

MICROFILMADO

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

DEPARTAMENTO DE CULTIVOS Y SUELOS TROPICALES

9805

RELACIONES ENTRE LA MORFOLOGIA DE LAS PLANTAS Y LA RADIACION SOLAR DENTRO DE CULTIVOS DE MAIZ, YUCA Y PLATANO

CATIE
CENTRO DE DOCUMENTACION
22 1981 78

11 FEB 1977
IICA-CIDIA

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR - CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

REYNALDO GONZALEZ GONZALEZ

Turrialba Costa Rica

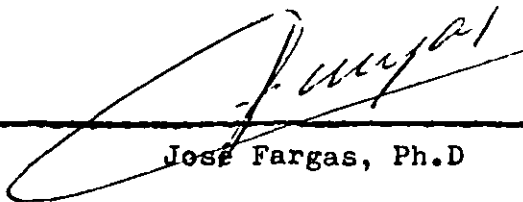
1976

15, 13, 01 U-19-78
Copia CATIE UCR

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión
de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE,
como requisito parcial para optar el grado de

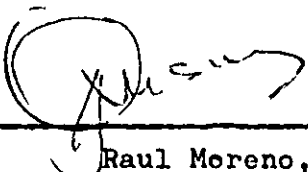
Magister Scientiae

JURADO



José Fargas, Ph.D

Consejero



Raul Moreno, Ph.D

Comite



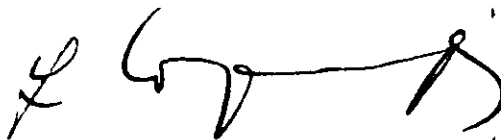
Victor Quiroga, Mag Sc.

Comite



Pablo Rosero, Mag Sc

Comite



Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos

-- Al Dr José Fargas, Consejero Principal, a quien pertenecen muchas de las ideas originales de este trabajo, por haberme brindado desinteresadamente su orientacion, ayuda y amistad

-- Al Dr Raul Moreno e Ingenieros Victor Quiroga y Pablo Rosero, por sus atinadas sugerencias

-- Al personal de la Unidad de Estadística y Computacion del IICA

-- Al personal de campo del Experimento Central del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE, por su colaboracion en la recoleccion de la informacion basica

-- Al gobierno de Holanda, el Instituto Agrario Dominicano, la Universidad de Costa Rica y al Centro Agronómico Tropical de Investigacion y Enseñanza, porque me dieron la oportunidad de lograr este objetivo

-- A todas aquellas personas que con gentileza me prestaron su colaboracion

BIOGRAFIA

El autor nació en Conuco, Salcedo, Republica Dominicana. Realizo sus estudios primarios y secundarios en las Escuelas Salustio Morillo y Emiliano Tejera de su ciudad natal y los profesionales en la Universidad Nacional Pedro Henriquez Ureña de Santo Domingo, graduandose como Ingeniero Agronomo en 1971

De 1972 a 1973, trabajo en la Comision de Recuperación de Tierras del Estado y Localización de Tierras Baldías, como Encargado de la Seccion de Agronomía.

A partir de 1973, ingresa al Instituto Agrario Dominicano como Encargado de la Division de Asistencia y Desarrollo

En febrero de 1975, ingreso al Programa de Graduados de la Universidad de Costa Rica-Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza (UCR-CATIE), en Turrialba, para realizar sus estudios de posgrado en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, area de Ecofisiologia, graduandose de Magister Scientiae en noviembre de 1976

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1 INTRODUCCION	1
2 R VISION DE LITERATURA	3
2.1 Importancia de la radiacion solar .	3
2.2 Distribucion de la radiacion solar dentro de los cultivos	5
2.3 Instrumentos para medir la radiacion solar	11
3 MATERIALES Y METODOS	13
3.1 Localizacion del experimento .	13
3.2 Diseño y establecimiento del experimento	13
3.3 Material empleado	14
3.4 Manejo del material	15
3.4.1 Material vegetal	15
3.4.2 Instrumentos meteorologicos	18
3.5 Tratamientos	19
3.6 Dosis de fertilizantes	20
3.7 Informacion climatica	21
3.8 Información morfológica .	22
3.9 Analisis de la informacion	26
4 RESULTADOS	32
4.1 Aspectos generales	32
4.2 Relaciones entre las características mor- fologicas y la radiacion solar dentro de los cultivos de maiz, yuca y platano	34
4.2.1 Maiz	34
4.2.2 Yuca	39
4.2.3 Platano	43
4.3 Influencia de la asociacion con frijol co- mun y de costa sobre las características morfológicas del maiz, yuca y platano .	47

	<u>Página</u>
4 3 1 Maiz	47
4 3 2 Yuca	50
4 3.3 Plátano	53
5 DISCUSION	61
5 1 Relaciones entre las características morfológicas y la radiación solar dentro de los cultivos de maíz, yuca y platano	61
5 2 Influencia de la asociación con frijol comun y de costa sobre las características morfológicas de los cultivos de maíz, yuca y platano	64
6. CONCLUSIONES	67
7 RESUMEN	69
7a SUMMARY	71
8 LITERATURA CITADA	73
9 APLNDICE	79

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N^o</u>		<u>Página</u>
A1	Orden cronológico de las principales labores de cultivos y actividades realizadas durante el experimento con maíz, yuca y platano	81
A2	Lluvia, evaporación de tanque A y temperatura media diaria durante el periodo experimental	83
A3	Radiación solar diaria promedio fuera y dentro de los cultivos y porcentaje de radiación no interceptada para maíz, yuca y platano	84
A4	Estimación estadística de los promedios de radiación solar fuera y dentro de cultivos de maíz, yuca y platano .	85
A5	Significación de las pruebas de diferencias de medias entre radiación solar total fuera del cultivo y radiación solar no interceptada, dentro de cultivos de maíz, yuca y platano .	85
A6	Análisis de variancia de regresión para radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de maíz sin asociar	86
A7	Coefficientes de regresión y significación de la radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de maíz sin asociar	86
A8	Matriz de correlación para características morfológicas y radiación solar en un cultivo de maíz sin asociar	87
A9	Análisis de variancia de regresión para radiación solar no interceptada, dentro de un cultivo de yuca sin asociar	88

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
A10	Coefficientes de regresion y significacion de la radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de yuca sin asociar	88
A11	Matriz de correlacion para características morfológicas y radiacion solar en un cultivo de yuca sin asociar	89
A12	Análisis de variancia de regresion para radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de platano sin asociar	90
A13	Coefficientes de regresión y significacion de la radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de platano sin asociar	90
A14	Matriz de correlacion para características morfológicas y radiacion solar en un cultivo de platano sin asociar .	91
A15	Valores de las características morfológicas por planta, durante el ciclo de vida del maíz sin asociar y asociado con frijol comun y de costa	92
A16	Resumen de los análisis de variancia entre tratamientos para algunas variables biológicas del maiz	93
A17	Valores de las características morfológicas por planta durante parte del ciclo de vida de la yuca sin asociar y asociada con frijol comun y de costa	94
A18	Resumen de los análisis de variancia entre tratamientos para algunas variables biológicas de la yuca	96
A19	Promedios de tratamientos con seis muestreos para altura de planta y pruebas de Duncan en yuca var "Valencia"	96

