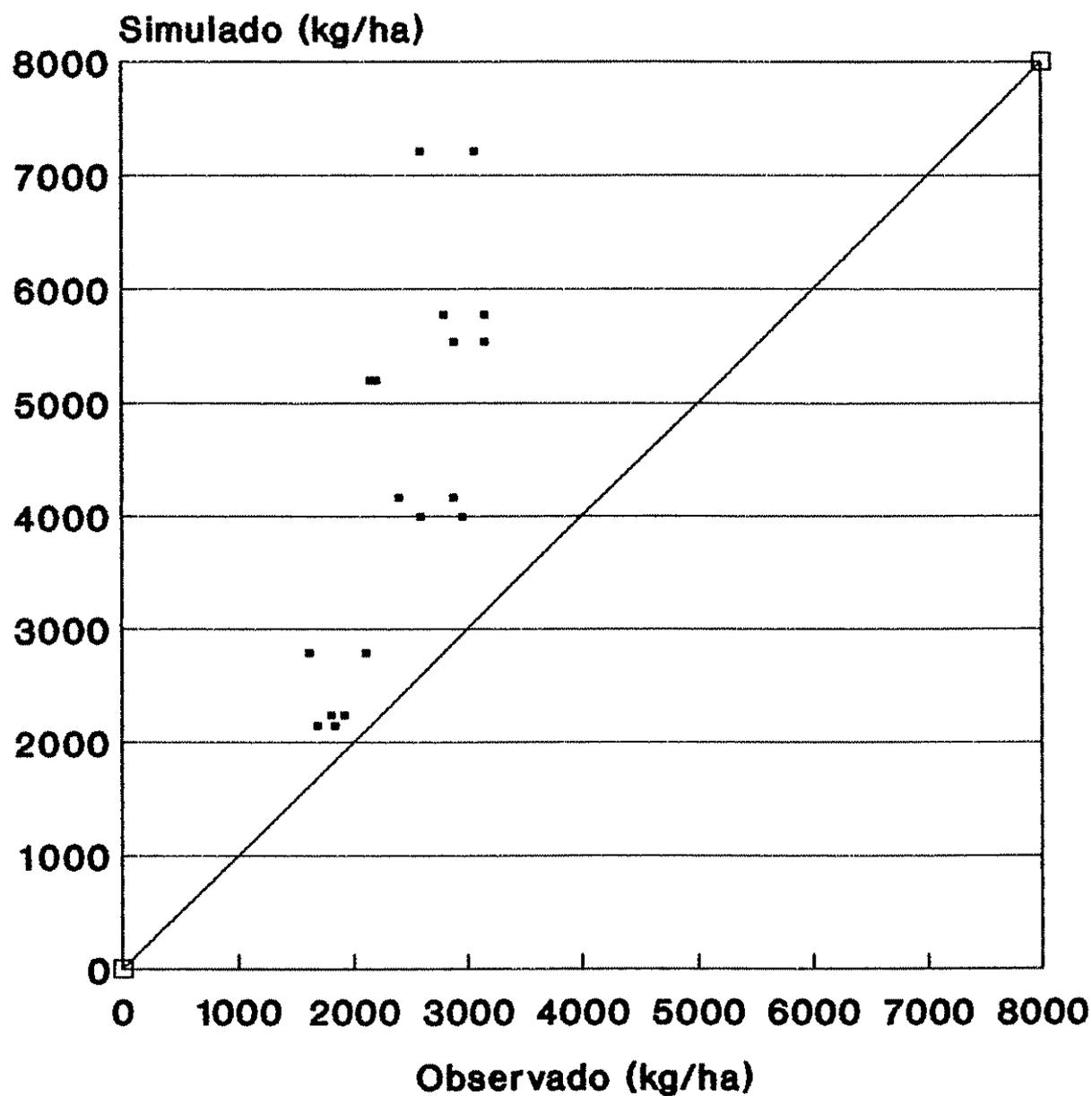


Figura 48. Rendimiento simulado vs observado, en conjunto, Turrialba.

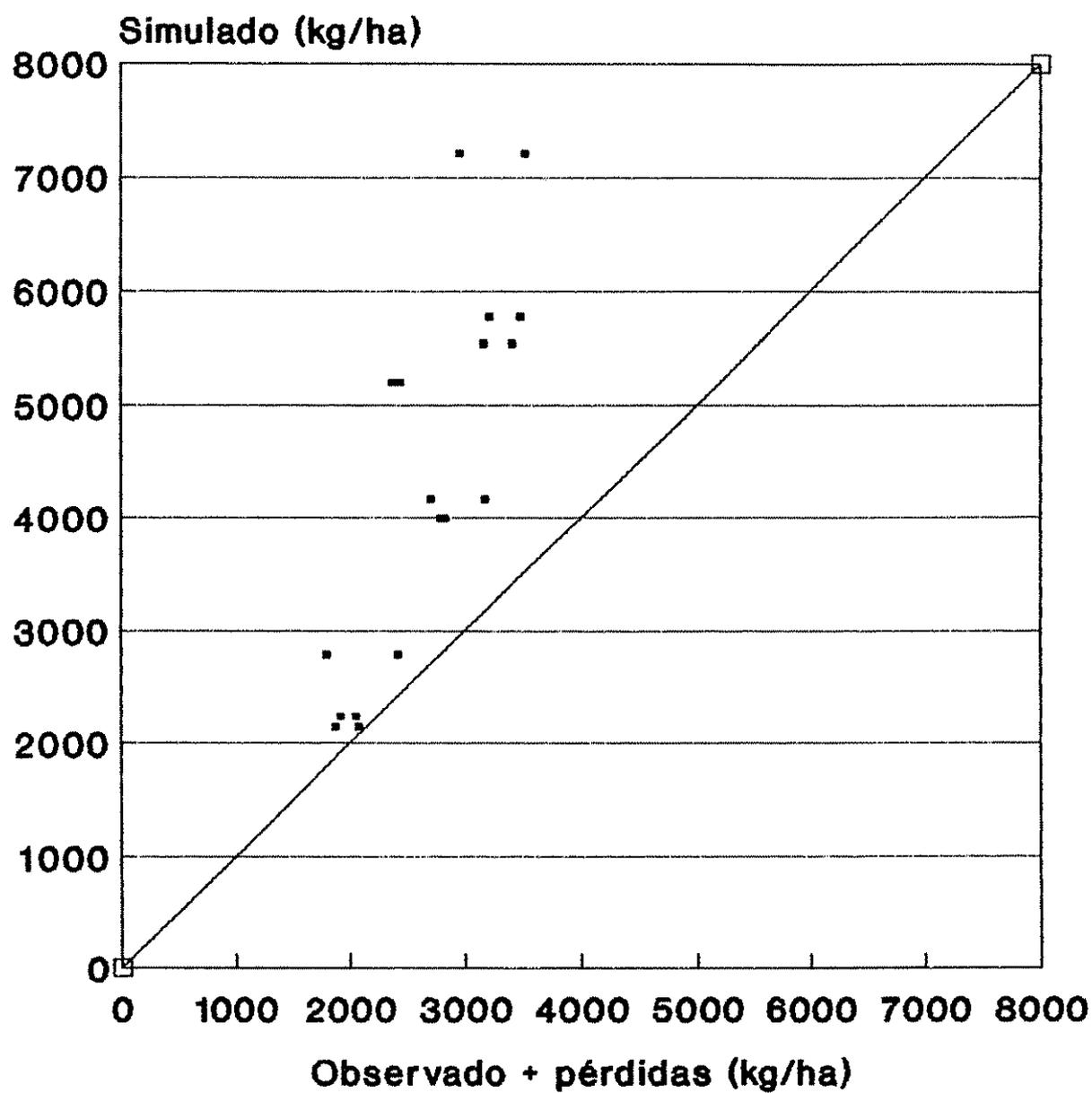


Figura 49. Rendimiento simulado vs observado + pérdidas, en conjunto, Turrialba.

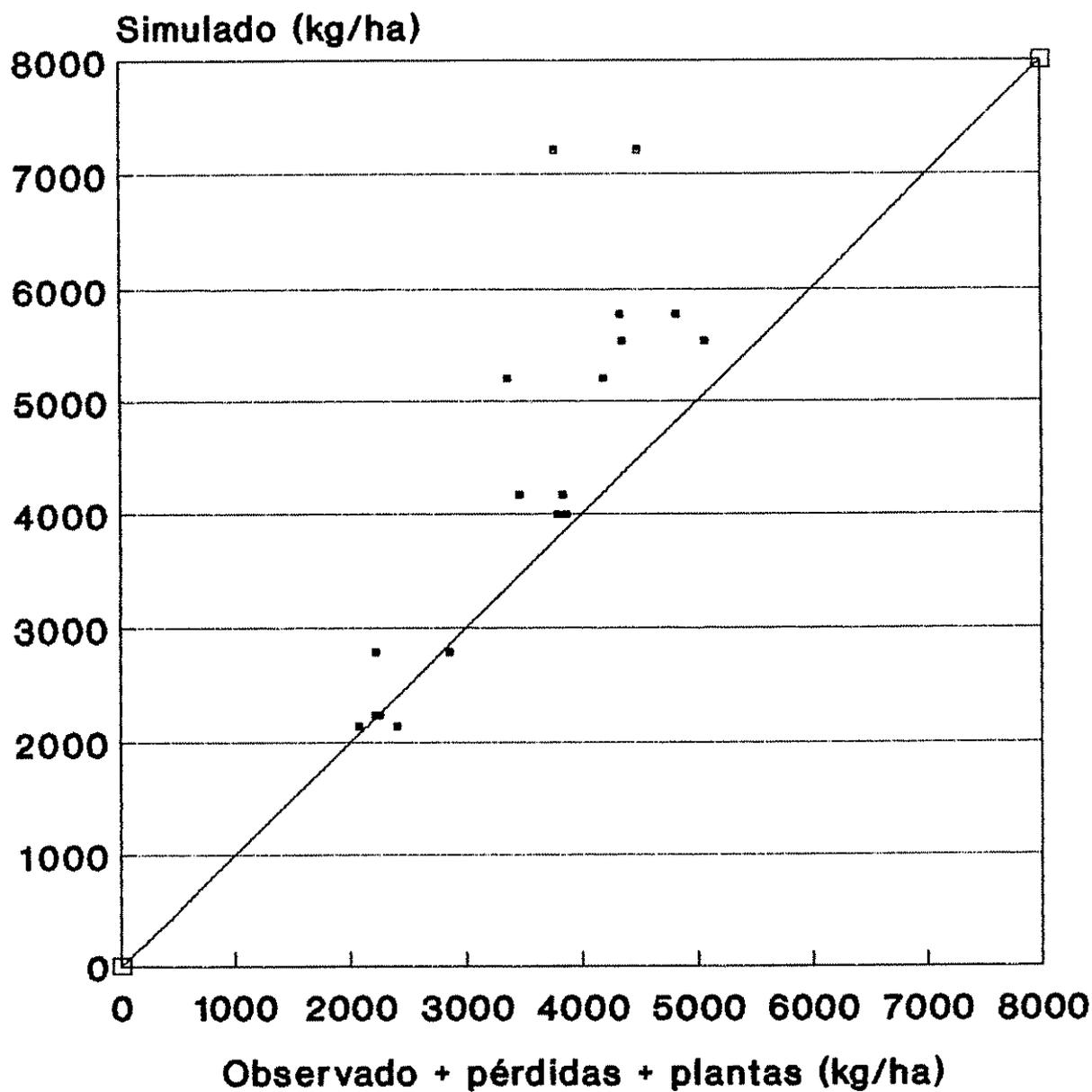


Figura 50. Rendimiento simulado vs observado + pérdidas + ajuste por plantas, en conjunto, Turrialba.

Cuadro 16. Comparación de los datos de rendimiento observados y ajustados con los simulados mediante la prueba de T pareada, para cada variedad en estudio y en conjunto¹.

Variable	Promedio	Desviación Estándar	T	Prob > T	
TICO-V9	308,1	492,3	1,5	0,1859	ns
DIAMANTES	574,5	569,9	2,5	0,0566	ns
GUARARE	1589,6	1329,3	2,9	0,0327	*
Conjunto	824,1	1004,6	3,408	0,0029	**

En el Cuadro 16 se observa que la prueba de T para el par de datos ordenado (observado, simulado) no es significativo para la variedad TICO-V9 y DIAMANTES-8043, excepto para la variedad GUARARE-8128, dando a entender que el modelo ha simulado con bastante precisión los resultados en biomasa y rendimiento de grano para las dos primeras variedades. No así para la variedad GUARARE-8128, que por factores que en este trabajo no se le encontró explicación no simuló con la precisión esperada.

La graficación de los resultados de rendimiento (observado y simulado) comparado con la densidad de siembra para cada variedad, se observa en las Figuras 51, 52 y 53. En donde se denota la tendencia de las curvas, en los casos de ajuste por pérdidas mecánicas, fisiológicas y por número de plantas.

En la Figura 54 se presentan los límites de confianza y la distribución de los puntos del rendimiento producto de los tratamientos para las tres variedades en Turrialba.

¹ Las 3 variedades.

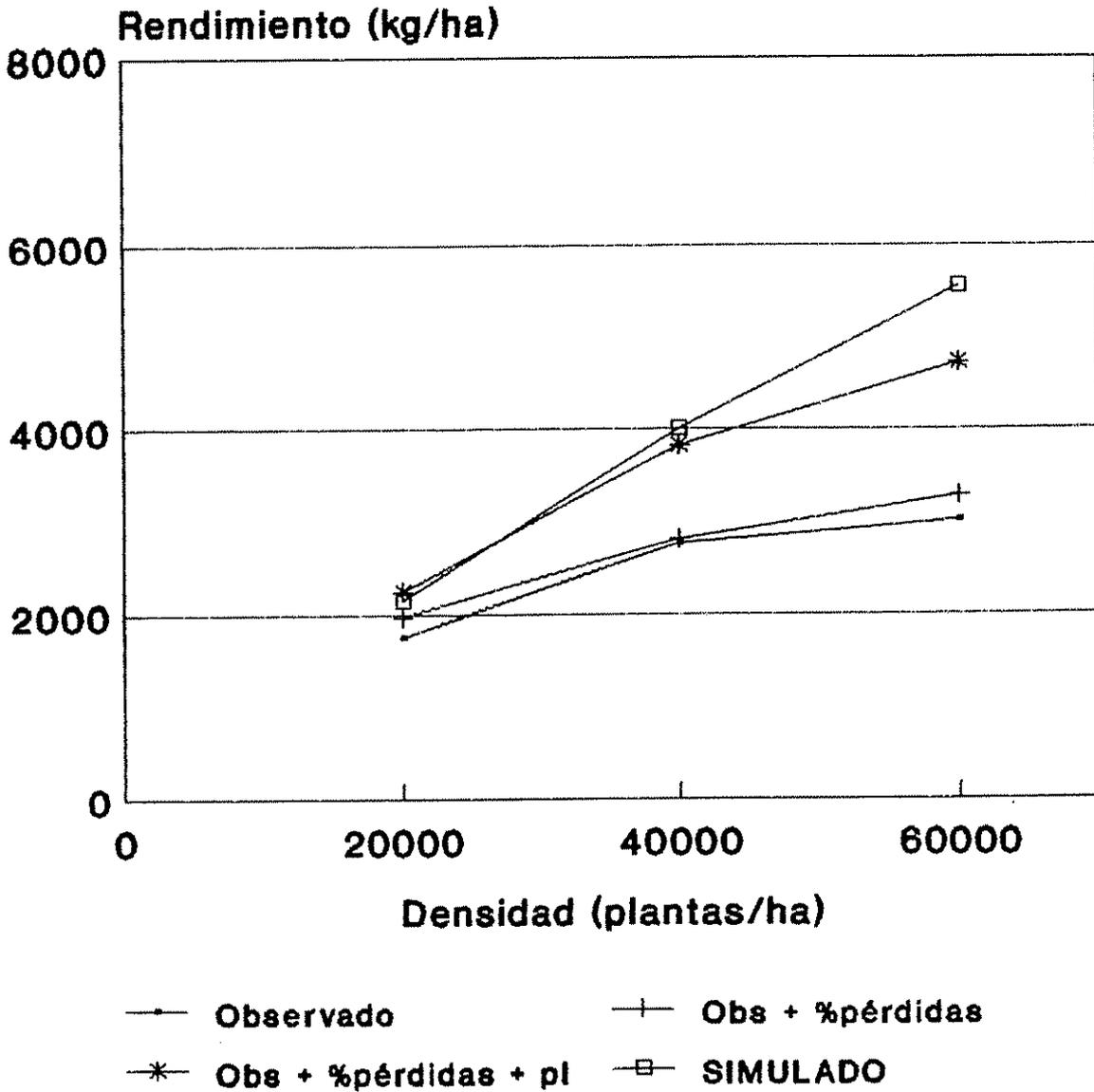


Figura 51. Rendimientos observados y simulado vs densidad, variedad TICO-V9, Turrialba.