<u>Cuadro N^o</u>		<u>Página</u>
A20	Valores de las características morfológicas por planta durante parte del ciclo de vida del platano sin asociar y asociado con frijol comun y de costa	97
A21	Resumen de los analisis de variancia entre tratamientos para algunas variables biologicas del platano	98
A22	Promedios de tratamientos con seis muestreos para altura de planta y pruebas de Duncan en platano var "Pelipita"	98
A23	Promedios de tratamientos con seis muestreos para area foliar y pruebas de Duncan en platano var "Pelipita"	99
A24	Promedios de tratamientos con seis muestreos para diametro de copa y pruebas de Duncan en platano var 'Pelipita' .	99
A25	Rendimiento de grano por planta y por hectarea de un cultivo de maiz sin asociar y asociado con frijol comun y de costa	100
A26	Significacion de las pruebas de diferencias de medias del rendimiento promedio por planta y por hectarea para un cultivo de maiz sin asociar y asociado con frijol comun y de costa	100
A27	Ecuaciones que dan las distintas relaciones entre variables estudiadas .	101

LISTA DE FIGURA S

<u>Figura N^o</u>		<u>Página</u>
1	Regresion del largo de la hoja en cm con el area foliar en dm ²	27
2	Lluvia evaporacion (totales por periodos) y temperatura media (promedios diarios por periodo) que ocurrieron durante el ciclo de vida del maiz y parte del ciclo de vida de la yuca y el platano	33
3	Variacion con la edad de la radiacion solar total fuera (E) y dentro de los cultivos de maiz (M), yuca (Y) y platano (P) Promedios diarios por periodos	35
4	Radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de maiz sin asociar en relacion al area foliar altura de planta y edad	37
5	Radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de maiz sin asociar en relacion a la biomasa aerea	38
6	Radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de yuca sin asociar en relacion al area foliar, altura de planta y edad	41
7	Radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de yuca sin asociar en relacion a la biomasa total	42
8	Radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de platano sin asociar en relacion a la altura de planta, diametro de copa y edad	45
9	Radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de platano sin asociar en relacion al area foliar	46

<u>Figura N^o</u>		<u>Página</u>
10	Variacion del area foliar, altura de planta y biomasa aérea con la edad de un cultivo de maiz sin asociar y asociado con frijol comun y de costa Valores promedios para los tres tratamientos	49
11	Variacion de la altura de planta con la edad de un cultivo de yuca sin asociar y asociado con frijol comun y de costa	52
12	Variacion del area foliar con la edad de un cultivo de yuca sin asociar y asociado con frijol comun y de costa Valores promedios para los tres tratamientos	54
13	Variacion de la biomasa total con la edad de un cultivo de yuca sin asociar y asociado con frijol comun y de costa Valores promedios para los tres tratamientos	55
14	Variacion de la altura de planta con la edad de un cultivo de platano sin asociar y asociado con frijol comun y de costa	57
15	Variacion del area foliar con la edad de un cultivo de platano sin asociar y asociado con frijol comun y de costa	59
16	Variacion del diametro de copa con la edad de un cultivo de platano sin asociar y asociado con frijol comun y de costa	60

1 INTRODUCCION

En America Latina la agricultura no ha logrado aun producir los alimentos necesarios para asegurar una buena dieta a su poblacion, siendo una de las razones el uso ineficiente de la tierra

Por tal motivo existe actualmente una fuerte tendencia en el tropico a encaminar la investigacion agricola hacia el estudio de sistemas de produccion que incluyen cultivos asociados, los cuales permiten el maximo aprovechamiento del terreno mediante la intensificacion de la produccion en espacio y tiempo (15)

Debido a que en el tropico americano entre los cultivos alimenticios mas importantes figuran el maiz, la yuca y el platano, los cuales generalmente se usan como cultivos predominantes en asociaciones con especies de menor tamaño, es muy importante estudiar la influencia de su crecimiento morfológico sobre las condiciones microclimáticas que ellos imponen

La radiacion solar es uno de los factores climaticos mas afectado por las plantas predominantes de una asociacion la que a su vez tiene gran influencia en los procesos fisiologicos de las plantas, pues es la fuente primaria de energia que ellas utilizan para transformar el CO_2 atmosferico en sustancias alimenticias

Existe poca informacion en el estudio de las relaciones morfologia-microclima de las plantas tropicales predominantes en las asociaciones Por este motivo y por la impor-

tancia que tienen los cultivos antes mencionados en la alimentacion humana, se considero de interes hacer este trabajo de investigacion con los siguientes objetivos

- 1 Relacionar, a traves del tiempo, las variaciones de biomasa, altura de planta, area foliar y otras características morfológicas de los cultivos de maiz, yuca y platano con la radiacion solar que pasa a traves de su follaje
- 2 Determinar el efecto que la asociacion con dos especies de frijol tiene sobre la biomasa, altura de planta, area foliar y otras características morfológicas del maiz, yuca y platano

2 DIVISION DE LITERATURA

2 1 Importancia de la radiacion solar

En el tropico americano hay una subutilizacion de los recursos y condiciones ecologicas, sobre todo en lo que se refiere al uso de la energia radiante, pues no existe una correspondencia entre la abundante y constante cantidad de energia radiante disponible y la utilizada en la produccion de alimentos

Toda la energia de un ecosistema se origina de la radiacion solar. Aunque a nuestro planeta llegan pequeñas cantidades de radiacion cosmica proveniente de fuera del sistema solar, estas radiaciones son de poca importancia ya que es la radiacion solar la que suministra la energia necesaria para calentar el ambiente y conducir el ecosistema por medio de energia almacenada por fotosintesis (11).

En general podria decirse que el hombre puede controlar casi todos los factores de accion directa sobre la productividad de las plantas, a excepcion de la radiacion solar, en la que su accion es muy limitada y de poca repercusion economica (5)

La cantidad de energia radiante disponible para procesos fisicos, biologicos o climaticos en la 'superficie de la tierra se puede expresar mediante la siguiente ecuacion: $R = (Q + q) (1 - a) + I_1 - I_0$, donde R = radiacion neta, Q =

radiacion solar directa, q = radiacion solar difusa, a = albedo, I_1 = radiacion de onda larga recibida desde arriba, I_0 = radiacion de onda larga emitida desde la superficie de la tierra (53)

Son muchos los factores que afectan la absorcion y dispersion de la energia solar en una comunidad de plantas, tales como a) morfologia o arquitectura de las plantas, b) estructura del follaje, c) forma, numero y tamaño de las hojas, y d) distribucion de las hojas y angulo de exposicion (20, 30, 31, 56)

Szeicz (50) sostiene que la radiacion solar que llega a la superficie de la tierra es transformada y disipada principalmente por la vegetacion. La transmision de la radiacion solar a traves de las hojas depende en gran parte de la longitud de onda. Los pigmentos de las hojas absorben cerca del 80-90% de la radiacion fotosinteticamente activa, pero solo un 20% de la radiacion infrarroja. En la atmosfera la radiacion visible es atenuada por dispersion y absorcion, pero su composicion espectral permanece casi constante. Sin embargo, en el follaje del cultivo la radiacion es transmitida a traves y entre las hojas y por esta razon la composicion espectral cambia rapidamente con la profundidad del follaje.

2 2 Distribucion de la radiación solar dentro de los
cultivos

Denmead (20) dice que parte de la radiación incidente sobre una comunidad de plantas es reflejada y otra parte reirradiada. La mayor parte es transferida a la atmosfera como calor latente, otra parte es transferida a la vegetacion y al suelo, y otra pequeña parte es utilizada en los procesos fotosinteticos.

Acevedo (1) afirma que las condiciones dinamicas de la luz que prevalecen dentro de un cultivo predominante como yuca o maiz, cambian dia a dia y dependen de aspectos climaticos y agronomicos tales como epoca del año, densidad de siembra, fertilidad del suelo, orientacion de surcos y arquitectura de la planta.