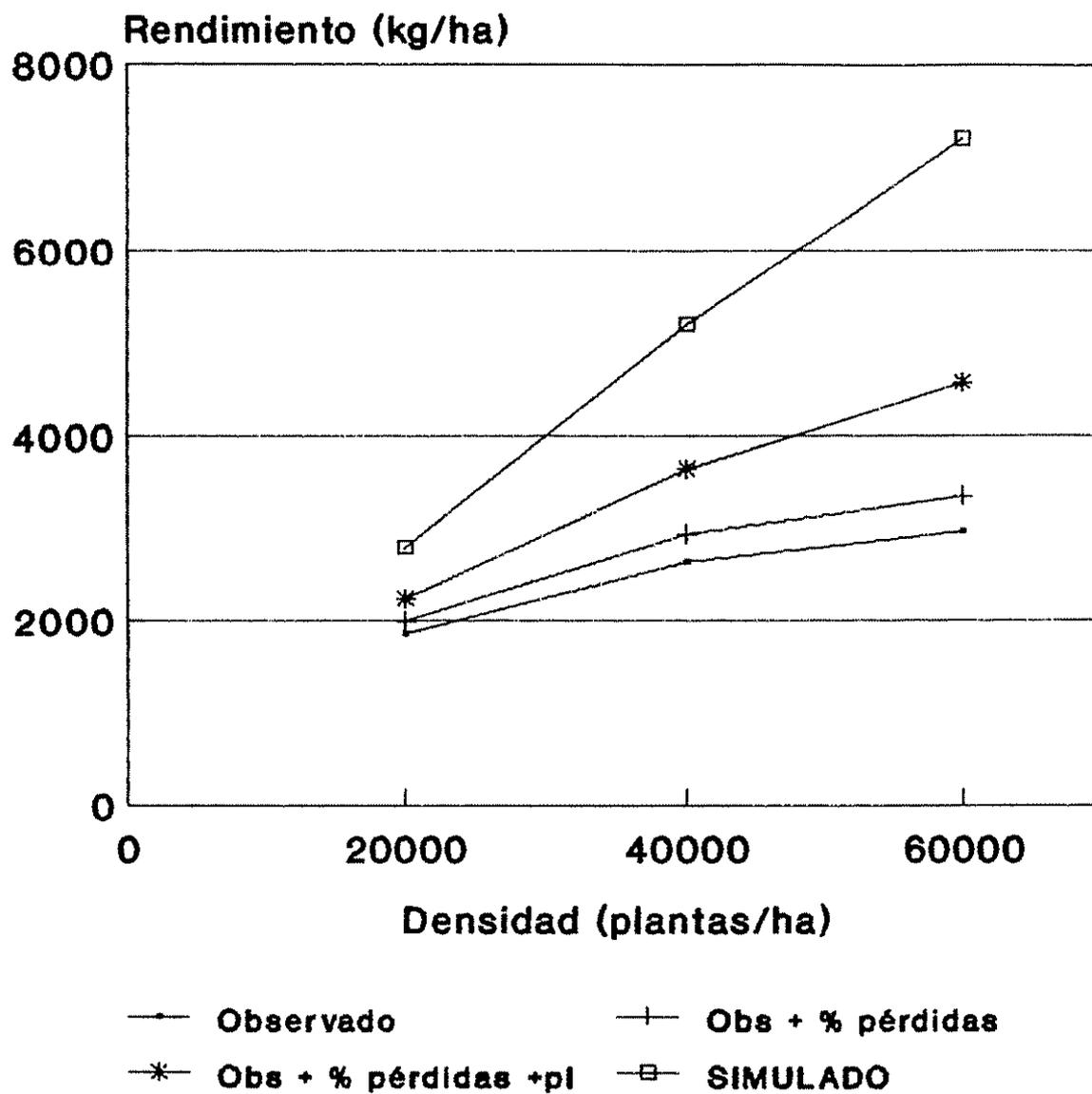


Figura 52. Rendimientos observados y simulado vs densidad, variedad DIAMANTES-8043, Turrialba.

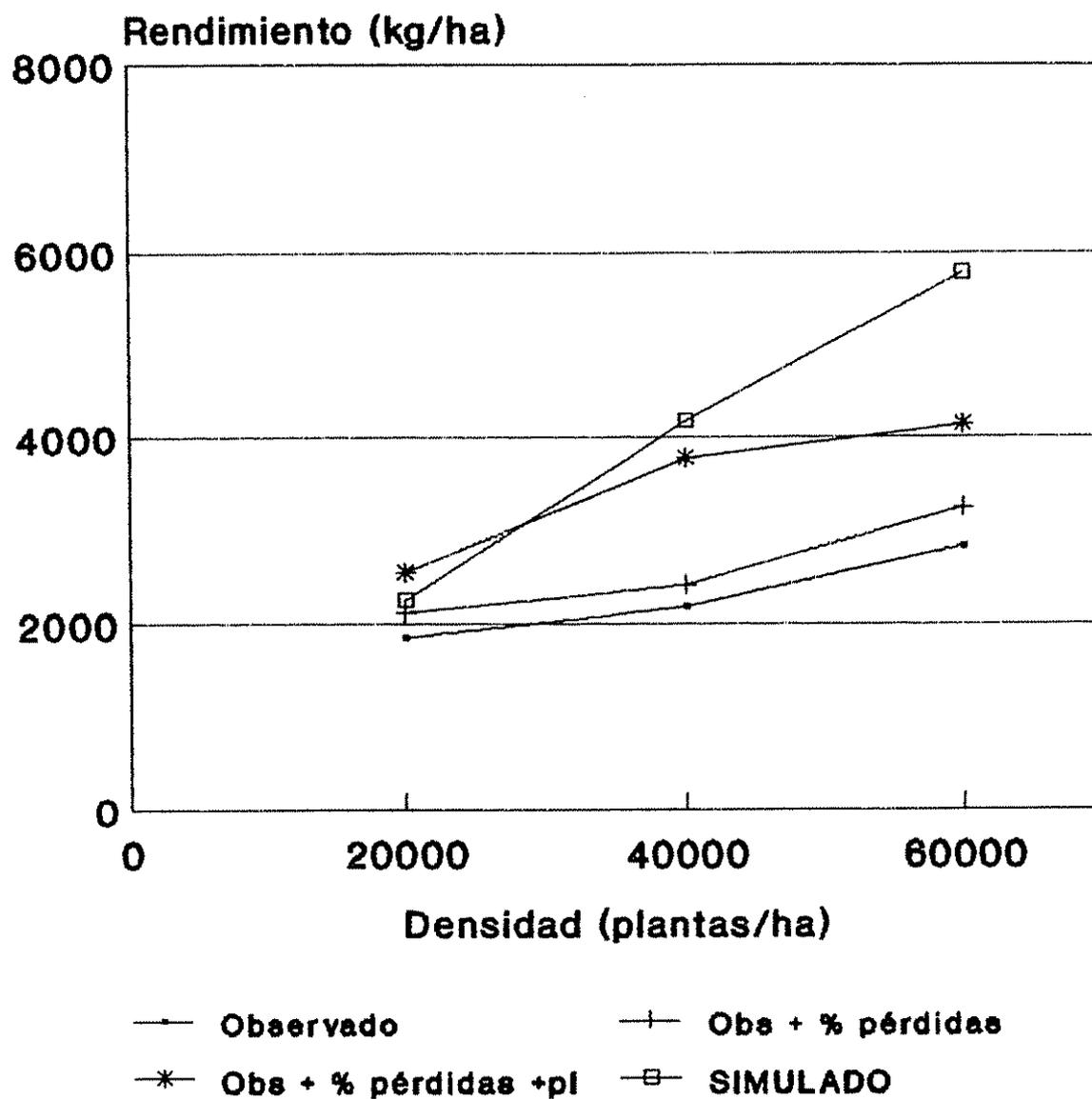


Figura 53. Rendimientos observados y simulado vs densidad, variedad GUARARE-8128, Turrialba.

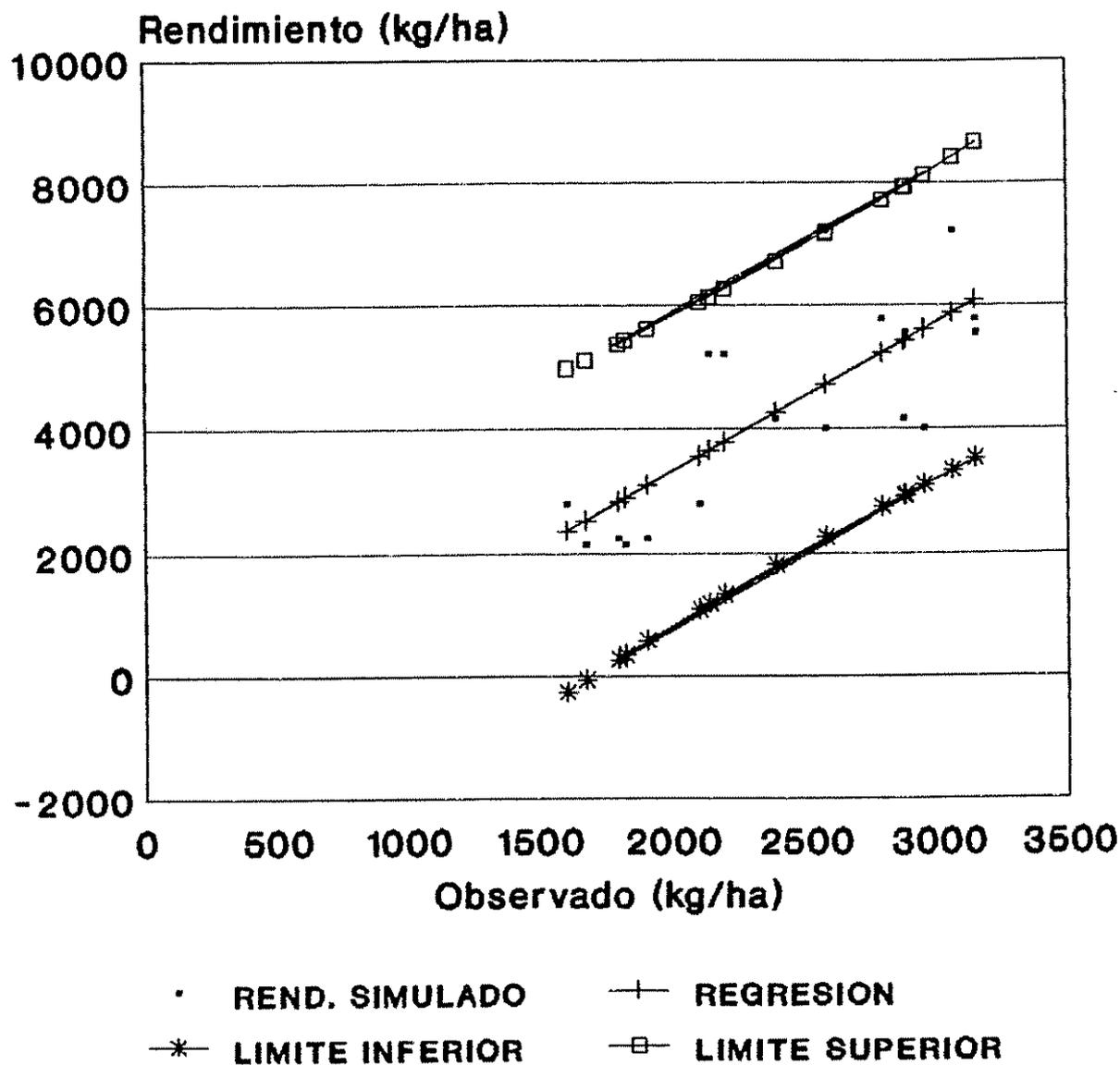


Figura 54. Límites de confianza para rendimiento observado vs simulado al 95%.

5. DISCUSION

La calibración del MODELO, es un paso necesario a dar para iniciar los ajustes en los parámetros de entrada a éste. Tanto los cambios sugeridos por Romero, 1988, como los encontrados en este trabajo han dado la pauta a seguir en cuanto a la necesidad de generar transformación básica para las variedades de maíz desarrolladas en los trópicos.

Una de las restricciones del MODELO-CERES MAIZ para su generalización, es la forma como deben de incorporarse los datos para poder simular el desarrollo y rendimiento de la planta de maíz.

Por lo general la información disponible sobre análisis de suelo y clima no está organizada en la forma como ha sido diseñado el MODELO, ni es suficiente para la aplicación directamente en el DSSAT (Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones) del IBSNAT, lo cual dificulta el manejo del MODELO.

Para los ensayos tanto de calibración como de validación la biotemperatura acumulada en el ciclo del experimento alcanzó un valor promedio de 2177 para los 4 sitios, con un promedio general por día de 15 grados-día, resultados similares fueron encontrados para Turrialba (Valdivia 1989). La estimación de grados-día bajo condiciones tropicales parece estar influenciada por la gran disponibilidad de energía, en comparación a las zonas templadas.

La distribución bimodal de la precipitación para los meses en estudio dentro de los ensayos de campo, está en concordancia con las condiciones climáticas dadas para zonas tropicales (Holdridge, 1982; Arze, 1975). Esta distribución de la precipitación se presenta en una forma bimodal para Alajuela y Guanacaste, y no tan notoria para Turrialba y Guápiles, debido a la mayor precipitación en estos dos últimos lugares.

La disponibilidad de agua no fue un factor limitante de la producción de grano en los 4 sitios. En Turrialba debido a las características del suelo (Kimble, 1982), permitió encontrar una situación particular en donde el agua disponible se encontró entre 0,3 y 0,7 cm/cm, normal para estos suelos, cuya amplitud es menor a los otros suelos de los sitios evaluados.

En el experimento de Turrialba no se presentaron diferencias significativas para el rendimiento debidas al efecto de fertilización, el modelo tampoco fue sensible a los niveles de fertilización considerados (50 y 150 kg/ha de Nitrógeno), posiblemente éstos no fueron suficientemente contrastantes, resultados similares fueron encontrados en Turrialba (Castillo 1988; Romero 1988).