Saeki citado por Vernagen, Wilson y Britten (54) dicen que la intensidad de luz dentro del follaje de un cultivo varia con la profundidad y puede ser expresada como una funcion del area foliar, es decir $I/I_0 = f(F)$, donde I_0 = intensidad inicial de luz, I = intensidad de luz a la profundidad considerada, y F = area foliar.

La intensidad y distribucion de la luz dentro de una comunidad de plantas es uno de los factores microclimaticos importantes que afectan los procesos fisiológicos que determinan la productividad en las plantas (3, 22, 36, 59). Si factores

tales como temperatura, humedad del suelo, precipitación, nutrientes, insectos y enfermedades son controlados, la tasa de crecimiento del cultivo dependerá de la cantidad e intensidad de radiación solar recibida por el follaje (12, 13, 30, 58) Kurbatov y Doonar citados por Darley et al (23) estudiaron el efecto de varios niveles de luz en maíz y encontraron que al disminuir el porcentaje de luz de 100 a 10% hubo una disminución significativa en el número de mazorca por planta, rendimiento de grano por planta, peso de grano y porcentaje de aceite y proteína Lizarraga (29) encontró que el camote asociado con maíz tuvo un desarrollo menos vigoroso que el asociado con yuca debido a que el maíz intercepta mayor cantidad de luz que la yuca Esto demuestra que la radiación solar recibida por las plantas en los sistemas depende del cultivo dominante con que se asocian

Sakamoto y Shaw (42) encontraron en soya que aproximadamente el 90% de la luz fue interceptada por el follaje durante la época de floración y formación de las vainas Blackman y Black (12) afirman que en periodos o regiones de alta insolación muy poca luz alcanzará la superficie del suelo si el IAF excede de 5 y el gradiente de luz dependerá de la estructura de la vegetación En la mayoría de las comunidades vegetales la parte superior del follaje estará expuesta a plena luz, pero la parte inferior del follaje recibirá un nivel de luz que se encontrará por debajo del punto de compensación de las hojas

Osman (38) reporta que en trigo el 97% de la radiación visible que entro al cultivo fue interceptada por el follaje antes de llegar a la superficie del suelo. Observo que la radiación visible fue más absorbida por los organos verdes que la infrarroja. Calcule los coeficientes de extincion para radiación visible, infrarroja y total durante el período de crecimiento del cultivo y encontro valores altos para las primeras medidas, las cuales disminuyeron con el tiempo y luego comenzaron a aumentar. Saeki citado por este autor afirma que el coeficiente de extincion para radiación total es generalmente de 0,3 a 0,5 para hojas muy inclinadas y de 0,7 a 1,0 para hojas de poca inclinacion.

Shaw y Weber (45) trabajando con soya encontraron que un follaje uniforme de hojas grandes y anchas intercepto casi toda la radiación solar en la parte superior del cultivo, mientras que un follaje irregular permitio una mayor penetración de luz, lo cual fue mas notable para aquella población con un distanciamiento de 1,5 m entre hileras en relacion a las de 1 m. Hubo una mayor competencia por luz entre las hileras a 1 m que entre aquellas a 1,5.

Williams et al (58) trabajando con maiz y a distintas densidades de siembra encontraron que la intercepcion de luz estuvo estrechamente asociada con el area foliar. Los valores de IAF a los cuales ocurrio una intercepcion de luz del 95% (IAF₉₅) variaron entre 7,8 y 9,3. Arze (8) trabajando con

maiz a dos densidades de siembra y tres orientaciones de surco encontro que la radiacion solar no interceptada dentro del cultivo a 0,20, 0,70 y 1,20 m del suelo estuvo significativamente correlacionada con altura de planta, peso seco foliar y peso seco de tallo

Loomis et al (31) trabajando con maiz a densidades de 17,500 y 125 000 pl/ha encontraron que la radiacion solar dentro del cultivo fue disminuyendo progresivamente conforme aumentaba la densidad de siembra

Scarsbrook y Dooss (44) midieron la radiacion solar a 60, 120 y 180 cm del suelo en poblaciones hibridas de maiz sembrados a 51 y 102 cm entre hileras y encontraron que una cantidad considerablemente menor de energia solar llego a la superficie del suelo en aquella poblacion con hileras separadas a 51 cm Asi mismo la disminucion de la radiacion con la profundidad del follaje fue mucho mas marcada para las altas densidades

Hodgson y Blackman citados por Blackman y Black (12) encontraron en Vicia fava que a altas densidades (55-65 pl/m²) y durante la epoca de floracion la intensidad de luz a nivel del suelo alcanzo valores tan bajos como 0,03% de luz del dia y fue estimado que el 38% de cada planta se encontraba por debajo del punto de compensacion de luz Cuando la densidad fue disminuida a 11 o 12 pl/m² la intensidad mínima de luz en la base de la planta estuvo por encima del punto de compensacion

Aubertin y Peters (10) encontraron en maiz que la radiacion neta a 0,60 m sobre el suelo fue mayor para aquella poblacion de 39 000 pl/ha y sembrada a 1,02 m entre surcos que para aquella de 77 000 pl/ha y 51 cm entre surco. A estos mismos resultados llegaron Yao y Shaw (60) con poblaciones de maiz de 35 000 pl/ha y 70 000 pl/ha y surcos a 53 y 106 cm, midiendo la radiacion a 15 cm y 1 m sobre el suelo.

Tanner, Peterson y Looe (51) midiendo los cambios de energia radiante en un cultivo de maiz a 1 m sobre el suelo encontraron que la radiacion neta fue 5% menor para la poblacion de 54 000 pl/ha que para aquella de 32 000 pl/ha. Clegg et al (18) encontraron en sorgo que la transmision de radiacion fotosinteticamente activa a traves del follaje fue de 89, 69% y 2,4% para los espaciamentos entre hileras de 1,02, 0,76 y 0,51 m respectivamente. Estos investigadores observaron que tanto para dia nublado como para dia claro la parte superior del follaje intercepo del 70 al 80% de la radiacion solar fotosinteticamente activa. La transmision diurna de la radiacion solar se ajusto bien a un modelo cuadratico.

Un factor importante en la intercepcion de la luz por el follaje de un cultivo o de una comunidad de plantas es el angulo o la posicion de la hoja con respecto a la horizontal.