En la evaluación de los coeficientes genéticos los grados-día desde la emergencia a la iniciación de la flor masculina (emergencia de la quinta hoja aproximadamente), correspondientes al P1 fueron los mismos para el cultivar

TICO-V9 y DIAMANTES-8043 (293 grados-día), y ligeramente superior para la variedad GUARARE-8128 (309 grados-día). Este coeficiente para las variedades estudiadas es mayor a los presentados en estudios anteriores en Turrialba, comprendidos entre 210 a 250 grados-día (Gómez 1987; Heer 1986; Romero 1988, Valdivia 1989) para diferentes variedades.

Los grados-día desde la floración femenina hasta la madurez fisiológica (P5) varió entre 720 (TICO-V9 y GUARARE-8128) y 737 (DIAMANTES). Estos valores se encontraban entre los citados por Valdivia (1989), sin embargo fueron altos en relación a los descritos por Heer (1986), Gómez (1987) y Guevara (1988). Este último encontró el menor valor del P5 (571 grados-día) para la variedad Tuxpeño, sembrada en noviembre. La variabilidad de este coeficiente parece estar dada por el método de estimación de los grados-día, posiblemente al no considerar un cálculo horario de las variaciones térmicas, asumiendo el promedio diario de máximas y mínimas como parte de un proceso simétrico.

El coeficiente genético G5 (tasa potencial de crecimiento de grano para las 3 variedades, varió entre 5,50 a 7,00. Estos valores se encuentran próximos al rango inferior de la mayoría de los cultivares de maíz (6 a 11 mg/día) según Jones y Kiniry (1986).

El número total de hojas simuladas por el modelo fue 57% mayor a las observadas, 33 hojas simuladas en comparación a 21 hojas observadas. Diferencias similares

encontraron Castillo, 1988 y Romero, 1988; al calibrar el MODELO CERES-MAIZ en Turrialba, evidenciando la importancia en la determinación de los componentes que influyen en la expresión de las hojas, por ejemplo la calidad de luz, brillo solar, radiación, temperatura, así como fertilización de suelo y las características de la planta.

El número total de hojas depende de las tasas de iniciación y de emergencia, así como del número de hojas presentes en el embrión de la semilla. De acuerdo a estas consideraciones, el modelo CERES-MAIZ fue calibrado por Heer (1986) y Gómez (1987), modificando la tasa de iniciación de hoja (0,77 hojas/día) equivalente a 21 grados-día por hoja, por la tasa observada. Romero (1988), además de esta calibración incluyó otras en relación a la tasa de emergencia de hojas, crecimiento de hojas, tallo, mazorca y grano. La calibración sugerida por Romero fue utilizada siendo necesario modificar la tasa de iniciación de hojas equivalente a 26 sugeridas por Romero (1988) a 29. Con estas modificaciones al modelo se logró simular 21 hojas por planta en todos los tratamientos y mantener niveles de producción potencial satisfactoria en comparación con los resultados observados en el campo.

El ajuste de grano debido a las pérdidas correspondientes a daños de plagas, enfermedades y factores físicos que influyen en el proceso fisiológico, fue debido posiblemente al asincronismo sexual dado por las diferentes

densidades de siembra. Todos estos aspectos no son considerados por el modelo, (Charles-Edwards, 1982; Baker y Horrocks, 1976). Además fue adicionado un ajuste por número de plantas cosechadas en relación al número de plantas esperadas, a fin de poner la información sobre rendimiento observado bajo similares supuestos del modelo de simulación, debidamente calibrado ya que el MODELO da resultados por planta de acuerdo a la densidad de siembra, sin tomar en cuenta las plantas desaparecidas por diferentes factores.

Los resultados de la calibración son adecuados para las variedades TICO-V9 y DIAMANTES-8043, mientras que para la variedad GUARARE-8128 todavía no son satisfactorios, posiblemente por tratarse de una variedad de grano amarillo con características diferentes a las de grano blanco. Sin embargo, los ajustes son satisfactorios. De manera general el rendimiento de grano simulado fue mayor a mayor densidad de plantas (60.000 plantas/ha). Se observa en consecuencia un mejor comportamiento del modelo alrededor de 40.000 plantas/ha, resultados similares son citados por Romero (1988) adicionando la independencia de éste comportamiento a niveles de fertilización nitrogenada (50 y 150 kg/ha de nitrógeno).

6. CONCLUSIONES

- 1- El coeficiente genético expresado por los grados-día desde la emergencia a la iniciación de la flor masculina (P1) fue de 293 grados-día para las variedades TICO-V9 y DIAMANTES-8043, y 309 para la variedad GUARARE-8128.
- 2- El coeficiente genético P5, grados-día de la floración femenina hasta la madurez fisiológica fue de 720 para la variedad TICO-V9 y GUARARE-8128, y de 737 para la variedad DIAMANTES-8043.
- 3- El potencial de granos por planta (G2) fue de 589 granos por planta para la variedad TICO-V9, 606 granos/planta para DIAMANTES-8043 y 613 granos/planta para GUARARE-8128. La tasa potencial de crecimiento del grano fue de 5,6 mg/grano/día para TICO-V9 y DIAMANTES-8043 y de 7,00 para GUARARE-8128.
- 4- El modelo CERES-MAIZ V2.0 fue calibrado, modificando los días requeridos para la iniciación de cada hoja, cambiando de 21 grados-día por hoja a 29 grados-día por hoja. Se incluyeron también las modificaciones a la tasa de emergencia de hojas, aparte de la tasa fotosintética a la determinación del número de granos.
- 5- Con los ajustes señalados el modelo simuló adecuadamente el no. de hojas para las 3 variedades (21). El rendimiento en grano fue simulado adecuadamente para las

variedades TICO-V9 y DIAMANTES-8043. Para la variedad GUARARE-8128 (amarillo) la calibración requiere ajustes específicos.

- 6- La comparación de los rendimientos simulados con los observados para los tres sitios (Alajuela, Guanacaste y Guápiles) para las tres variedades, validaron el modelo CERES-MAIZ V2.0 para las variedades TICO-V9 y DIAMANTES-8043. La variedad GUARARE-8128 no produjo información que validara el modelo con los ajustes realizados.

7. RECOMENDACIONES

- 1- Familiarizar al usuario con el modelo, su filosofía, componentes, entradas, salidas y aplicaciones, así como también con el Sistema Manejador de Bases de Datos del DSSAT (Sistema de apoyo a la toma de decisiones), desarrollados por el IBSNAT.
- 2- Estudiar la variedad GUARARE-B128 con mayor profundidad a fin de encontrar respuesta específica al comportamiento simulado con el modelo CERES-MAIZ.
- 3- Determinar todos los coeficientes genéticos de los cultivares de maíz de mayor utilización en el trópico.
- 4- Realizar estudios de suelo con la precisión de detalle requerida por el modelo para todas las áreas productoras de maíz de Costa Rica
- 5- Preparar bases de datos de suelo, clima y cultivo en la forma requerida por el modelo para presentarlas a las instituciones del sector agropecuario vinculadas a la producción de maíz.

B. BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE ASTE, V. 1979. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., IICA/CTEI. 145 p.
- ALDRICH, S. R.; LENG, E.R. 1974. Producción moderna del maíz. Trad. por Oscar Martínez Teneiro ; Patricia Leguizamón. Buenos Aires, Arg., Hemisferio Sur. 309 p.
- ALFARO, V.J. 1985. Maíz. Costa Rica. Consejo Nacional de la Producción, CNP. Departamento Agrotécnico. Programa de Maíz. 23 p.
- ANDERSON, J.R. 1974. Simulation: Methodology and Application in agricultural economics. Review of marketing and agricultural economics.
- ARZE, J.. 1975. Condiciones de radiación solar y otros factores microambientales dentro de un cultivo de maíz (Zea mays) a diferentes densidades y orientaciones de surcos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 111 p.
- ARZE, J. 1987. Modelo y simulación en la transferencia de agrotecnología. RISPAL (C.R.) Nº 3:3-5.
- ARZE, J.; BARRANTES, A. 1983. Luz solar disponible dentro del cultivo de maíz. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (29, 1983, Panamá). Resúmenes. Panamá. p. 1.
- BAKER, C.H.; HORROCKS, R.D. 1976. Cormod, a dynamic simulator of corn production. Agricultural systems (G.B.) 1(1):55-77.
- BAZAN, R. 1976. Sistemas de producción agrícola y transferencia de tecnología al pequeño agricultor. Turrialba, C.R., CATIE. 24 p.
- BECHT, G. 1974. Systems theory, the key to holims and reductionism. Bio Science (EE.UU) 24 (10):569-577.
- BIZADY, N.C. 1987. Increased food production through expansion and intensification of soil and land use. In: Society of the Science of Soil and Manure, Japan. Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture (SEFMIA) Tokio-Japan, 1977, Tokio. p. 3-18.

- BREMER, J.M.; MULVANEY, C.S. 1982. Nitrogen-total. In A.L. Poge et al (Ed). Part 2. Agronomy 9: 595-624. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison. Wis.
- BROCKINGTON, N.R. 1972. Los Sistemas. In: Enfoque de sistemas en la investigación ganadera. Ed. por J.C. Scarsi. Montevideo, Uru. p. 3-15.
- CASTILLO, A. 1988. Investigación físico biológica y validación de un modelo de crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) en Nicaragua. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., CATIE. 170 p.
- CERES_MAIZE a simulation model of maize grow and development. 1986. Ed. by C.A. Jones; J.R. Kiniry. Texas, A & M. University. 194 p.
- CESA. Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas. 1982. Testimonio de una acción comprometida. Ecuador, 1974 p.
- CHARLES-EDWARDS, D.A. 1982. Physiological determinants of crop growth. New York, Academic Press. p. 1-7.
- CHARLTON, P.J.; THOMPSON, S.C. 1970. Simulation of agricultural systems. Journal of Agricultural Economics (G.B.) 21:373-389.
- CIBA-GEIBY AGROPECUARIA. 1983. Guía práctica para el cultivo del maíz. Funks híbridos. Buenos Aires, Arg. 26 p.
- CORNELIUS, P.L.; RUSSEL, W.A.; WOOLEY, D.G. 1961. Effect of topping on moisture loss, dry matter accumulation, and yield of corn grain. Agronomy Journal. (EE.UU.) 53:285-289.
- DENT, J.; BLACKIE, M. 1979. Systems simulation in agriculture. Essex, G.B., Applied Science Publishers. 180 p.
- DENT, J.B.; ANDERSON, J.R. 1974. Systems simulation and agricultural research. The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science (A.C.T.) 38(4):264-269.
- DIAGO, F.R. 1975. El mejoramiento integral del maíz, rendimiento y valor nutritivo; hipótesis y métodos. Tesis Doctor en Ciencias. Chapingo, Mex., Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de post-graduados, Rama de Genética. 215 p.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal, e investigación en invernadero. Turrialba, C. R., CATIE. 68 p. (mimeografiado).

- FAO (ITALIA). 1978. Anuario FAO de la producción 1978. Vol. 32. Roma, Italia. 287 p.
- FARGAS, J. 1986. Conceptos básicos sobre análisis de crecimiento de las plantas. In: Conceptos Metodológicos sobre Investigación y Desarrollo de Tecnología para Sistemas de Producción de Cultivos. CATIE (C.R.) Serie de Materiales de Enseñanza No. 26 v. 2, p. 1-7.
- FERRARI, TH.J. 1978. Elements of system dynamics simulation; a textbook with exercises. New York, Wiley. 89 p.
- FONSECA, M. C. 1976. Control del gusano barrenador del maíz "Diatrea lineolata Wilk" a base de cuatro plaguicidas químicos y uno biológico. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. 35 p.
- FORSYTHE, W. 1980. Física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1 ed. San José. C.R., 212 p.
- FUENMAYOR, J.E. 1983. Análisis del crecimiento e influencia de los factores microclimáticos en cultivos solos y asociados de Zea mays L., Glycine max y Vigna unguiculata (L) Walp. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 192 p.
- GARCIA A., J.E. 1983. Importancia socioeconómica del cultivo del maíz. Managua, FAO. p. 15'28.
- GASTAL, E. 1980. Sistemas de producción. Trad. por G. Villanueva ; H. Stagno. 2 ed. Santo Domingo, R.D., Secretaría de Estado de Agricultura. 47 p. (IICA. Documento Técnica no.2).
- GOMEZ, L.R. 1987. Evaluación del sistema maíz (Zea mays) - soya (Glycine max) y validación del modelo "CERESN" de crecimiento de maíz en monocultivo y asociado a dos variedades de soya. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 139 p.
- GOODWIN, J.B.; GARAGORRY, F.L.; ESPINOSA, W.; SANS, L.M.; YOUNGDAHL, L.J. 1982. Modelling soil-water-plant relationships in the cerrado soils of Brazil; the case of maize (Zea mays L.) Agricultural System (G.B.) 8:115-127.
- GORDON, G. 1982. Simulación de sistemas. 3 Ed. Trad. Sergio Fernández E. México. 344 p.
- GUIA PRACTICA para el cultivo de maíz. 1983. Funks híbridos. Buenos Aires, Arg. CIBA-GEIBY AGROPECUARIA.

- HART, R. 1979. El papel de modelos en la investigación y desarrollo agrícola. In: Curso sobre Control Integrado de Plagas en Sistemas de Producción de Cultivos para Pequeños Agricultores. Turrialba, C. R., CATIE/UC/USAID-OIRSA, 1979. 1:86-96.
- HART, R.D. 1979. Agroecosistemas, conceptos básicos. Turrialba, C. R., CATIE, 211 p.
- HARWOOD, R.R. ; PRICE, E. C. 1976. Multiple cropping in tropical Asia. In Multiple cropping, Ed by R.I. Papendick; P.A. Sánchez; G.V. Triplett, (American Society of Agronomy Spec. Publ. 27).
- HEER, A.C. 1986. Validación de un modelo de crecimiento de maíz (Zea mays L.) en monocultivo y asociado con yuca (Manihot esculenta, C.) en el trópico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 203 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por H. Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- HUDSON, J.P. 1967. Control del medio ambiente de la planta. Madrid, Omega. p. 37-38.
- INFORMACION BASICA del sector agropecuario de Costa Rica. 1987. San José, C. R., SEPSA. 184 p.
- INFORMACION BASICA del sector agropecuario de Costa Rica. 1989. San José, C. R., SEPSA. 138 p.
- JONES, C.A.; RITCHIE, J.T.; KINIRY, J.R.; GODWIN, D.C.; OTTER, S.I. 1983. The CERES wheat and maize models. In International Symposium on Minimum Data Sets for Agrotechnology Transfer (1983, Patancheru, India). 1984. Proceedings. Patancheru, India, ICRISAT. p. 95-100.
- KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. 1982. Nitrogen-Inorganic Forms. In A. L. Page et al, ed Part 2. Agronomy 9:643-698.
- KEULEN, H. VAN. 1976. Evaluation of model. In Critical evaluation of systems analysis in ecosystems research and management. Ed. by G.W. Arnold, C.T. de Wit. Wageningen, Netherlands, PUDOC. p. 22-29.
- KIMBLE, J. 1982. Comments on CATIE pedons. Turrialba, C.R., CATIE, U.S.D.A. Soil Conservation Service. 8 p.
- LARCHER, W. 1977. Ecofisiología vegetal. Trad. del alemán por Jorge Lalucat. Barcelona, Omega. 304 p.
- LOOMIS, R.S.; RABBINGE, R. 1979. Explanatory models in crop physiology. Annual Review of Plant Physiology (EE.UU.) 30:339-367.