Ariyanayagan, Moore y Carangal (7) encontraron en maiz que la penetracion de luz a traves del follaje fue mayor

en aquellas poblaciones con hojas mas erectas Durante la floracion mas del 80% de la luz fue interceptada por la parte superior del follaje y la poblacion con hojas mas horizontales intercepto un 50% mas que aquella de hojas erectas

Whigham y Woolley (55) trabajando con maiz durante tres años consecutivos encontraron que las poblaciones de hojas mas horizontales interceptaron un 8% mas de luz que aquellas de hojas mas verticales Para este ultimo caso se observaron grandes valores de reflexion de luz ya que una mayor cantidad de radiacion solar pudo llegar a nivel del suelo En los primeros estados del crecimiento una menor cantidad de luz fue interceptada por el cultivo, mientras que en la etapa de floracion masculina el follaje casi estaba cerrado lo cual elimino practicamente la penetracion y reflexion de luz

Allen, Yocum y Lemom (4) estudiando la transmision de radiacion visible dentro de un cultivo de maiz a 265, 225, 175, 100 y 20 cm sobre el suelo encontraron que la radiacion neta disminuyo exponencialmente con la altura y que cuando el maiz alcanzo 265 cm intercepto el 100% de la radiacion visible transmitida y consideraron esta altura como la altura efectiva de la planta de maiz

Stanhill (47) determino en alfalfa que la altura de planta estuvo muy correlacionada con la radiacion solar medida dentro y encima del cultivo Se encontro que la variacion en la altura del cultivo explico el 76% de la variacion en la

fraccion de radiacion solar que llego a la superficie del suelo de bajo del cultivo

Brougham (14) trabajando con pastos puros y mixtos encontro que el porcentaje de luz incidente que penetra a traves del follaje del cultivo cambio considerablemente con la hora del dia, registrandose los valores mas altos al medio dia y los mas bajos 2 o 3 horas despues del amanecer o antes del atardecer. Estos resultados son atribuidos al angulo de incidencia de la luz y sugieren una diferencia estacional marcada en el area foliar requerida para interceptar el 95% de la luz

Denmead (20) comparando la radiacion neta que llega a la superficie del suelo dentro de un bosque de pino y de un cultivo de trigo encontro que para este ultimo fue de 40% mientras que en el bosque de pino solo fue el 5%

2 3 Instrumentos para medir la radiacion solar

En la determinacion de la radiacion solar total se ha empleado el solarigrafo de Kipp y Zonnen (6, 28, 35) basado en la diferencia de dilatacion de laminas metalicas pintadas de blanco y negro. Tambien se ha empleado el radiometro integrador Gunn-Bellani (8, 29) basado en la destilacion del alcohol evaporado por efecto del calor de radiacion.

La determinacion de radiacion neta se puede hacer utilizando radiómetros economicos del tipo Suomi y Kulm (19, 51) basados

en fenomenos fotoquimicos Yao y Shaw (60) y Allen Yocum y Lemon (4) han utilizado para el mismo proposito radiometros de Fritschen, basados en transductores termicos

El indice de fotolepsis o porcentaje de luz del dia que se mide dentro de la plantacion ha sido medido con una celula fotoelectronica Lange con filtro para luz difusa (33) Friend (24) recomienda el uso de papel tipo Sepia Ozalid No 33 NT, como un metodo sencillo y rapido para medir la luz en el campo

3 MATERIALS Y METODOS

3.1 Localización del experimento

Este trabajo se efectuó bajo condiciones de campo en el área experimental localizada dentro de los límites del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica (9° 53' latitud norte y 83° 39' longitud oeste) y a una elevación de aproximadamente 602 msnm, que de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (26, 27) se encuentra en Bosque muy húmedo premontano. El clima es húmedo caliente, con temperaturas* promedio de máxima = 27 C, mínima = 17,6 C, media = 22,3 C. La precipitación pluvial** anual promedio alcanza a 2662,8 mm y la radiación solar* diaria promedio a 415,12 cal cm⁻² (16). Los suelos son de origen aluvial fluvio lacustre, de la serie Instituto arcilloso (Inseptisol Typic Distropepts) (2), con drenaje normal a impedido y fertilidad media a baja (34).

3.2 Diseño y establecimiento del experimento

El experimento se estableció en tres bloques de terreno con superficie convexa de 9 m de ancho por 49 m de largo cada uno. El diseño fue de bloques al azar con tres repeticiones (Fig. A1).

* Datos de 18 años

** Datos de 33 años

La preparacion del terreno se hizo mediante tres pasadas de "rota-vator", hasta una profundidad aproximada entre 15 y 20 cm

Una vez preparado el terreno se hizo la delimitacion de las parcelas y se procedio a la siembra

3 3 Material empleado

a - Material vegetal

Los cultivos utilizados en el experimento fueron los siguientes maiz (Zca mays) var Tuxpeño crema planta baja, yuca (Manihot esculenta) var Valencia, platano (Mussa paradisiaca) var Pelipita, frijol comun (Phaseolus vulgaris) var 27-R y frijol de costa (Vigna sinensis) var V-44, los cuales fueron proporcionados por el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE

b - Instrumentos meteorologicos

Para ser colocados dentro de los cultivos se dispuso de seis radiometros tipo Gunn-Bellani. Cada uno de los seis radiometros se coloco en el extremo de una varilla de hierro que una vez clavada en el suelo dejo al instrumento a 60 cm de altura. Estos radiometros se colocaron entre las hileras de los cultivos de maiz, yuca y platano sin asociar

Separadamente de los cultivos y dentro de un abrigo

meteorológico estandar, se colocaron un higiotermo-
grafo y un termometro de maxima y minima. A cierta distancia
del abrigo meteorológico se colocaron un pluviometro y un ra-
diometro tipo Gunn-Bellani.

3 4 Manejo del material

3 4 1 Material vegetal

Maiz

La semilla de maiz fue tratada con una mezcla de
Captan y Aldrin (25%). La siembra se realizo en la segunda
quincena de diciembre de 1975, y fue sembrado manualmente co-
locando tres semillas por golpe para luego eliminar una planta
y dejar las dos mejores. La distancia de siembra fue de 1 m
entre hileras y 0,40 m entre plantas correspondiendo a una po-
blacion de 50 000 pl/ha. Los dos tipos de frijol que se aso-
ciaron con el maiz fueron sembrados a 0,50 m del surco del maiz
y a 0,20 m entre plantas dando una poblacion de 100 000 pl/ha.

Para realizar el estudio comparativo de la variación
de las características morfológicas de las plantas con la edad
se hicieron cinco muestreos realizandose la cosecha cinco dias
despues del ultimo. El intervalo entre periodos de muestreo
fue de 22 dias, excepto para el primero que fue de 32 dias
(Cuadro 1)

Yuca

Los esquejes de yuca no recibieron ningun tratamiento fitosanitario. La siembra se realizo en la segunda quincena de diciembre de 1975 a un distanciamiento de 1 m entre hileras y 1 m entre plantas para una poblacion de 10 000 pl/ha. Los dos tipos de frijol que se asociaron con este cultivo fueron sembrados a 0,50 m del surco de la yuca y a 0,20 m entre plantas dando una poblacion de 100 000 pl/ha.

Para realizar el estudio comparativo de la variacion de las caracteristicas morfologicas de las plantas con la edad se hicieron seis muestreos solamente durante los primeros seis meses del ciclo de la yuca. El intervalo entre periodos de muestreo fue de 30 dias excepto para el primero que fue de 37 dias (Cuadro 1)

Platano

Los bulbos de platano fueron sumergidos antes de la siembra en una solucion de Aldrin (25%). La siembra se realizo en la primera quincena de octubre del año 1975 a un distanciamiento de 3 m entre hileras y 3 m entre plantas dando una poblacion de 1 111 pl/ha. Los dos tipos de frijol que se asociaron a este cultivo fueron sembrados a 0,50 m entre hileras y 0,20 m entre plantas dando una poblacion de 100 000 pl/ha.

Para realizar el estudio comparativo de la variacion de las caracteristicas morfologicas de las plantas con la edad

se hicieron seis muestreos solamente durante los seis primeros meses a partir de la fecha de siembra del frijol. El intervalo entre periodos de muestreo fue de 30 días excepto para el primero que fue de 122 días (Cuadro 1)

Cuadro 1 Edad de los cultivos (días después de siembra) en los diferentes muestreos e intervalos (días) entre cada muestreo

Muestreos	Maiz		Yuca		Platano	
	Edad	Intervalo	Edad	Intervalo	Edad	Intervalo
1	32	32	37	37	122	122
2	54	22	67	30	152	30
3	76	22	97	30	182	30
4	98	22	127	30	212	30
5	120	22	157	30	242	30
6	125	cosecha	187	30	272	30

A todos los cultivos se les proporciono los cuidados y practicas culturales necesarios para su crecimiento normal. En el Cuadro A1 se dan a conocer, en orden cronologico, las principales labores de cultivo y actividades realizadas durante el experimento.

3 4 2 Instrumentos meteorologicos

Antes de iniciar el trabajo los radiómetros Gunn-Bellani fueron estandarizados determinando un factor de corrección K para cada instrumento de tal manera que a igualdad de radiación solar, las lecturas de los instrumentos multiplicada por dichos factores dieran valores iguales entre si e iguales al de un pirheliometro electronico Kipp and Zonen CM3

La radiación solar total fuera y dentro de los cultivos fue registrada diariamente a las 7 a m y a 60 cm del suelo a partir de la siembra para el maiz y la yuca y despues de tres meses para el caso del platano, tiempo que se considero de establecimiento para este cultivo

Los radiómetros se rotaron cada cinco dias entre parcelas y dentro de ellas de tal manera que cada 10 dias registraban todas las condiciones del ensayo, cumpliendo un ciclo rotacional

Todos los instrumentos fueron puestos en cero diariamente, y con el dato de la altura de la columna de alcohol despues de 24 horas, se calculo la radiación total mediante la siguiente formula

$$Q = h \times k$$

donde

Q = Radiación solar total en $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$

h = Altura de la columna de alcohol en cm

k = Constante instrumental

El higrotermografo fue estandarizado para temperatura con los instrumentos de la estacion de meteorologia del CATIE Cada semana se cambio la banda de registro del instrumento para su procesamiento

Las lecturas del pluviometro se realizaron diariamente mediante una regla graduada que expresaba la precipitacion en milímetros

Para la evaporacion se usaron los datos del tanque A de la estacion de meteorologia del CATIE

3 5 Tratamientos

Los tratamientos fueron

Maiz sin asociar

Maiz asociado con frijol comun

Maíz asociado con frijol de costa

Yuca sin asociar

Yuca asociada con frijol comun

Yuca asociada con frijol de costa

Platano sin asociar

Platano asociado con frijol comun

Platano asociado con frijol de costa

3 6 Dosis de fertilizantes

a - Maíz

La aplicacion de fertilizantes se realizó en bandas y en dos fechas empleando formulas de uso comercial

La primera aplicacion se hizo inmediatamente despues de la siembra empleando 110 kilos por hectarea de la formula 15-30-8

La segunda aplicacion se hizo 30 dias despues de la siembra Se usaron 200 kilos por hectarea de la formula 20-10-6-5, 66 kilos por hectarea de nitrato de amonio y 39 kilos por hectarea de nitrato de potasio

b - Yuca

La aplicacion de fertilizantes se hizo en bandas y en tres fechas empleando formulas de uso comercial La primera aplicacion se hizo inmediatamente despues de la siembra empleando 110 kilos por hectarea de la formula 15-30-8

La segunda aplicacion se hizo 30 dias despues de la siembra Se usaron 200 kilos por hectárea de la formula 20-10-6-5, 66 kilos por hectarea de nitrato de amonio y 39 kilos por hectarea de nitrato de potasio

La tercera aplicacion se hizo 150 dias despues de la siembra Se usaron 200 kilos por hectarea de la formula 20-10-6-5, 66 kilos por hectarea de nitrato de amonio y 39 kilos por hectarea de nitrato de potasio

c - Platano

La aplicacion de fertilizantes se hizo en tres fechas empleando formulas de uso comercial. La primera aplicacion se hizo antes de la siembra en el hueco, empleando 220 kilos por hectarea de superfosfato triple. La segunda aplicacion se hizo 90 dias despues de la siembra y alrededor de las plantas, se usaron 300 kilos por hectarea de la formula 20-10-6-5. La tercera aplicacion se hizo 210 dias despues de la siembra, se usaron 300 kilos por hectarea de la formula 20-10-6-5.

3.7 Informacion climatica

Los datos de radiacion solar dentro del cultivo constituyen la variable de respuesta microclimatica. La informacion climatica fue agrupada en promedios diarios por periodos de muestreo.

Las variables analizadas fueron las siguientes:

- 1 - Radiacion solar total fuera del cultivo
- 2 - Radiacion solar total dentro del cultivo
- 3 - Precipitacion pluvial fuera del cultivo
- 4 - Evaporacion medida fuera del cultivo
- 5 - Temperatura media fuera del cultivo

3 8 Informacion morfologicaa - Maiz

Para conocer las variaciones de las características morfológicas con la edad del cultivo, se realizaron muestreos irrestrictos al azar cada 22 días, tomando seis plantas por cada tratamiento

Las características morfológicas observadas por muestreo y por tratamiento fueron

- 1 Altura de planta
- 2 Area foliar
- 3 Peso seco de hojas
- 4 Peso seco de tallos
- 5 Peso seco de granos
- 6 Biomasa total de la parte aerea

La altura de planta fue medida del suelo al ángulo superior formado por la curvatura de la última hoja cuando las plantas no tenían inflorescencias, y del suelo a la inserción de la última hoja cuando se desarrolló la inflorescencia masculina

El area foliar fue calculada según la fórmula (32)

$$Y = E (L \times W) (0,73)$$

donde

Y = Area foliar

E = Sumatoria

L = Largo de la hoja

W = Ancho maximo de la hoja

0,73 = Constante

b - Yuca

Para conocer las variaciones de las características morfológicas con la edad del cultivo, se realizaron muestreos irrestrictos al azar cada 30 días, tomando dos plantas por cada tratamiento

Las características morfológicas observadas por muestreo y por tratamiento fueron

- 1 Altura de planta
- 2 Area foliar
- 3 Peso seco de hojas
- 4 Peso seco de tallos mas peciolo
- 5 Peso seco de raices reservantes
- 6 Biomasa total

La altura de la planta fue medida del suelo hasta la maxima altura que alcanzaban las hojas en el tallo mas alto

El area foliar se determino mediante la multiplicacion del peso seco de follaje (g) con el valor denominado area

foliar específica (AFE) Para encontrar el AFE se tomaron hojas de diferente tamaño y en forma individual se determino su area foliar por el método del papel (9) y luego se obtuvo su peso seco Ambos valores se dividieron para obtener las respectivas AFE que se expresan en dm^2/g

Los siguientes datos muestran que esa relacion vario poco con la edad manteniendose alrededor de dos durante el periodo de estudio

Edad (dia)	AFE (dm^2/g)
37	2,12
67	1,99
97	1,93
127	1,92
157	2,22
187	2,25

Multiplicando estos valores por el peso seco en gramos de follaje de cada planta se obtuvo su correspondiente area foliar

Tanto en el maiz como en la yuca, para determinar los pesos secos en cada muestra se separaron las hojas de los tallos y estos de las raices reservantes (yuca), y se picaron para un mejor secado Las muestras fueron colocadas en estufa a 70 C hasta conseguir peso constante

c - Platano

Para conocer las variaciones de las características morfológicas con la edad del cultivo, se realizaron muestreos irrestrictos al azar cada 30 días, tomando dos plantas por tratamiento

Las características morfológicas observadas por muestreo y por tratamiento fueron

- 1 Altura de planta
- 2 Diametro de copa
- 3 Area foliar

La altura de planta fue medida del suelo hasta la insercion de la ultima hoja

El diametro de copa se determino midiendo la proyeccion vertical de la copa de la planta en el terreno (39)