- MEYER, S.B.; ANDERSON, D.B.; BOHNING, H.R. 1960. Introducción a la fisiología vegetal. Trad. por Luis Guibert; Roberto Pitterbarg. Buenos Aires. Arg, Editorial Universitaria de Buenos Aires. p. 509-515.
- MORENO, R. 1977. Sistemas y enfoque de sistemas. Turrialba, C.R., CATIE. 33 p.
- NAYLOR, T.H.; BALINTLY, J.L.; BURDICK, D.S.; CHU, K. 1966. Computer simulation techniques. New York, EE.UU,s.n. 381 p.
- PALACIOS, V.O. 1980. Desarrollo de un modelo matemático de simulación del sistema agua-suelo-planta-atmósfera. In Simposio Internacional "Modelo de Simulación Aplicado a la Dinámica del Suelo". Ed. MC Jesús Martínez, Roberto Miñez. Chapingo, México, Colegio de Posgraduados. p. 129-143.
- PENING DE VRIES, F.W.T. 1980. The use of models in crop physiology. In Colloquium of the International Potash Institute (15,1980, Wageningen, The Netherlands) p. 213-226.
- POEHLMAN, J.M. 1965. Mejoramiento Genético de las cosechas. Trad del inglés por Nicolás Sánchez Durón. Mex, Centro Regional de Ayuda Técnica. 453 p.
- RISTER, V. 1989. Investigación físico-biológica y validación de un modelo de crecimiento de soja (Glycine may L. Merr). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 136 p.
- ROMERO, J.M. 1988. Investigación físico-biológica y validación de un modelo de crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (Zea mays L.) en Costa Rica y República Dominicana. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 159 p.
- SALINAS, G.O., FLORES, A.S. 1988. La simulación en los sistemas de producción agropecuaria. In Memoria Taller de trabajo, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 193 p.
- SARAVIA, A. 1983. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. Ed. por M.A. Sagone ; J. Escoto B. San José, C.R. IICA. 273 p.
- SARAVIA, A. 1985. Un enfoque de sistemas para el desarrollo agrícola. Ed. por M.A. Sagone ; J. Escoto B. San José, C.R., IICA. 265 p.
- SCHWABLE, R. 1967. Estudios del desarrollo de la planta en ambientes controlados. Barcelona, Omega. 39 p.

- SHAWCROFT, R.W.; LEMON, E.R.; ALLEN, L.H.; STENART, D.W.; JENSEN, S.E. 1974. The soil-plant-atmosphere model and some of its predictions. *Agricultural Meteorology* (Holanda) 14:287-307.
- SHIBLES, R.; WEBER, C.E. 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science* (EEUU) 6(1):55-59.
- SPEEDING, C.R.W. 1977. The biology of agricultural systems. New York, Academic Press. 261 p.
- STAPPER, M.; ARKIN, G.F. 1980. CORNF: a dynamic growth and development model for maize (Zea mays L.). Texas Agricultural Experiment Station. Program and Model Documentation no. 80-2. 91 p.
- STEEL, R.; TORRIE, J. 1980. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill. 622 p.
- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. s.f. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Trad. por Josué Kohashi Shibata. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 124 p. Reimpreso de: Journal of the Faculty of Agriculture Hokkaido University (Japan) 57 (pt.1):71-132. 1972.
- TESTIMONIO DE UNA ACCION COMPROMETIDA. 1982 ECUADOR, Central ecuatorina de Servicios Agrícolas. 174 p.
- THORNELEY, J.H.M. 1975. Modelling as a tool in plant physiological research. In Symposium on Environmental Effects on Crop Physiology. 2a ed. Ed. by J.J. Landsberg; C.V. Cutting. 2a ed. New York, Academic Press p. 339-350.
- 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. 218 p.
- WHITE, J.W. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. In Frijol: Investigación y producción. Referencias en los cursos de capacitación dictados por el CIAT. Comp. y ed. por Marceliano López; Fernando Fernández ; Aart Schoonhoven. Cali, Col, PNUD/CIAT. p 43-60.
- WILSIE, C.P. 1962. Cultivos: Aclimatación y distribución. Zaragoza, Editorial Acribia. 491 p.

WIT, C.T. de 1982. Simulation of living systems. In Simulation of plant growth and crop production. Ed. by F.W.T. Penning de Vries; H.H. van Laar. Wageningen, Netherlands, PUDOC. p. 3-8.

_____.; ARNOLD, G.W. 1976. Some speculation on simulation. In Critical evaluation of systems analysis in ecosystems research and management. Ed. by G.W. Arnold, C.T. de Wit. Wageningen, Netherlands, PUDOC. p. 3-9.

ZANDSTRA, H.G., PRICE, E.C., LITSINGER, J.A., MORRIS, R.A. 1986. Metodología de investigación en sistemas de cultivo en fincas. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, CIID; Bogotá, Col. 156 p.

APENDICE

Cuadro 1A. Datos diarios de radiación, precipitación temperatura máxima y mínima. Turrialba.

SITIO	AÑO	DIA JULIANO	RADIACION SOLAR	TEMPERATURA		PRECIPITA- CION
				MINIMA	MAXIMA	
TUR	87	121	351.	20.4	28.2	0.1
TUR	87	122	537.	19.8	31.2	0.3
TUR	87	123	548.	21.2	31.8	1.4
TUR	87	124	467.	22.0	30.0	52.3
TUR	87	125	447.	21.4	28.0	10.8
TUR	87	126	444.	20.2	28.6	0.1
TUR	87	127	451.	20.2	29.4	0.7
TUR	87	128	476.	18.4	28.6	0.0
TUR	87	129	286.	20.5	28.0	0.0
TUR	87	130	212.	21.0	26.5	0.0
TUR	87	131	175.	20.6	25.0	19.7
TUR	87	132	514.	20.2	28.8	4.2
TUR	87	133	463.	18.6	28.6	0.0
TUR	87	134	282.	19.5	26.8	2.6
TUR	87	135	106.	20.8	24.5	16.5
TUR	87	136	324.	18.5	26.0	2.0
TUR	87	137	489.	19.5	29.0	1.3
TUR	87	138	552.	18.0	29.8	0.0
TUR	87	139	517.	17.8	29.5	0.0
TUR	87	140	367.	19.8	29.8	1.8
TUR	87	141	329.	20.6	27.8	5.6
TUR	87	142	290.	20.0	26.0	23.6
TUR	87	143	302.	19.5	28.0	5.1
TUR	87	144	489.	19.0	29.5	5.0
TUR	87	145	460.	18.0	29.5	3.3
TUR	87	146	595.	19.6	29.8	3.2
TUR	87	147	502.	19.2	31.0	0.1
TUR	87	148	564.	19.0	30.0	0.0
TUR	87	149	555.	18.5	31.0	0.0
TUR	87	150	267.	20.0	28.0	2.5
TUR	87	151	370.	21.0	30.8	15.9
TUR	87	152	320.	19.2	29.4	0.2
TUR	87	153	416.	19.4	29.6	8.4
TUR	87	154	414.	19.8	28.2	8.5
TUR	87	155	153.	19.4	24.4	0.4
TUR	87	156	451.	19.6	29.5	29.3
TUR	87	157	473.	18.0	29.0	1.8
TUR	87	158	453.	19.7	29.6	2.8
TUR	87	159	467.	19.2	29.6	0.2
TUR	87	160	421.	19.6	30.4	36.4
TUR	87	161	377.	18.4	30.2	2.2
TUR	87	162	361.	19.8	28.5	4.5
TUR	87	163	395.	20.0	29.0	0.3
TUR	87	164	416.	20.2	28.0	8.2
TUR	87	165	401.	20.0	28.0	1.8
TUR	87	166	295.	20.0	28.2	1.8

SITIO = TURRIALBA

TUR	87	167	386.	19.6	30.2	31.4
TUR	87	168	347.	19.0	29.0	9.1
TUR	87	169	453.	18.0	28.8	0.2
TUR	87	170	559.	18.0	30.0	1.1
TUR	87	171	442.	20.5	29.8	0.0
TUR	87	172	428.	19.0	29.6	6.7
TUR	87	173	487.	19.8	29.9	0.1
TUR	87	174	429.	19.4	30.2	4.2
TUR	87	175	220.	19.2	27.4	8.2
TUR	87	176	445.	17.4	30.0	6.4
TUR	87	177	422.	20.2	28.5	0.0
TUR	87	178	369.	20.0	28.5	0.0
TUR	87	179	383.	20.0	31.0	0.0
TUR	87	180	314.	18.0	28.8	6.0
TUR	87	181	231.	20.0	27.8	16.3
TUR	87	182	346.	17.8	28.2	0.0
TUR	87	183	498.	18.8	29.8	0.3
TUR	87	184	498.	20.4	30.0	2.2
TUR	87	185	322.	21.0	27.5	0.5
TUR	87	186	369.	18.5	28.7	0.0
TUR	87	187	261.	20.5	28.5	14.7
TUR	87	188	400.	17.6	27.5	1.4
TUR	87	189	219.	19.4	25.4	8.4
TUR	87	190	320.	20.0	28.4	8.3
TUR	87	191	443.	18.8	28.3	2.9
TUR	87	192	328.	20.0	29.3	32.3
TUR	87	193	436.	19.0	29.2	0.7
TUR	87	194	401.	20.4	30.2	1.9
TUR	87	195	190.	20.4	25.5	16.0
TUR	87	196	470.	19.4	28.4	0.2
TUR	87	197	335.	21.2	27.8	25.5
TUR	87	198	427.	20.2	27.5	4.9
TUR	87	199	367.	20.4	27.2	14.4
TUR	87	200	357.	20.2	27.6	6.2
TUR	87	201	313.	20.0	28.0	29.4
TUR	87	202	138.	19.2	24.5	0.4
TUR	87	203	533.	18.2	29.8	0.0
TUR	87	204	329.	19.5	28.0	0.9
TUR	87	205	334.	21.0	28.5	0.1
TUR	87	206	226.	20.4	27.0	10.1
TUR	87	207	308.	19.0	26.5	0.6
TUR	87	208	338.	19.8	27.8	1.8
TUR	87	209	551.	17.4	30.0	9.6
TUR	87	210	300.	20.8	28.5	30.1
TUR	87	211	373.	19.2	28.5	2.5
TUR	87	212	218.	20.0	26.5	4.7
TUR	87	213	305.	20.0	26.0	11.6
TUR	87	214	320.	19.5	26.4	6.8
TUR	87	215	390.	20.4	28.0	24.4
TUR	87	216	490.	19.4	28.8	31.1
TUR	87	217	496.	18.2	29.0	0.6
TUR	87	218	372.	19.0	28.9	27.0

SITIO = TURRIALBA

TUR	87	219	426.	17.0	28.6	2.8
TUR	87	220	275.	18.2	27.5	0.0
TUR	87	221	258.	19.6	27.2	0.7
TUR	87	222	441.	18.8	28.5	8.0
TUR	87	223	260.	19.5	28.2	1.4
TUR	87	224	545.	17.0	29.2	0.0
TUR	87	225	237.	18.5	27.5	5.7
TUR	87	226	251.	18.6	27.0	35.2
TUR	87	227	413.	18.0	29.4	21.9
TUR	87	228	302.	21.0	27.5	9.7
TUR	87	229	247.	20.2	26.0	0.0
TUR	87	230	251.	18.6	27.8	2.2
TUR	87	231	397.	20.2	30.5	7.7
TUR	87	232	435.	19.8	28.7	0.0
TUR	87	233	323.	20.4	27.5	8.8
TUR	87	234	338.	20.5	28.0	1.7
TUR	87	235	291.	19.5	27.4	13.4
TUR	87	236	330.	19.8	27.5	1.7
TUR	87	237	390.	19.2	28.0	14.8
TUR	87	238	372.	20.4	27.5	6.9
TUR	87	239	300.	18.8	28.4	28.9
TUR	87	240	331.	19.0	28.6	7.8
TUR	87	241	352.	16.8	26.5	5.5
TUR	87	242	417.	19.0	29.5	5.0
TUR	87	243	333.	18.4	27.8	2.6
TUR	87	244	368.	18.0	26.8	11.4
TUR	87	245	311.	19.5	26.0	6.6
TUR	87	246	330.	18.4	28.0	20.8
TUR	87	247	438.	18.0	28.2	6.2
TUR	87	248	372.	19.5	28.5	14.7
TUR	87	249	543.	18.2	29.0	0.0
TUR	87	250	473.	20.2	30.0	0.1
TUR	87	251	421.	20.2	29.5	0.8
TUR	87	252	355.	20.5	29.7	33.8
TUR	87	253	419.	19.5	28.5	0.1
TUR	87	254	348.	18.5	28.8	0.3
TUR	87	255	460.	18.6	29.0	0.1
TUR	87	256	328.	20.0	27.5	0.6
TUR	87	257	319.	20.0	27.5	0.4
TUR	87	258	418.	18.0	26.5	0.4
TUR	87	259	361.	18.2	27.5	0.0
TUR	87	260	452.	20.4	29.2	0.0
TUR	87	261	455.	19.2	29.8	0.6
TUR	87	262	464.	20.5	29.5	0.0
TUR	87	263	445.	19.0	29.4	21.9
TUR	87	264	350.	18.4	27.8	25.6
TUR	87	265	407.	18.8	28.6	3.2
TUR	87	266	462.	19.4	29.6	0.0
TUR	87	267	442.	18.6	28.5	0.0
TUR	87	268	355.	19.0	29.0	1.4
TUR	87	269	331.	18.5	26.8	0.0
TUR	87	270	383.	21.0	30.2	0.0

SITIO = TURRIALBA

TUR	87	271	170.	19.6	26.5	0.2
TUR	87	272	401.	16.8	29.0	16.1
TUR	87	273	437.	19.5	28.8	27.3
TUR	87	274	524.	17.5	28.2	7.6
TUR	87	275	510.	18.6	29.4	45.3
TUR	87	276	428.	19.5	28.5	8.0
TUR	87	277	494.	19.2	29.0	11.0
TUR	87	278	562.	20.4	28.4	0.1
TUR	87	279	441.	19.4	29.6	28.8
TUR	87	280	348.	20.4	27.8	0.8
TUR	87	281	346.	20.4	29.4	37.0
TUR	87	282	378.	19.5	29.5	1.3
TUR	87	283	391.	19.0	28.6	27.8
TUR	87	284	375.	19.5	30.5	14.6
TUR	87	285	427.	19.4	29.4	0.6
TUR	87	286	402.	19.2	28.7	10.1
TUR	87	287	213.	20.0	25.7	7.5
TUR	87	288	366.	18.5	28.3	5.3
TUR	87	289	365.	18.6	27.8	4.4
TUR	87	290	153.	19.4	24.5	18.7
TUR	87	291	294.	18.3	26.6	37.5
TUR	87	292	53.	18.0	22.0	48.6
TUR	87	293	267.	17.6	27.8	4.6
TUR	87	294	240.	20.4	27.4	32.4
TUR	87	295	427.	17.8	27.6	1.1
TUR	87	296	354.	20.8	27.6	1.8
TUR	87	297	244.	19.2	27.2	8.0
TUR	87	298	258.	18.3	26.6	15.3
TUR	87	299	395.	17.0	27.4	2.3
TUR	87	300	379.	18.5	29.0	1.0
TUR	87	301	424.	17.4	28.2	15.6
TUR	87	302	370.	20.2	27.4	27.4
TUR	87	303	392.	19.2	27.1	10.5
TUR	87	304	171.	20.0	24.5	10.3

Cuadro 2A. Datos diarios de radiación, precipitación temperatura mínima y máxima. Alajuela.