El area foliar se determino usando la siguiente ecuacion de regresion

$$Y = B_0 + B_1 X + B_2 X^2$$

donde

Y = area foliar por hoja (dm²)

B₀ = -10,012470

B₁ = 0,350353

B₂ = 0,001611

X = largo de la hoja (cm)

Para determinar esta ecuacion se hizo un muestreo de hojas de distintos tamaños que fueron representativas de la población de plantas. Con las medidas de ancho, largo y largo por ancho se hicieron todas las regresiones simples posibles, encontrandose que el modelo cuadrático con el largo de la hoja como variable independiente fue el que dio mejor ajuste con un $R^2 = 0,9968$

En la figura 1 se muestra la curva que representa la tendencia de esta regresion

3 9 Análisis de la información

Con los datos climáticos y morfológicos observados se realizaron los siguientes análisis estadísticos

1 Pruebas de diferencias de medias

a Para radiación solar total

$$H_0 = U_1 = U_2 = U_3 = U_n$$

$$H_a = U_1 \neq U_2 \neq U_3 \neq U_n$$

donde

H_0 = Hipotesis nula

H_a = Hipotesis alterna

U_1 = Promedio de la radiación total del cultivo

U_2, U_3 U_n = Promedio de la radiación solar total dentro del cultivo

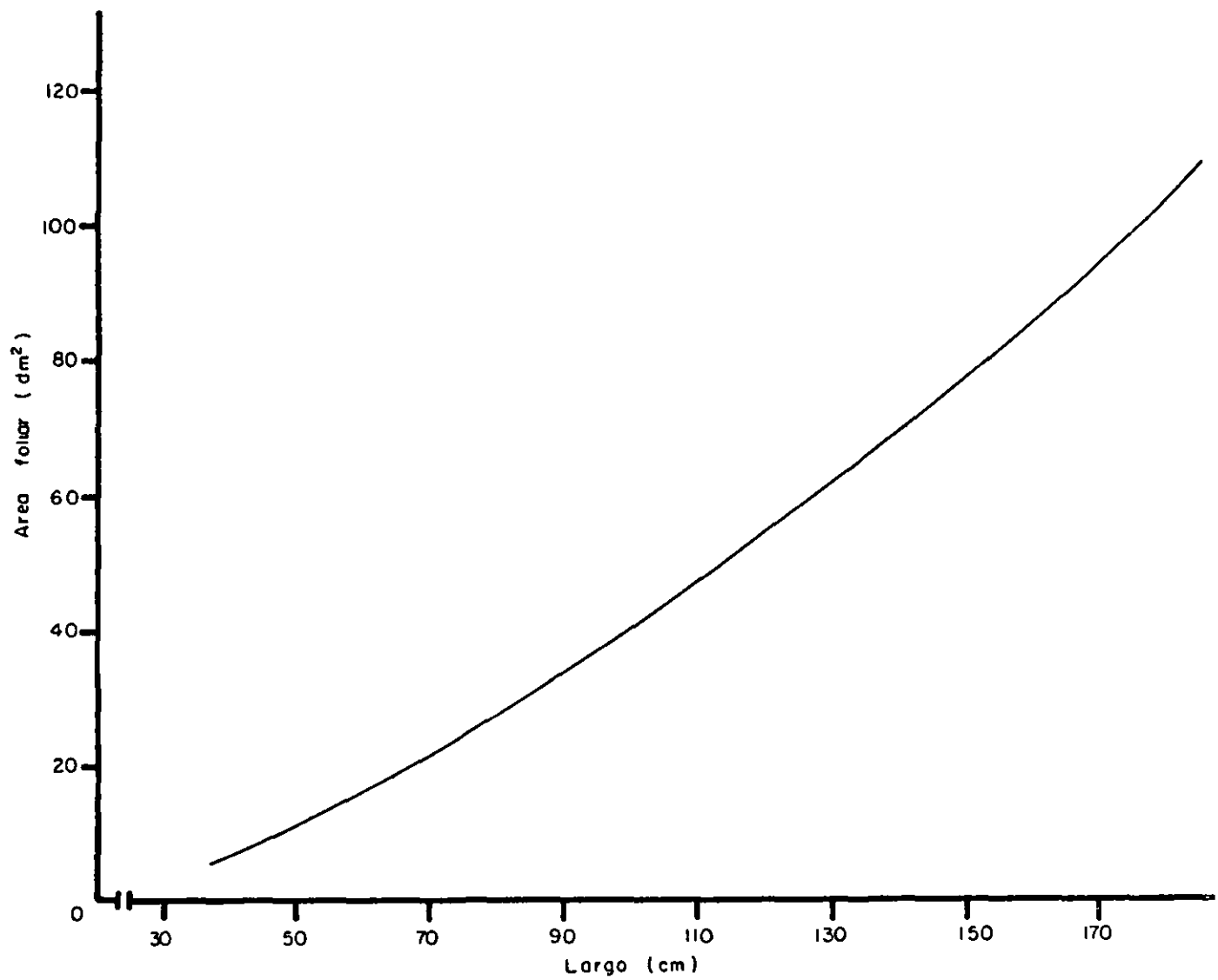


Fig 1 Regresion del largo de la hoja en cm con el area foliar en dm^2

b Para rendimiento de grano en maiz

$$H_o = U_1 = U_2 = U_3 = U_n$$

$$H_a = U_1 \neq U_2 \neq U_3 \neq U_n$$

donde U_1, U_2, U_3 U_n = Promedio de rendimiento
de grano por tratamiento

2 Regresion multiple

Para conocer la dependencia de la radiacion solar no interceptada dentro de los cultivos de maiz y juca con respecto a edad, altura de planta y biomasa total se hizo una regresion multiple lineal de acuerdo al siguiente modelo

$$Y_{ijk} = B_o + B_1 X_1 + B_2 X_j + B_3 X_k$$

donde

Y_{ijk} = Variable de respuesta (una observacion
de radiacion solar no interceptada dentro
del cultivo)

X_1 = Edad

X_j = Altura de planta

X_k = Biomasa total

B_o = Intercepto de Y

B_1 = Efecto simple de periodos (edad)

B_2 = Efecto simple de altura de planta

B_3 = Efecto simple de biomasa total

Para platano se utilizo el siguiente modelo

$$Y_{1j} = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_j$$

donde

Y_{1j} = Variable de respuesta (una observacion de radiacion solar no interceptada dentro del cultivo)

X_1 = Edad

X_j = Altura de planta

3 Analisis de variancia

La informacion de altura de planta, area foliar y biomasa total para maiz y yuca y altura de planta, area foliar y diametro de copa para platano fueron analizados como parcelas divididas de acuerdo al siguiente modelo

$$Y_{1jk} = U + B_1 + T_j + (BT)_{1j} + \theta_k + (B\theta)_{1k} + (T\theta)_{jk} + (B\theta T)_{1jk}$$

donde

Y_{1jk} = Variable de respuesta

U = Media comun

B_1 = I-esima repeticion

T_j = J-esimo tratamiento (Parcela grande)

θ_k = K-esimo periodo de muestreo (edad)

(Parcela pequena)

Luego se hizo una comparacion de medias entre tratamientos para cada periodo de muestreo (edad) mediante una prueba de Duncan al nivel de significacion de cinco por ciento

4 Correlaciones

Se realizaron correlaciones entre las características morfológicas y la radiación solar. El coeficiente de correlacion se puede considerar como un estimador de la asociacion entre dos variables. La formula general es

$$R = D_{s11}^{-1/2} (X'X) D_{s11}^{-1/2}$$

donde

R = Matriz de correlacion

X'X = Matriz de la suma de productos y cuadrados corregidos

$D_{s11}^{-1/2}$ = Matriz diagonal cuyos elementos son inversos de la raiz cuadrada de la diagonal X'X

Se formaron tres matrices de correlacion con la finalidad de relacionar la radiacion solar y las características morfológicas

- a - Para maiz sin asociar de 8 x 8 con 8 observaciones
- b - Para yuca sin asociar de 8 x 8 con 8 observaciones
- c - Para platano sin asociar de 6 x 6 con 6 observaciones

5 Regresiones

Se efectuaron regresiones entre características morfológicas y radiación solar con la edad. Las regresiones se ajustaron a las siguientes funciones

Lineal
$$Y_1 = b_0 + b_1 x_1$$

Logarítmica
$$Y_1 = b_0 x_1^{b_1}$$

Geométrica
$$Y_1 = b_0 b_1^{x_1}$$

Cuadrática
$$Y_1 = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^2$$

Raíz cuadrática
$$Y_1 = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_1^{0,5}$$

Gamma
$$Y_1 = b_0 e^{-b_1 x_1} x_1^{b_2}$$

donde

Y_1 = Variable de respuesta

x_1 = Variable aleatoria

b_0, e = Constantes

b_1 = Tasa lineal

b_2 = Tasa logarítmica o cuadrática

4 RESULTADOS

4.1 Aspectos generales

a Prácticas culturales

En el Cuadro A1 se resumen las principales labores de cultivo y otras actividades realizadas con el maíz, yuca y plátano mientras se desarrolló el experimento

b Lluvia, evaporación y temperatura

En el Cuadro A2 y en la figura 2 se encuentra la información pertinente a las condiciones externas de lluvia, evaporación y temperatura media por periodos que ocurrieron durante el desarrollo del experimento

En la figura 2 se nota que la lluvia mostró dos máximos, al inicio y al finalizar el periodo experimental. La evaporación en términos generales varió poco durante dicho periodo mostrando una ligera tendencia a aumentar cuando las lluvias bajaron en intensidad. En la porción central del periodo experimental se presentaron varias semanas con balance hídrico atmosférico negativo

La temperatura media mostró una tendencia a aumentar gradualmente con el tiempo

c Radiación solar fuera de los cultivos

En el Cuadro A3 se muestran los datos correspondientes

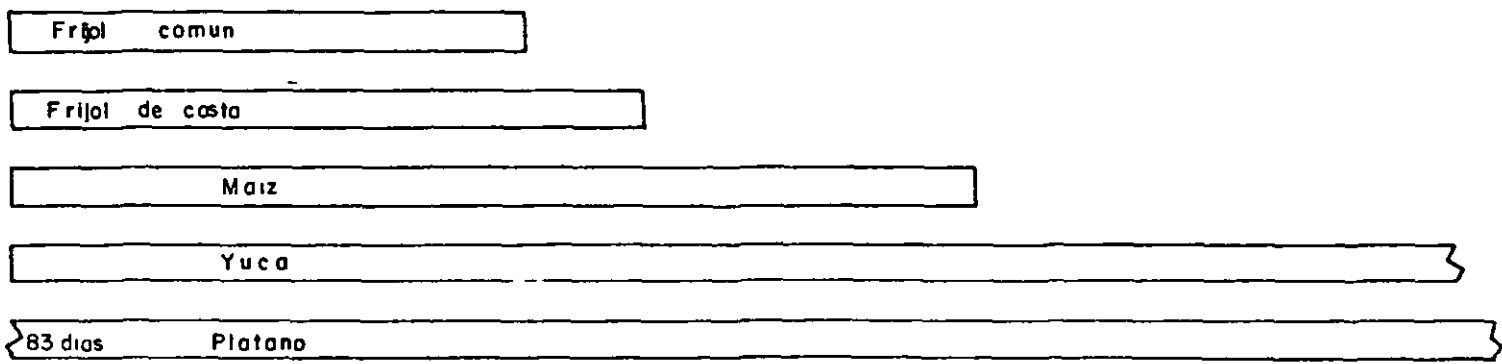
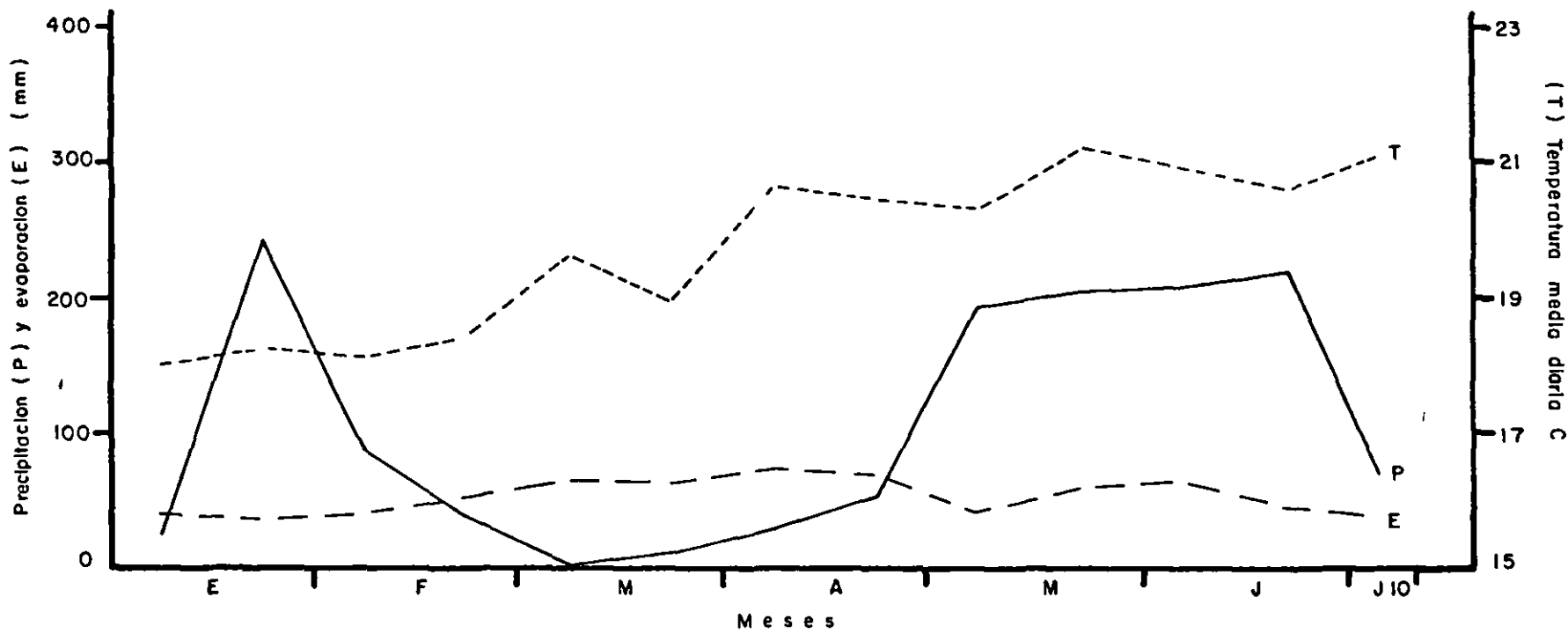


Fig 2 Lluvia Evaporación (totales por periodos) y temperatura media (promedios diarios por periodo) que ocurrieron durante el ciclo de vida del maiz y parte del ciclo de vida de la yuca y el platano

a la radiación solar externa a los cultivos y en la figura 3 se puede observar la curva correspondiente a esos datos. La forma de esta curva revela que hubo un incremento progresivo de radiación solar durante los dos primeros meses. Posteriormente se registró una ligera disminución en estos valores hasta el final del periodo experimental.