SITIO	AÑO	DIA JULIANO	RADIACION SOLAR	TEMPERATURA		PRECIPITACION
				MINIMA	MAXIMA	
ALAJ	88	122	429.7	18.5	30.5	11.1
ALAJ	88	123	444.0	18.0	29.0	5.1
ALAJ	88	124	439.2	17.5	30.5	100.7
ALAJ	88	125	417.7	18.0	31.0	1.6
ALAJ	88	126	549.0	19.0	31.5	10.7
ALAJ	88	127	315.1	20.5	28.0	0.0
ALAJ	88	128	257.8	19.5	28.5	0.0
ALAJ	88	129	623.0	19.0	31.5	0.0
ALAJ	88	130	537.1	18.5	30.5	0.0
ALAJ	88	131	613.5	19.5	31.0	0.0
ALAJ	88	132	541.8	20.5	30.0	0.4
ALAJ	88	133	496.5	20.0	29.5	0.0
ALAJ	88	134	224.4	18.5	26.5	0.6
ALAJ	88	135	515.6	16.5	29.5	0.0
ALAJ	88	136	370.0	18.5	31.5	18.4
ALAJ	88	137	429.7	19.0	29.5	8.1
ALAJ	88	138	556.2	16.5	29.0	0.4
ALAJ	88	139	508.4	17.5	28.5	2.0
ALAJ	88	140	458.3	19.0	28.5	14.1
ALAJ	88	141	463.1	18.5	28.0	27.3
ALAJ	88	142	560.9	18.5	28.5	0.0
ALAJ	88	143	592.0	18.5	30.5	0.4
ALAJ	88	144	420.1	20.0	30.5	0.2
ALAJ	88	145	527.5	20.0	30.0	0.0
ALAJ	88	146	346.1	20.5	30.0	64.3
ALAJ	88	147	214.8	19.0	27.0	0.0
ALAJ	88	148	401.0	19.0	27.0	40.1
ALAJ	88	149	296.0	19.0	25.5	17.6
ALAJ	88	150	343.7	19.0	25.0	0.0
ALAJ	88	151	544.2	20.0	27.0	0.4
ALAJ	88	152	572.9	17.5	27.5	0.0
ALAJ	88	153	446.4	20.5	28.0	0.2
ALAJ	88	154	563.3	19.5	28.5	0.1
ALAJ	88	155	620.6	19.0	28.5	0.0
ALAJ	88	156	484.6	19.0	28.5	0.4
ALAJ	88	157	370.0	18.5	28.5	0.3
ALAJ	88	158	441.6	19.0	28.5	5.1
ALAJ	88	159	446.4	17.5	30.0	0.0
ALAJ	88	160	446.4	15.5	31.0	1.7
ALAJ	88	161	410.6	17.5	27.0	0.5
ALAJ	88	162	432.0	18.5	28.0	1.5
ALAJ	88	163	434.4	18.0	28.5	33.2
ALAJ	88	164	415.3	18.5	27.0	17.6
ALAJ	88	165	572.9	18.5	27.5	8.2
ALAJ	88	166	386.7	19.0	27.5	22.4

SITIO = ALAJUELA

ALAJ	88	167	386.7	18.0	28.0	3.7
ALAJ	88	168	582.4	16.5	28.5	7.7
ALAJ	88	169	506.0	16.5	30.0	6.5
ALAJ	88	170	377.1	18.5	26.5	25.6
ALAJ	88	171	479.8	18.5	26.0	0.9
ALAJ	88	172	458.3	17.0	26.5	11.0
ALAJ	88	173	515.6	16.5	26.5	0.0
ALAJ	88	174	477.4	18.0	29.5	0.7
ALAJ	88	175	513.2	19.5	31.5	15.3
ALAJ	88	176	231.5	17.5	24.5	8.9
ALAJ	88	177	114.6	18.5	32.0	18.3
ALAJ	88	178	455.9	17.5	26.5	11.5
ALAJ	88	179	508.4	16.0	27.5	33.5
ALAJ	88	180	508.4	17.5	28.0	0.2
ALAJ	88	181	534.7	19.0	28.0	4.2
ALAJ	88	182	362.8	17.5	26.0	2.3
ALAJ	88	183	403.4	16.0	27.0	19.0
ALAJ	88	184	327.0	17.5	26.0	0.2
ALAJ	88	185	491.7	17.5	27.0	0.2
ALAJ	88	186	229.2	17.7	25.0	1.0
ALAJ	88	187	269.7	17.0	24.5	4.5
ALAJ	88	188	518.0	17.0	27.5	14.7
ALAJ	88	189	592.0	16.0	29.0	6.2
ALAJ	88	190	534.7	17.0	28.5	0.0
ALAJ	88	191	503.7	17.0	28.5	27.2
ALAJ	88	192	334.2	17.5	28.0	15.1
ALAJ	88	193	546.6	17.0	26.5	0.7
ALAJ	88	194	410.6	17.5	27.5	14.6
ALAJ	88	195	374.8	18.0	26.5	0.0
ALAJ	88	196	446.4	18.0	29.5	1.4
ALAJ	88	197	327.0	18.0	26.5	1.6
ALAJ	88	198	513.2	17.0	28.0	8.9
ALAJ	88	199	393.9	17.0	27.0	6.2
ALAJ	88	200	489.3	18.0	29.5	0.0
ALAJ	88	201	420.1	19.0	30.0	0.0
ALAJ	88	202	405.8	17.0	29.0	18.3
ALAJ	88	203	315.1	19.5	28.0	0.0
ALAJ	88	204	391.5	18.0	30.0	0.4
ALAJ	88	205	248.2	18.0	26.5	0.1
ALAJ	88	206	212.4	19.0	26.0	0.6
ALAJ	88	207	238.7	18.5	27.0	0.0
ALAJ	88	208	475.0	17.5	29.5	0.0
ALAJ	88	209	396.2	18.5	28.0	0.0
ALAJ	88	210	370.0	19.0	29.0	0.0
ALAJ	88	211	463.1	19.5	28.5	0.0
ALAJ	88	212	284.1	18.0	26.5	1.1
ALAJ	88	213	427.3	17.0	27.5	6.1
ALAJ	88	214	417.7	18.0	26.5	4.9
ALAJ	88	215	429.7	16.5	26.0	0.8
ALAJ	88	216	508.4	16.5	27.0	2.9
ALAJ	88	217	288.8	17.5	27.0	0.0
ALAJ	88	218	572.9	17.0	27.5	9.5

SITIO = ALAJUELA

ALAJ	88	219	310.3	18.5	26.5	13.1
ALAJ	88	220	415.3	16.5	26.0	5.3
ALAJ	88	221	391.5	18.0	27.0	0.7
ALAJ	88	222	317.5	18.5	26.5	14.3
ALAJ	88	223	315.1	18.5	26.0	0.4
ALAJ	88	224	391.5	18.5	26.5	10.4
ALAJ	88	225	525.1	17.5	27.5	12.0
ALAJ	88	226	339.0	17.5	26.5	21.7
ALAJ	88	227	384.3	17.0	26.0	32.7
ALAJ	88	228	458.3	17.0	27.0	2.4
ALAJ	88	229	417.7	17.5	26.0	4.2
ALAJ	88	230	580.0	17.0	27.0	4.0
ALAJ	88	231	393.9	17.0	27.5	9.0
ALAJ	88	232	448.8	17.5	26.5	1.2
ALAJ	88	233	453.5	17.0	28.0	34.9
ALAJ	88	234	439.2	17.0	28.0	4.5
ALAJ	88	235	427.3	18.0	27.0	22.1
ALAJ	88	236	544.2	17.5	26.5	32.9
ALAJ	88	237	303.1	17.0	26.5	4.0
ALAJ	88	238	513.2	18.0	26.5	3.3
ALAJ	88	239	417.7	18.0	26.5	0.1
ALAJ	88	240	365.2	18.5	26.0	27.4
ALAJ	88	241	324.6	18.5	26.0	8.3
ALAJ	88	142	458.3	17.0	26.0	9.6
ALAJ	88	243	539.5	18.0	27.5	1.1
ALAJ	88	244	413.0	18.0	26.0	13.3
ALAJ	88	245	267.3	18.0	25.0	14.9
ALAJ	88	246	558.6	17.5	27.0	0.6
ALAJ	88	247	458.3	16.5	26.5	0.5
ALAJ	88	248	458.3	16.5	26.5	24.1
ALAJ	88	249	491.7	16.5	27.0	17.2
ALAJ	88	250	429.7	17.5	27.0	1.5
ALAJ	88	251	427.3	17.5	26.5	7.2
ALAJ	88	252	494.1	17.0	26.5	48.8
ALAJ	88	253	405.8	18.0	26.0	2.4
ALAJ	88	254	432.0	17.5	26.0	36.9
ALAJ	88	255	444.0	17.5	25.5	2.5
ALAJ	88	256	427.3	18.5	25.5	37.6
ALAJ	88	257	138.4	18.5	22.0	65.6
ALAJ	88	258	162.3	18.5	22.0	25.3
ALAJ	88	259	403.4	17.0	25.5	0.0
ALAJ	88	260	544.2	18.0	28.5	0.0
ALAJ	88	261	479.8	17.5	27.0	71.1
ALAJ	88	262	458.3	17.5	25.0	28.3
ALAJ	88	263	455.9	18.0	25.5	6.6
ALAJ	88	264	350.9	18.0	25.0	1.5
ALAJ	88	265	463.1	17.5	27.0	0.5
ALAJ	88	266	446.4	17.0	27.0	2.4
ALAJ	88	267	350.9	19.0	26.0	85.5
ALAJ	88	268	527.5	17.0	26.5	0.0
ALAJ	88	269	238.7	18.0	26.0	3.9
ALAJ	88	270	293.6	18.0	25.5	24.8

SITIO = ALAJUELA

ALAJ	88	271	353.3	18.0	25.5	50.2
ALAJ	88	272	510.8	17.5	28.0	3.2
ALAJ	88	273	422.5	17.5	28.0	5.1
ALAJ	88	274	489.3	16.5	29.0	0.0

Cuadro 3A. Datos diarios de radiación, precipitación temperatura mínima y máxima. Guanacaste.

SITIO	AÑO	DIA JULIANO	RADIACION SOLAR	TEMPERATURA		PRECIPITACION
				----- MINIMA	MAXIMA	
GUANAC	88	122	362.	24.0	34.7	0.1
GUANAC	88	123	510.	22.3	35.8	0.1
GUANAC	88	124	327.	25.2	35.3	0.3
GUANAC	88	125	305.	24.5	33.8	39.5
GUANAC	88	126	549.	24.1	35.0	0.0
GUANAC	88	127	620.	26.2	33.0	0.2
GUANAC	88	128	286.	25.5	30.7	0.0
GUANAC	88	129	656.	26.4	28.9	0.0
GUANAC	88	130	639.	26.4	34.0	0.0
GUANAC	88	131	592.	27.1	34.3	0.0
GUANAC	88	132	615.	27.4	34.7	0.0
GUANAC	88	133	572.	26.8	35.2	0.6
GUANAC	88	134	253.	26.2	30.3	0.0
GUANAC	88	135	577.	22.4	35.8	4.9
GUANAC	88	136	556.	24.0	34.9	0.0
GUANAC	88	137	510.	24.0	35.3	2.0
GUANAC	88	138	539.	23.4	34.4	30.6
GUANAC	88	139	336.	23.6	32.6	4.4
GUANAC	88	140	486.	24.4	35.0	48.8
GUANAC	88	141	477.	24.5	33.4	25.2
GUANAC	88	142	506.	24.1	33.7	9.8
GUANAC	88	143	486.	23.9	34.7	0.0
GUANAC	88	144	482.	26.9	33.3	0.0
GUANAC	88	145	582.	27.2	33.7	0.0
GUANAC	88	146	506.	26.7	34.5	1.2
GUANAC	88	147	367.	24.5	32.5	7.5
GUANAC	88	148	365.	23.4	28.7	1.7
GUANAC	88	149	410.	23.7	28.9	14.5
GUANAC	88	150	403.	23.2	29.0	40.2
GUANAC	88	151	334.	22.7	29.7	23.3
GUANAC	88	152	436.	22.9	31.7	0.0
GUANAC	88	153	367.	24.3	30.4	3.3
GUANAC	88	154	372.	23.8	30.4	54.8
GUANAC	88	155	374.	23.1	30.8	11.0
GUANAC	88	156	491.	23.3	33.3	14.6
GUANAC	88	157	453.	24.1	31.9	40.1
GUANAC	88	158	501.	23.8	33.7	0.0
GUANAC	88	159	541.	23.3	33.2	0.0
GUANAC	88	160	214.	22.2	33.7	0.1
GUANAC	88	161	424.	23.4	32.4	0.3
GUANAC	88	162	405.	22.9	32.1	12.6
GUANAC	88	163	484.	23.0	33.9	1.6
GUANAC	88	164	434.	23.7	32.1	9.5
GUANAC	88	165	513.	22.8	32.3	16.3
GUANAC	88	166	539.	23.2	32.4	0.0

SITIO = GUANACASTE

GUANAC	88	167	293.	23.6	31.9	5.3
GUANAC	88	168	572.	22.3	33.3	0.0
GUANAC	88	169	534.	22.0	33.4	0.0
GUANAC	88	170	346.	22.7	29.9	30.5
GUANAC	88	171	324.	22.9	28.7	20.4
GUANAC	88	172	274.	22.8	29.3	66.0
GUANAC	88	173	506.	21.7	32.0	30.3
GUANAC	88	174	441.	24.1	32.3	54.0
GUANAC	88	175	379.	23.9	33.5	0.7
GUANAC	88	176	250.	22.9	29.8	0.6
GUANAC	88	177	124.	23.2	29.8	0.5
GUANAC	88	178	391.	21.4	32.2	6.5
GUANAC	88	179	377.	22.0	30.7	70.1
GUANAC	88	180	467.	22.7	31.9	6.4
GUANAC	88	181	467.	23.5	32.1	10.6
GUANAC	88	182	291.	22.9	30.1	2.2
GUANAC	88	183	370.	21.9	31.2	24.5
GUANAC	88	184	465.	22.0	32.1	0.1
GUANAC	88	185	453.	23.0	32.2	13.6
GUANAC	88	186	401.	22.6	27.4	3.0
GUANAC	88	187	350.	21.9	28.7	5.3
GUANAC	88	188	503.	22.7	29.8	4.7
GUANAC	88	189	546.	22.2	32.8	0.1
GUANAC	88	190	486.	21.8	32.2	0.0
GUANAC	88	191	529.	22.2	32.8	0.9
GUANAC	88	192	396.	22.9	31.4	10.8
GUANAC	88	193	551.	25.9	31.2	0.0
GUANAC	88	194	410.	23.4	32.6	0.0
GUANAC	88	195	310.	23.0	32.3	1.2
GUANAC	88	196	393.	23.2	32.0	0.4
GUANAC	88	197	329.	22.5	30.1	20.1
GUANAC	88	198	506.	22.3	32.5	21.4
GUANAC	88	199	498.	22.4	32.9	0.2
GUANAC	88	200	467.	24.0	31.7	9.9
GUANAC	88	201	448.	23.7	31.8	3.8
GUANAC	88	202	384.	22.7	32.4	25.2
GUANAC	88	203	486.	23.9	30.5	0.0
GUANAC	88	204	444.	24.0	31.1	0.0
GUANAC	88	205	226.	22.5	28.3	0.1
GUANAC	88	206	317.	24.5	29.0	1.1
GUANAC	88	207	202.	23.4	29.2	0.0
GUANAC	88	208	513.	21.4	33.7	4.7
GUANAC	88	209	494.	22.5	32.5	0.5
GUANAC	88	210	496.	24.0	32.2	0.0
GUANAC	88	211	577.	23.3	32.7	0.0
GUANAC	88	212	436.	23.3	32.7	0.0
GUANAC	88	213	486.	21.8	31.2	2.7
GUANAC	88	214	506.	22.8	32.4	9.1
GUANAC	88	215	534.	22.5	31.9	54.6
GUANAC	88	216	329.	23.5	29.3	21.3
GUANAC	88	217	291.	22.7	28.7	0.8
GUANAC	88	218	429.	21.7	31.0	0.1

SITIO = GUANACASTE

GUANAC	88	219	432.	22.9	30.7	1.7
GUANAC	88	220	370.	22.8	30.4	1.2
GUANAC	88	221	367.	23.7	31.9	5.5
GUANAC	88	222	350.	23.0	32.6	6.9
GUANAC	88	223	429.	23.1	27.8	3.6
GUANAC	88	224	255.	23.5	29.8	0.7
GUANAC	88	225	214.	22.7	32.2	4.5
GUANAC	88	226	362.	23.2	32.0	17.5
GUANAC	88	227	403.	22.1	32.2	13.5
GUANAC	88	228	556.	23.2	32.4	46.8
GUANAC	88	229	319.	21.9	30.7	0.1
GUANAC	88	230	615.	22.2	32.4	0.0
GUANAC	88	231	556.	23.2	33.2	4.2
GUANAC	88	232	572.	22.7	33.0	17.0
GUANAC	88	233	420.	22.4	32.2	2.7
GUANAC	88	234	494.	22.2	32.7	13.6
GUANAC	88	235	494.	22.0	31.5	12.7
GUANAC	88	236	424.	22.7	31.3	24.8
GUANAC	88	237	214.	22.9	31.5	0.7
GUANAC	88	238	386.	22.3	30.1	42.2
GUANAC	88	239	460.	23.1	29.7	0.2
GUANAC	88	240	494.	23.4	31.9	21.8
GUANAC	88	241	486.	22.9	31.1	7.4
GUANAC	88	142	243.	23.5	29.9	54.0
GUANAC	88	243	486.	22.5	31.3	18.9
GUANAC	88	244	541.	23.2	30.4	32.0
GUANAC	88	245	329.	22.6	30.2	9.0
GUANAC	88	246	391.	22.5	30.6	1.3
GUANAC	88	247	353.	21.9	30.8	0.1
GUANAC	88	248	518.	23.0	33.4	29.8
GUANAC	88	249	513.	22.5	32.4	14.2
GUANAC	88	250	276.	22.9	29.8	7.2
GUANAC	88	251	403.	22.8	31.3	0.3
GUANAC	88	252	525.	22.8	31.6	86.1
GUANAC	88	253	506.	22.3	31.3	23.6
GUANAC	88	254	176.	23.0	27.2	46.5
GUANAC	88	255	384.	22.8	29.8	21.1
GUANAC	88	256	448.	23.0	29.0	21.9
GUANAC	88	257	236.	23.1	27.5	55.8
GUANAC	88	258	114.	22.7	25.7	21.4
GUANAC	88	259	458.	22.2	30.6	6.4
GUANAC	88	260	498.	23.7	32.2	1.9
GUANAC	88	261	343.	23.5	30.7	32.6
GUANAC	88	262	293.	22.9	27.9	22.3
GUANAC	88	263	370.	23.0	29.1	9.7
GUANAC	88	264	522.	22.5	31.4	5.4
GUANAC	88	265	522.	23.1	32.5	0.1
GUANAC	88	266	501.	22.4	31.6	50.6
GUANAC	88	267	427.	22.7	30.8	0.8
GUANAC	88	268	386.	22.4	30.7	4.4
GUANAC	88	269	386.	23.6	31.4	6.0
GUANAC	88	270	334.	22.0	30.7	1.6

SITIO = GUANACASTE

127

GUANAC	88	271	427.	23.6	30.7	14.6
GUANAC	88	272	508.	22.5	31.8	1.4
GUANAC	88	273	506.	22.8	33.2	0.1
GUANAC	88	274	568.	21.5	32.5	0.0

Cuadro 4A. Datos diarios de radiación, precipitación temperatura mínima y máxima. Guápiles.

SITIO	AÑO	DIA JULIANO	RADIACION SOLAR	TEMPERATURA		PRECIPITACION
				MINIMA	MAXIMA	
GUAPIL	88	214	441.	21.0	25.2	3.2
GUAPIL	88	215	401.	20.4	30.9	0.2
GUAPIL	88	216	361.	20.5	29.5	48.2
GUAPIL	88	217	247.	21.0	24.3	19.6
GUAPIL	88	218	367.	21.5	28.7	82.7
GUAPIL	88	219	401.	21.3	29.5	2.5
GUAPIL	88	220	333.	21.4	27.7	8.3
GUAPIL	88	221	250.	21.3	26.7	1.6
GUAPIL	88	222	284.	21.3	28.5	15.4
GUAPIL	88	223	253.	21.0	28.5	0.0
GUAPIL	88	224	287.	21.0	28.9	55.8
GUAPIL	88	225	455.	19.7	29.6	0.0
GUAPIL	88	226	384.	20.7	30.0	4.8
GUAPIL	88	227	418.	16.5	29.9	5.4
GUAPIL	88	228	447.	20.5	30.1	0.0
GUAPIL	88	229	318.	21.4	29.1	0.0
GUAPIL	88	230	452.	20.8	30.9	0.0
GUAPIL	88	231	401.	21.7	31.0	3.4
GUAPIL	88	232	395.	20.0	30.1	1.6
GUAPIL	88	233	450.	20.4	30.9	50.1
GUAPIL	88	234	407.	20.5	30.4	8.3
GUAPIL	88	235	464.	20.0	30.5	0.8
GUAPIL	88	236	355.	21.0	29.3	92.4
GUAPIL	88	237	390.	19.8	28.5	18.7
GUAPIL	88	238	341.	20.6	28.5	7.8
GUAPIL	88	239	296.	21.0	28.4	8.8
GUAPIL	88	240	367.	22.6	29.4	0.0
GUAPIL	88	241	324.	20.9	28.0	0.1
GUAPIL	88	242	424.	20.5	30.1	0.6
GUAPIL	88	243	327.	20.5	29.4	6.6
GUAPIL	88	244	430.	20.0	30.8	7.0
GUAPIL	88	245	302.	20.0	29.0	11.0
GUAPIL	88	246	383.	21.0	29.4	0.0
GUAPIL	88	247	351.	20.0	30.8	18.3
GUAPIL	88	248	360.	21.0	29.0	0.0
GUAPIL	88	249	317.	21.5	29.8	0.9
GUAPIL	88	250	262.	21.8	28.6	10.2
GUAPIL	88	251	421.	22.4	31.0	0.0
GUAPIL	88	252	374.	21.0	29.5	17.5
GUAPIL	88	253	276.	19.5	29.0	16.9
GUAPIL	88	254	308.	23.0	28.8	22.2
GUAPIL	88	255	348.	20.7	29.4	19.5
GUAPIL	88	256	377.	21.9	29.5	7.8
GUAPIL	88	257	273.	22.0	27.7	3.8
GUAPIL	88	258	244.	22.0	26.7	0.3

SITIO = GUAPILES

GUAPIL	88	259	285.	20.4	29.2	0.0
GUAPIL	88	260	484.	21.6	30.2	8.9
GUAPIL	88	261	331.	21.0	28.4	46.3
GUAPIL	88	262	296.	19.5	27.8	12.4
GUAPIL	88	263	279.	20.7	27.7	1.8
GUAPIL	88	264	403.	21.0	30.0	5.3
GUAPIL	88	265	435.	20.5	29.3	0.0
GUAPIL	88	266	438.	19.8	30.0	30.8
GUAPIL	88	267	467.	22.0	30.0	7.9
GUAPIL	88	268	435.	22.5	30.0	2.2
GUAPIL	88	269	302.	21.3	28.2	14.1
GUAPIL	88	270	256.	21.5	27.2	3.1
GUAPIL	88	271	244.	21.4	25.9	0.0
GUAPIL	88	272	496.	20.5	30.4	0.6
GUAPIL	88	273	363.	21.0	29.2	2.7
GUAPIL	88	274	357.	21.5	29.4	7.2
GUAPIL	88	275	286.	20.5	29.1	4.9
GUAPIL	88	276	441.	20.5	30.3	10.6
GUAPIL	88	277	343.	21.5	28.2	15.5
GUAPIL	88	278	382.	21.9	29.4	0.3
GUAPIL	88	279	252.	21.6	27.0	42.8
GUAPIL	88	280	345.	21.0	28.2	14.9
GUAPIL	88	281	241.	21.6	27.6	0.1
GUAPIL	88	282	317.	21.5	28.2	0.0
GUAPIL	88	283	278.	20.5	28.9	20.2
GUAPIL	88	284	275.	22.3	28.4	25.3
GUAPIL	88	285	374.	21.0	29.0	11.9
GUAPIL	88	286	300.	19.8	27.2	5.0
GUAPIL	88	287	275.	20.7	28.5	0.3
GUAPIL	88	288	388.	21.5	28.6	0.0
GUAPIL	88	289	484.	18.7	31.0	14.8
GUAPIL	88	290	233.	21.0	25.7	27.3
GUAPIL	88	291	249.	21.5	27.8	2.9
GUAPIL	88	292	244.	21.8	26.0	72.2
GUAPIL	88	293	233.	21.2	22.5	91.5
GUAPIL	88	294	340.	21.3	28.9	0.4
GUAPIL	88	295	233.	21.5	26.1	1.0
GUAPIL	88	296	233.	22.5	26.1	18.9
GUAPIL	88	297	283.	20.5	27.8	14.2
GUAPIL	88	298	362.	22.5	29.2	2.2
GUAPIL	88	299	374.	20.3	30.0	0.0
GUAPIL	88	300	351.	20.7	29.5	0.0
GUAPIL	88	301	458.	19.5	29.5	6.0
GUAPIL	88	302	416.	21.2	30.0	0.0
GUAPIL	88	303	503.	18.5	30.0	0.0
GUAPIL	88	304	388.	19.2	29.0	21.6
GUAPIL	88	305	337.	19.2	27.5	0.5
GUAPIL	88	306	314.	20.2	28.3	1.3
GUAPIL	88	307	247.	20.5	26.8	44.7
GUAPIL	88	308	364.	22.6	28.6	0.0
GUAPIL	88	309	394.	19.0	30.3	0.2
GUAPIL	88	310	271.	21.2	30.3	1.0

SITIO = GUAPILES

GUAPIL	88	311	245.	21.0	30.5	7.8
GUAPIL	88	312	231.	22.0	27.5	1.2
GUAPIL	88	313	229.	22.5	27.0	10.0
GUAPIL	88	314	293.	22.0	27.0	1.7
GUAPIL	88	315	391.	21.4	28.8	0.0
GUAPIL	88	316	324.	20.2	29.0	6.7
GUAPIL	88	317	245.	22.5	27.1	19.6
GUAPIL	88	318	215.	22.2	27.1	40.3
GUAPIL	88	319	319.	19.2	28.6	1.4
GUAPIL	88	320	215.	19.5	24.5	1.2
GUAPIL	88	321	215.	20.6	26.5	0.0
GUAPIL	88	322	351.	20.0	28.5	8.4
GUAPIL	88	323	447.	20.4	29.5	0.0
GUAPIL	88	324	391.	20.7	29.5	0.0
GUAPIL	88	325	375.	20.5	30.2	38.2
GUAPIL	88	326	356.	21.0	29.3	33.4
GUAPIL	88	327	279.	21.0	27.5	7.6
GUAPIL	88	328	221.	19.2	25.5	8.7
GUAPIL	88	329	367.	19.5	27.9	3.7
GUAPIL	88	330	370.	19.9	27.8	0.0
GUAPIL	88	331	433.	17.5	28.4	0.0
GUAPIL	88	332	380.	20.9	29.0	0.0
GUAPIL	88	333	218.	20.7	26.5	3.3
GUAPIL	88	334	215.	21.8	24.5	59.8
GUAPIL	88	335	215.	20.0	22.7	32.7
GUAPIL	88	336	280.	18.9	22.2	8.1
GUAPIL	88	337	206.	20.5	24.2	14.8
GUAPIL	88	338	208.	19.5	25.0	1.9
GUAPIL	88	339	280.	19.5	26.2	0.3
GUAPIL	88	340	257.	20.5	26.8	17.4
GUAPIL	88	341	234.	20.5	27.0	9.8
GUAPIL	88	342	213.	19.2	26.2	2.2
GUAPIL	88	343	293.	18.5	27.2	0.9
GUAPIL	88	344	272.	18.5	27.2	0.4
GUAPIL	88	345	400.	18.0	28.5	0.0
GUAPIL	88	346	326.	18.0	27.5	5.9
GUAPIL	88	347	221.	20.8	25.0	7.7
GUAPIL	88	348	206.	19.5	23.0	157.7
GUAPIL	88	349	349.	20.5	28.5	0.0
GUAPIL	88	350	341.	19.0	27.8	13.5
GUAPIL	88	351	206.	20.8	23.8	43.1
GUAPIL	88	352	272.	20.2	26.9	31.4
GUAPIL	88	353	206.	20.0	24.3	59.1
GUAPIL	88	354	226.	20.4	25.1	21.9
GUAPIL	88	355	344.	18.5	26.6	11.4
GUAPIL	88	356	410.	20.0	28.3	0.0
GUAPIL	88	357	323.	18.7	26.7	1.1
GUAPIL	88	358	277.	20.2	27.0	18.2
GUAPIL	88	359	385.	20.5	27.3	0.6
GUAPIL	88	360	246.	21.0	26.9	4.0
GUAPIL	88	361	392.	18.7	27.7	0.0
GUAPIL	88	362	387.	19.0	27.8	2.5

SITIO = GUAPILES

GUAPIL	88	363	380.	18.0	28.0	0.2
GUAPIL	88	364	206.	19.0	25.0	11.0
GUAPIL	88	365	280.	21.0	28.0	14.7
GUAPIL	88	366	349.	20.0	27.5	0.0

Cuadro 5A. Propiedades químicas del perfil estudiado en Turrialba, 1987.

Profundidad (cm)	pH		NH ₄	NO ₃	N	M.O.	C.O.	P	K
	H ₂ O	KCl	(mg/ kg)		g/Kg			(mg/L)	cmol(+)/L
0-15	5,22	4,11	9,79	18,27	0,23	5,04	2,92	8,20	0,34
15-30	5,16	4,07	10,99	17,27	0,16	3,71	2,15	4,70	0,17
30-45	5,27	4,25	9,17	17,50	0,07	1,65	0,96	4,30	0,16
45-60	5,50	4,42	5,46	17,36	0,06	1,29	0,75	5,00	0,06
60-75	5,66	4,43	5,74	11,60	0,05	1,24	0,72	5,40	0,07
75-95	5,92	4,49	5,46	12,04	0,06	0,79	0,46	7,40	0,15
95-115	6,00	4,60	5,81	12,81	0,04	0,66	0,38	7,00	0,12

Si la M.O. y el C.O. y N se expresan en g/Kg, los valores (%) hay que multiplicarlos por 10.

Cuadro 6A. Propiedades físicas del perfil estudiado en Turrialba. 1987.

Profundidad (cm)	Textura (%)			Capacidad de campo		Punto de Marchitez Permanente 15 bares 1500 KPa	Densidad Aparente g/cm ³	Contenido a Saturación (cm/cm)
	Arcilla	Limo	Arena	1/3 bar 33 KPa	48 h drenaje			
0-15	33,8	37,0	29,2	0,36	0,39	0,28	1,03	0,55
15-30	33,4	35,5	31,2	0,41	0,39	0,34	1,02	0,73
30-45	30,8	31,5	37,7	0,41	0,40	0,32	1,06	0,68
45-60	33,8	29,0	37,2	0,42	0,41	0,33	1,03	0,60
60-75	30,2	30,1	39,75	0,46	0,40	0,38	1,15	0,57
75-95	31,0	24,6	44,4	0,47	0,42	0,37	1,12	0,61
95-115	29,3	23,8	46,9	0,48	0,43	0,39	1,12	0,54

Cuadro 7A. Características químicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela. 1987.

Profundidad (cm)	pH en H ₂ O	NH ₄ NO ₃		N	M.O.	C.O.	P (mg/L)	K Cmol(+)/L
		----- (mg/Kg)						
0-15	6,12	11,5	9,01	0,26	4,62	2,71	8,5	0,84
15-30	6,46	12,3	8,03	0,18	1,41	2,25	8,1	0,72
30-45	7,10	11,7	7,80	0,07	1,25	1,06	4,8	0,58
45-60	7,36	12,2	3,32	0,06	0,31	0,95	3,6	0,42
60-80	7,40	13,4	1,52	0,05	0,34	0,56	2,4	0,40
80-100	7,65	11,8	0,86	0,04	0,05	0,48	3,5	0,43

Cuadro 8A. Características físicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, 1987.

Profundidad (cm)	Textura (%)			Capacidad de campo 1/3 bar 33 KPa	Punto de Marchitez Permanente 15 bares 1500 KPa	Densidad Aparente (g/cm ³)
	Arcilla	Limo	Arena			
0-15	34,8	38,0	27,2	0,51	0,34	0,88
15-30	34,4	36,5	29,1	0,50	0,39	0,78
30-45	30,8	32,5	34,7	0,48	0,41	0,72
45-60	33,8	31,0	35,2	0,44	0,42	0,65
60-80	32,2	32,1	35,7	0,51	0,45	0,72
80-100	31,0	26,6	44,4	0,51	0,46	1,00

Cuadro 9A. Características químicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez. Guanacaste, 1988.

Profundidad (cm)	pH		NH ₄ NO ₃ (mg/ kg)	N	M.O.	C.O.	P (mg/L)	K cmol(+)/L	
	H ₂ O	KCl							g/Kg
0-15	6,42	4,11	81,5	11,01	2,3	40,2	29,2	34,5	0,94
15-30	6,86	4,07	11,4	7,03	1,6	14,7	21,5	7,1	0,62
30-45	7,00	4,25	15,7	6,80	0,7	2,7	9,6	3,8	0,56
45-60	7,21	4,42	11,2	1,32	0,6	3,4	7,5	2,4	0,52
60-80	7,40	4,49	14,4	0,52	0,6	3,4	4,6	2,4	0,50
80-100	7,65	4,60	10,8	0,86	0,4	0,0	3,8	3,1	0,43

Cuadro 10A. Características físicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez. Guanacaste, 1988.

Profundidad (cm)	Textura (%)			Capacidad de campo 33 KPa	Punto de Marchitez Permanente 1500 KPa	Densidad Aparente Ton/m ³	Contenido a Saturación (cm/cm)
	Arcilla	Limo	Arena				
0-15	41,2	39,4	19,4	0,26	0,19	1,21	0,54
15-30	27,2	39,4	33,4	0,30	0,26	1,37	0,51
30-45	37,2	39,4	23,4	0,31	0,27	1,22	0,58
45-60	39,2	41,4	19,4	0,29	0,21	1,33	0,60
60-80	33,2	43,2	23,6	0,31	0,23	1,30	0,60
80-100	81,2	11,2	7,6	0,16	0,11	1,54	0,44

Cuadro 11A. Características químicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, 1988.

Profundidad (cm)	pH en H ₂ O	NO ₃ (mg/Kg)	N (g/kg)	P (mg/L)	K (meq/100g) (mol(+)/L)	M.O. g/Kg
0-10	4,6	3,61	3,1	16,4	0,36	45,1
10-20	4,6	4,02	3,0	18,7	0,40	42,3
20-30	4,6	4,18	3,1	17,0	0,55	41,6
30-40	4,8	3,13	0,6	11,1	0,22	10,4
40-50	4,9	3,28	0,8	8,3	0,18	12,1
50-65	5,0	3,82	1,1	7,4	0,17	22,6
65-80	5,4	4,13	1,4	12,1	0,19	33,5
80-100	5,5	2,58	0,6	13,6	0,19	14,7

Cuadro 12A. Características físicas del perfil del suelo de la Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, 1988.

Profundidad (cm)	Textura (%)			Capacidad de campo 33 KPa	Punto de Marchitez Permanente 1500 KPa	Densidad Aparente Ton/m ³
	Arcilla	Limo	Arena			
0-10	52,4	30,8	16,8	0,35	0,25	1,21
10-20	52,4	28,8	18,8	0,35	0,22	1,26
20-30	54,4	26,8	19,8	0,34	0,20	1,22
30-40	62,8	20,8	16,4	0,33	0,18	1,29
40-50	46,8	26,8	26,4	0,43	0,33	1,13
50-65	30,8	34,8	34,8	0,52	0,41	0,99
65-80	34,0	37,2	28,8	0,63	0,47	0,91
80-100	44,8	36,4	18,8	0,79	0,45	0,81

Cuadro 13A. Emergencia de hojas en plantas de maíz cultivadas en hidroponia.

DIA	VARIEDADES												
	DIAMANTES				TICO				GUARARE				
	PROM	MAX	MIN	D S	PROM	MAX	MIN	D S	PROM	MAX	MIN	D S	
JULIO	29	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
	30	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
	31	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
AGOSTO	1	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
	2	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0
	3	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0
	4	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0
	5	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0
	6	2.1	3.0	2.0	0.3	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0
	7	2.1	3.0	2.0	0.3	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0
	8	2.1	3.0	2.0	0.3	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0
	9	3.1	4.0	3.0	0.3	3.0	3.0	3.0	0.0	3.0	3.0	3.0	0.0
	10	3.6	4.0	3.0	0.5	3.4	4.0	3.0	0.5	3.2	4.0	3.0	0.4
	11	3.8	4.0	3.0	0.4	3.8	4.0	3.0	0.4	3.4	4.0	3.0	0.5
	12	3.9	4.0	3.0	0.3	3.8	4.0	3.0	0.4	3.4	4.0	3.0	0.5
	13	3.9	4.0	3.0	0.3	3.8	4.0	3.0	0.4	3.4	4.0	3.0	0.5
	14	3.9	4.0	3.0	0.3	3.8	4.0	3.0	0.4	3.4	4.0	3.0	0.5
	15	3.9	4.0	3.0	0.3	3.8	4.0	3.0	0.4	3.4	4.0	3.0	0.5
	16	4.8	5.0	4.0	0.4	4.7	5.0	4.0	0.5	4.3	5.0	4.0	0.5
	17	4.8	5.0	4.0	0.4	4.7	5.0	4.0	0.5	4.3	5.0	4.0	0.5
	18	4.8	5.0	4.0	0.4	4.7	5.0	4.0	0.5	4.3	5.0	4.0	0.5
	19	5.4	6.0	5.0	0.5	5.0	6.0	4.0	0.5	5.0	5.0	5.0	0.0
	20	5.4	6.0	5.0	0.5	5.0	6.0	4.0	0.5	5.0	5.0	5.0	0.0
	21	5.4	6.0	5.0	0.5	5.0	6.0	4.0	0.5	5.0	5.0	5.0	0.0
	22	6.3	7.0	6.0	0.5	6.0	7.0	5.0	0.5	6.0	6.0	6.0	0.0
	23	6.3	7.0	6.0	0.5	6.0	7.0	5.0	0.5	6.0	6.0	6.0	0.0
	24	6.7	7.0	6.0	0.5	6.1	7.0	6.0	0.3	6.0	6.0	6.0	0.0
	25	6.9	8.0	6.0	0.7	6.7	7.0	6.0	0.5	6.6	7.0	6.0	0.5
	26	7.0	8.0	6.0	0.7	6.8	7.0	6.0	0.4	6.8	7.0	6.0	0.4
	27	7.1	8.0	6.0	0.7	6.8	7.0	6.0	0.4	6.8	7.0	6.0	0.4
	28	7.1	8.0	6.0	0.7	6.8	7.0	6.0	0.4	6.8	7.0	6.0	0.4
	29	7.6	8.0	7.0	0.5	7.1	8.0	7.0	0.3	7.0	7.0	7.0	0.0
	30	7.8	9.0	7.0	0.8	7.2	8.0	7.0	0.4	7.2	8.0	7.0	0.4
	31	8.1	9.0	7.0	0.7	7.7	8.0	7.0	0.5	7.6	8.0	7.0	0.5

Continuación...

DIA	DIAMANTES				TICO				GUARARE				
	PROM	MAX	MIN	D S	PROM	MAX	MIN	D S	PROM	MAX	MIN	D S	
SETIEMBRE	1	8.1	9.0	7.0	0.7	7.7	8.0	7.0	0.5	7.6	8.0	7.0	0.5
	2	8.1	9.0	7.0	0.7	7.7	8.0	7.0	0.5	7.6	8.0	7.0	0.5
	3	8.9	10.0	8.0	0.9	8.1	9.0	8.0	0.3	8.1	9.0	8.0	0.3
	4	9.1	10.0	8.0	0.7	8.4	10.0	8.0	0.7	8.3	9.0	8.0	0.5
	5	9.1	10.0	8.0	0.7	8.4	10.0	8.0	0.7	8.3	9.0	8.0	0.5
	6	9.2	10.0	8.0	0.7	8.4	10.0	8.0	0.7	8.3	9.0	8.0	0.5
	7	9.7	11.0	9.0	0.8	9.1	10.0	9.0	0.3	9.2	10.0	9.0	0.4
	8	9.7	11.0	9.0	0.8	9.1	10.0	9.0	0.3	9.2	10.0	9.0	0.4
	9	10.4	12.0	9.0	1.0	9.9	11.0	9.0	0.6	9.8	10.0	9.0	0.4
	10	10.4	12.0	9.0	1.0	9.9	11.0	9.0	0.6	9.8	10.0	9.0	0.4
	11	11.1	13.0	10.0	1.0	10.2	12.0	9.0	0.8	10.7	11.0	10.0	0.5
	12	11.1	13.0	10.0	1.0	10.2	12.0	9.0	0.8	10.8	11.0	10.0	0.4
	13	11.9	13.0	11.0	0.9	11.0	13.0	9.0	1.1	11.3	12.0	11.0	0.5
	14	11.9	13.0	11.0	0.9	11.0	13.0	9.0	1.1	11.3	12.0	11.0	0.5
	15	11.9	13.0	11.0	0.9	11.0	13.0	9.0	1.1	11.3	12.0	11.0	0.5
	16	12.9	14.0	12.0	0.9	12.0	14.0	10.0	1.1	12.3	13.0	12.0	0.5
	17	12.9	14.0	12.0	0.9	12.1	14.0	10.0	1.1	13.0	14.0	12.0	0.5
	18	12.9	14.0	12.0	0.9	12.1	14.0	10.0	1.1	13.0	14.0	12.0	0.5
	19	13.8	15.0	12.0	1.0	12.9	15.0	11.0	1.2	14.0	15.0	13.0	0.5
	20	14.0	16.0	12.0	1.2	13.0	15.0	11.0	1.2	14.0	15.0	13.0	0.5
	21	14.9	17.0	12.0	1.4	13.8	16.0	11.0	1.5	14.8	16.0	14.0	0.6
	22	15.1	17.0	13.0	1.3	14.1	16.0	11.0	1.5	15.1	16.0	14.0	0.6
	23	16.0	18.0	14.0	1.4	14.9	17.0	11.0	1.7	16.1	17.0	15.0	0.6
	24	16.4	19.0	15.0	1.3	15.7	18.0	12.0	1.8	16.6	18.0	15.0	0.8
	25	17.2	20.0	15.0	1.5	16.3	19.0	12.0	2.1	17.6	19.0	16.0	0.8
	26	18.0	21.0	16.0	1.6	16.8	19.0	12.0	2.0	17.6	19.0	16.0	0.8
	27	18.2	21.0	16.0	1.5	17.3	19.0	13.0	1.8	17.8	19.0	17.0	0.6
	28	19.0	22.0	17.0	1.6	17.4	19.0	13.0	1.8	17.8	19.0	17.0	0.6
	29	19.2	22.0	17.0	1.5	17.9	20.0	14.0	1.7	17.8	19.0	17.0	0.6
	30	19.4	22.0	18.0	1.3	18.0	20.0	14.0	1.6	17.9	19.0	17.0	0.6
OCTUBRE	1	19.8	23.0	18.0	1.5	18.1	20.0	15.0	1.4	18.0	19.0	17.0	0.5
	2	20.2	23.0	19.0	1.4	18.3	20.0	15.0	1.3	18.0	19.0	17.0	0.5
	3	20.2	23.0	19.0	1.4	18.4	20.0	16.0	1.1	18.2	19.0	17.0	0.6
	4	20.4	23.0	19.0	1.3	18.6	20.0	16.0	1.2	18.2	19.0	17.0	0.6
	5	20.6	23.0	19.0	1.2	18.8	20.0	17.0	0.9	18.2	19.0	17.0	0.6

Cuadro 14A. Salida del programa CERES.

OUT2.MZ

Sunday, December 9, 1990 11:38 am

Page 1

RUN 1 50 FERTILIZACION;20
 INST_ID : CA SITE_ID: TU EXPT_NO: 11 YEAR : 1987 TRT_NO: 1
 EXP. : CALIBRACION LA MONTANA
 TRT. : 50 FERTILIZACION;20 DENSIDAD;
 WEATHER : La Montaña, Turrialba
 SOIL : INE, HALLOYSTIC, ISOHYPERTHERMIC, TYPIC HUMITROPEPT
 VARIETY : TICD-V9
 IRRIG. : NEVER IRRIGATED, RAINFED.

DAY	SDTT	BIO	LN	LAI	ROOT	STEM	GRAIN	LEAF	RTD	PTF	L1	L3	L5
DYR		g/m2			Weight in g			(cm)			RLV		
165	110.	1.	4	.02	.32	.20	.00	.25	32.	.59	.1	.0	.0
172	224.	4.	7	.08	1.41	.20	.00	2.11	57.	.62	.1	.1	.0
179	339.	14.	10	.22	5.06	.20	.00	7.25	82.	.60	.1	.4	.0
186	450.	31.	13	.45	12.96	.20	.00	17	107.	.57	.1	1.0	.1
193	65.	59.	16	.75	26.17	.38	.00	31.7	110.	.55	.6	1.9	.3
200	177.	92.	19	1.03	46.63	3.50	.00	46.62	110.	.52	1.3	3.6	.5
207	286.	140.	22	1.30	63.36	14.42	.00	62.22	110.	.55	1.7	5.0	.7
214	395.	214.	24	1.57	87.6	38.45	.00	78.51	110.	.59	2.0	5.0	.9
221	504.	322.	27	1.84	96.9	85.6	.00	95.17	110.	.64	2.2	5.0	1.2
228	612.	411.	30	2.25	116.51	103.03	.00	121.62	110.	.66	2.5	5.0	1.5
235	724.	473.	33	2.39	141.44	127.16	.00	131.09	110.	.65	3.0	5.0	2.1
242	104.	512.	33	2.26	171.6	115.98	.00	123.87	110.	.62	3.6	5.0	2.6
249	210.	545.	33	2.16	198.07	121.97	6.33	114.42	110.	.60	4.4	5.0	3.0
256	324.	584.	33	2.07	213.44	121.97	28.66	113.62	110.	.60	5.0	5.0	3.3
263	435.	623.	33	1.90	228.79	121.97	5.89	112.82	110.	.60	4.9	5.0	3.4
270	547.	663.	33	1.61	247.1	121.97	73.08	112.04	110.	.60	5.0	5.0	3.6
277	656.	702.	33	1.17	251.87	121.97	95.18	111.25	110.	.60	5.0	5.0	3.7

OUT2.MZ

Sunday, December 9, 1990 11:38 am

Page 2

RUN 2 150 FERTILIZACION;20
 INST_ID : CA SITE_ID: TU EXPT_NO: 11 YEAR : 1987 TRT_NO: 2
 EXP. : CALIBRACION LA MONTANA
 TRT. : 150 FERTILIZACION;20 DENSIDAD;
 WEATHER : La Montaña, Turrialba
 SOIL : INE, HALLOYSTIC, ISOHYPERTHERMIC, TYPIC HUMITROPEPT
 VARIETY : TICO-V9
 IRRIG. : NEVER IRRIGATED, RAINFED.

DAY	SDTT	BID	LN	LAI	ROOT	STEM	GRAIN	LEAF	RTD	PTF	L1	L3	L5
DYR		g/m2			Weight in g	Weight in g	Weight in g	Weight in g	(cm)		RLV	RLV	RLV
165	110.	1.	4	.01	.32	.20	.00	.25	32.	.59	.1	.0	.0
172	224.	4.	7	.08	1.43	.20	.00	2.11	57.	.62	.1	.1	.0
179	339.	13.	10	.21	5.09	.20	.00	7.25	82.	.59	.1	.4	.0
186	450.	30.	13	.43	13.06	.20	.00	17.00	107.	.57	.1	1.0	.1
193	65.	55.	16	.71	26.49	.38	.00	31.70	110.	.55	.6	1.8	.3
200	177.	87.	19	.97	47.36	3.50	.00	46.62	110.	.51	1.3	3.4	.5
207	286.	133.	22	1.23	64.64	14.42	.00	62.22	110.	.54	1.7	4.8	.7
214	395.	202.	24	1.49	82.96	38.45	.00	78.51	110.	.59	2.2	5.0	.9
221	504.	305.	27	1.74	105.9	87.9	.00	95.25	110.	.64	2.4	5.0	1.2
228	612.	390.	30	2.13	121.58	103.36	.00	122.15	110.	.65	2.5	5.0	1.4
235	724.	448.	33	2.26	148.06	127.49	.00	131.63	110.	.64	2.8	5.0	1.7
242	104.	486.	33	2.14	179.88	116.26	.00	124.38	110.	.61	3.2	5.0	2.2
249	210.	516.	33	2.05	207.74	122.40	.00	114.89	110.	.59	3.7	5.0	2.7
256	324.	554.	33	1.97	223.81	122.40	.00	114.09	110.	.59	4.0	5.0	3.0
263	435.	591.	33	1.80	239.86	122.40	.00	113.30	110.	.59	3.9	5.0	3.3
270	547.	628.	33	1.53	252.34	122.40	.00	112.50	110.	.59	4.1	5.0	3.5
277	656.	665.	33	1.11	263.77	122.40	.00	111.70	110.	.59	4.2	5.0	3.7

OUT2.MZ

Sunday, December 9, 1990 11:38 am

Page 3

RUN 3 50 FERTILIZACION;40
 INST_ID : CA SITE_ID: TU EXPT_NO: 11 YEAR : 1987 TRI_NO: 3
 EXP. : CALIBRACION LA MONTANA
 TRT. : 50 FERTILIZACION;40 DENSIDAD;
 WEATHER : La Montaña, Turrialba
 SOIL : INE, HALLOYSTIC, ISOHYPERHERMIC, TYPIC HUMITROPEPT
 VARIETY : TICD-V9
 IRRIG. : NEVER IRRIGATED, RAINFED.

DAY	SDTT	BIO	LN	LAI	ROOT	STEM	GRAIN	LEAF	RTD	PTF	L1	L3	L5
DYR		g/m2			Weight in g	Weight in g	Weight in g	Weight in g	(cm)		RLV	RLV	RLV
165	110.	1.	4	.02	.32	.20	.00	.25	32.	.59	.1	.0	.0
172	224.	7.	7	.13	1.39	.20	.00	2.11	57.	.62	.1	.2	.0
179	339.	22.	10	.35	4.88	.20	.00	7.25	82.	.60	.2	.6	.1
186	450.	51.	13	.74	11.97	.20	.00	17.00	107.	.59	.2	1.5	.2
193	65.	95.	16	1.21	22.96	.38	.00	31.61	110.	.58	.8	2.7	.4
200	177.	149.	19	1.67	38.96	3.50	.00	46.52	110.	.56	1.9	4.9	.7
207	286.	226.	22	2.10	49.45	14.19	.00	61.68	110.	.61	2.4	5.0	.9
214	395.	342.	24	2.53	57.75	37.38	.00	77.44	110.	.67	2.6	5.0	1.1
221	504.	503.	27	2.94	64.14	75.82	.00	92.85	110.	.72	2.7	5.0	1.3
228	612.	634.	30	3.50	73.88	97.20	.00	115.39	110.	.74	2.9	5.0	1.7
235	724.	733.	33	3.73	87.08	121.33	.00	124.76	110.	.74	3.4	5.0	2.1
242	104.	799.	33	3.53	104.67	111.12	.00	117.86	110.	.72	4.1	5.0	2.5
249	210.	853.	33	3.38	12.69	117.11	6.33	108.77	110.	.70	5.0	5.0	2.8
256	324.	917.	33	3.25	13.79	117.11	28.66	108.01	110.	.70	5.0	5.0	3.0
263	435.	981.	33	2.98	14.99	117.11	5.89	107.25	110.	.70	5.0	5.0	3.1
270	547.	1045.	33	2.52	148.87	117.11	73.08	106.50	110.	.70	5.0	5.0	3.2
277	656.	1109.	33	1.83	156.56	117.11	95.18	105.76	110.	.70	5.0	5.0	3.3

OUT2.MZ

Sunday, December 9, 1990 11:38 am

Page 4

RUN 4 150 FERTILIZACION;40
 INST_ID : CA SITE_ID: TU EXPT_NO: 11 YEAR : 1987 TRT_NO: 4
 EXP. : CALIBRACION LA MONTAÑA
 TRT. : 150 FERTILIZACION;40 DENSIDAD;
 WEATHER : La Montaña, Turrialba
 SOIL : INE, HALLOYSTIC, ISOHYPERHERMIC, TYPIC HUMITROPEPT
 VARIETY : TICO-V9
 IRRIG. : NEVER IRRIGATED, RAINFED.

DAY	SDTT	BIO	LN	LAI	ROOT	STEM	GRAIN	LEAF	RTD	PTF	L1	L3	L5
DYR		g/m2			Weight	Weight	Weight	Weight	(cm)		RLV		
					in g	in g	in g	in g					
165	110.	1.	4	.02	.32	.20	.00	.25	32.	.59	.1	.0	.0
172	224.	7.	7	.13	1.41	.20	.00	2.11	57.	.62	.1	.2	.0
179	339.	22.	10	.35	4.89	.20	.00	7.25	82.	.60	.2	.6	.1
186	450.	51.	13	.73	12.00	.20	.00	17.00	107.	.59	.2	1.5	.2
193	65.	94.	16	1.20	23.05	.38	.00	31.61	110.	.58	.8	2.7	.4
200	177.	148.	19	1.65	39.17	3.50	.00	46.52	110.	.56	1.9	4.9	.7
207	286.	224.	22	2.08	49.81	14.20	.00	61.70	110.	.60	2.6	5.0	.9
214	395.	339.	24	2.51	58.28	37.41	.00	77.47	110	.66	2.9	5.0	1.1
221	504.	498.	27	2.91	64.84	75.92	.00	92.91	110	.72	3.0	5.0	1.3
228	612.	628.	30	3.47	74.74	97.33	.00	115.53	110	.74	3.1	5.0	1.4
235	724.	727.	33	3.70	88.16	121.46	.00	124.91	110	.74	3.3	5.0	1.8
242	104.	792.	33	3.50	105.97	111.23	.00	118.00	110	.72	3.7	5.0	2.2
249	210.	845.	33	3.35	122.18	117.22	6.33	108.90	110	.70	4.2	5.0	2.8
256	324.	909.	33	3.22	132.38	117.22	28.66	108.14	110	.70	4.7	5.0	3.1
263	435.	972.	33	2.95	142.67	117.22	5.89	107.38	110	.70	4.8	5.0	3.4
270	547.	1035.	33	2.50	15.62	117.22	73.08	106.63	110	.70	5.0	5.0	3.6
277	656.	1198.	33	1.81	158.38	117.22	95.18	105.89	110	.70	5.0	5.0	3.8

OUT2.MZ

Sunday, December 9, 1990 11:38 am

Page 5

RUN 5 50 FERTILIZACION;60
 INST_ID : CA SITE_ID: TU EXPT_NO: 11 YEAR : 1987 TRT_NO: 5
 EXP. : CALIBRACION LA MONTANA
 TRT. : 50 FERTILIZACION;60 DENSIDAD;
 WEATHER : La Montaña, Turrialba
 SOIL : INE, HALLOYSTIC, ISOHYPERTHERMIC, TYPIC HUMITROPEPT
 VARIETY : TICO-V9
 IRRIG. : NEVER IRRIGATED, RAINFED.

DAY	SDTT	BIO	LN	LAI	ROOT	STEM	GRAIN	LEAF	RTD	PTF	L1	L3	L5
BYR		g/m2			Weight in g	Weight in g	Weight in g	Weight in g	(cm)		RLV	RLV	RLV
165	110.	2.	4	.04	.32	.20	.00	.25	32.	.59	.2	.0	.0
172	224.	11.	7	.20	1.37	.20	.00	2.11	57.	.63	.2	.2	.0
179	339.	34.	10	.54	4.63	.20	.00	7.25	82.	.62	.2	.9	.1
186	450.	78.	13	1.13	1.72	.20	.00	17.00	107.	.62	.3	2.1	.3
193	65.	144.	16	1.84	19.06	.38	.00	31.26	110.	.62	1.0	3.5	.5
200	177.	226.	19	2.54	29.36	3.49	.00	46.14	110.	.63	2.1	5.0	.8
207	286.	337.	22	3.16	35.00	13.50	.00	6.34	110.	.68	2.5	5.0	1.0
214	395.	496.	24	3.76	38.43	34.13	.00	74.56	110.	.74	2.6	5.0	1.1
221	504.	706.	27	4.28	4.07	66.92	.00	87.89	110.	.79	2.7	5.0	1.3
228	612.	876.	30	4.83	44.39	85.88	.00	106.18	110.	.81	3.0	5.0	1.5
235	724.	1025.	33	4.93	49.42	109.61	.00	115.23	110.	.82	3.4	5.0	1.7
242	104.	1127.	33	4.73	57.82	101.36	.00	108.79	110.	.81	4.0	5.0	1.9
249	210.	1206.	33	4.56	66.52	107.34	4.86	10.26	110.	.80	4.9	5.0	2.0
256	324.	1281.	33	4.44	74.02	107.34	21.98	99.56	110.	.79	5.0	5.0	2.2
263	435.	1356.	33	4.27	81.74	107.34	39.02	98.87	110.	.78	5.0	5.0	2.3
270	547.	1430.	33	3.62	87.98	107.34	56.04	98.18	110.	.78	5.0	5.0	2.4
277	656.	1504.	33	2.62	94.26	107.34	72.98	97.49	110.	.78	5.0	5.0	2.6

OUT2.MZ

Sunday, December 9, 1990 11:38 am

Page 6

RUN 6 150 FERTILIZACION;60
 INST_ID : CA SITE_ID: TU EXPT_NO: 11 YEAR : 1987 TRT_NO: 6
 EXP. : CALIBRACION LA MONTAÑA
 TRT. : 150 FERTILIZACION;60 DENSIDAD;
 WEATHER : La Montaña, Turrialba
 SOIL : INE, HALLOYSTIC, ISOHYPERTHERMIC, TYPIC HUMITROPEPT
 VARIETY : TICO-V9
 IRRIG. : NEVER IRRIGATED, RAINFED.

DAY	SDTT	BIO	LN	LAI	ROOT	STEM	GRAIN	LEAF	RTD	PTF	L1	L3	L5
DYR		g/m2			{-----	Weight in g	-----}		(cm)		{- RLV -}		
165	110.	2.	4	.04	.32	.20	.00	.25	32.	.59	.2	.0	.0
172	224.	10.	7	.19	1.39	.20	.00	2.11	57.	.62	.2	.2	.0
179	339.	32.	10	.52	4.68	.20	.00	7.25	82.	.61	.2	.9	.1
186	450.	75.	13	1.08	1 .89	.20	.00	17.00	107.	.61	.3	2.1	.3
193	65.	138.	16	1.76	19.60	.38	.00	31.31	110.	.62	1.0	3.5	.5
200	177.	216.	19	2.42	3 .49	3.49	.00	46.20	110.	.62	2.1	5.0	.8
207	286.	322.	22	3.02	36.61	13.58	.00	6 .51	110.	.67	2.8	5.0	1.0
214	395.	477.	24	3.60	4 .39	34.63	.00	74.99	110.	.73	3.0	5.0	1.1
221	504.	682.	27	4.12	42.37	68.22	.00	88.63	110.	.79	2.9	5.0	1.2
228	612.	848.	30	4.70	47.16	87.54	.00	107.43	110.	.81	3.0	5.0	1.4
235	724.	992.	33	4.82	52.97	111.39	.00	116.55	110.	.81	3.1	5.0	1.6
242	104.	1089.	33	4.66	62.34	102.84	.00	11 .05	110.	.80	3.4	5.0	2.0
249	210.	1164.	33	4.51	71.83	108.83	5.05	101.44	110.	.79	3.9	5.0	2.5
256	324.	1239.	33	4.39	79.61	108.83	22.84	10 .73	110.	.78	4.4	5.0	2.9
263	435.	1313.	33	4.11	87.61	108.83	4 .57	10 .03	110.	.78	4.9	5.0	3.2
270	547.	1387.	33	3.49	93.99	108.83	58.25	99.33	110.	.77	5.0	5.0	3.4
277	656.	1460.	33	2.52	10 .37	108.83	75.86	98.64	110.	.77	5.0	5.0	3.6