4 2 Relaciones entre las características morfológicas y la radiación solar dentro de los cultivos de maíz, yuca y platano

En el Cuadro A4 se muestran los promedios, variancias y coeficientes de variabilidad que caracterizaron a la radiación solar exterior a los cultivos y a la radiación no interceptada dentro del maíz, yuca y platano. Se puede notar que los coeficientes de variabilidad de la radiación solar dentro de los cultivos fueron mayores que el de fuera de los cultivos. Con la información de este cuadro se realizaron pruebas de diferencias de medias entre radiación solar fuera de los cultivos y radiación solar no interceptada dentro de los cultivos. Los resultados de estas pruebas se encuentran en el Cuadro A5.

4 2 1 Maíz

En el Cuadro A3 aparecen los datos básicos de radiación solar dentro de este cultivo en promedios diarios y en

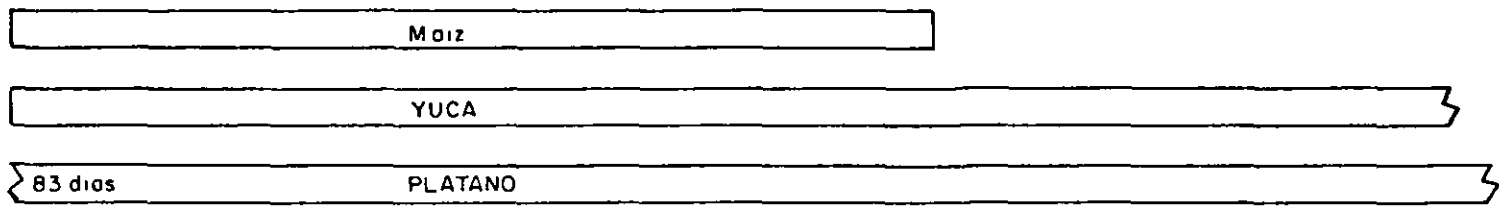
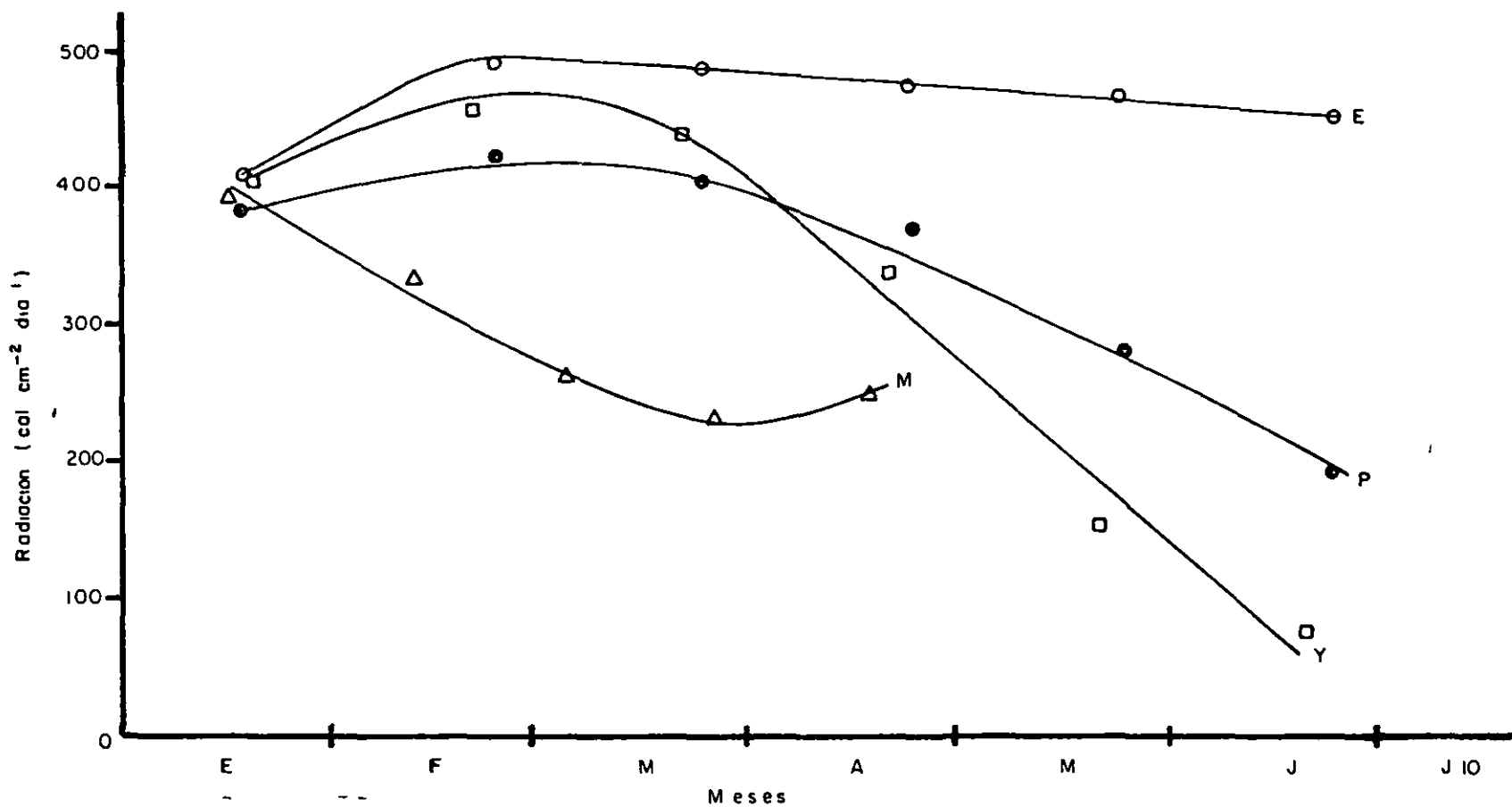


Fig 3 Variacion con la edad de la radiacion solar total fuera (E) y dentro de los cultivos (M) yuca (Y) y platano (P) Promedios diarios por periodos

forma relativa en comparacion a la radiacion externa. A partir de estos datos se hicieron analisis de variancia de regresion para radiacion solar (Cuadro A6) y se calcularon los coeficientes de regresion y su significancia (Cuadro A7)

Del Cuadro A6 se concluye que existio alta significacion para la fuente de variabilidad atribuida a regresion. De igual manera el Cuadro A7 muestra que hubo efecto de edad, altura de planta y biomasa aerea sobre la radiacion solar no interceptada dentro del cultivo. La variacion de la radiacion solar no interceptada con respecto a edad, altura de planta, biomasa aerea y area foliar se muestran en las figuras 4 y 5. En ellas se puede ver que la radiacion solar interna disminuyo progresivamente conforme el cultivo aumento en edad y características morfológicas mostrando al finalizar el ciclo del cultivo una estabilizacion.

Regresiones y Correlaciones entre características morfológicas y radiacion solar

Para estimar, en valores relativos, la radiacion solar recibida dentro del cultivo en relacion a la registrada fuera de el, se hicieron regresiones entre los porcentajes de radiacion solar no interceptada como variable de respuesta (Y) con edad, altura de planta, area foliar y biomasa aerea, respectivamente, como variables independientes (X)

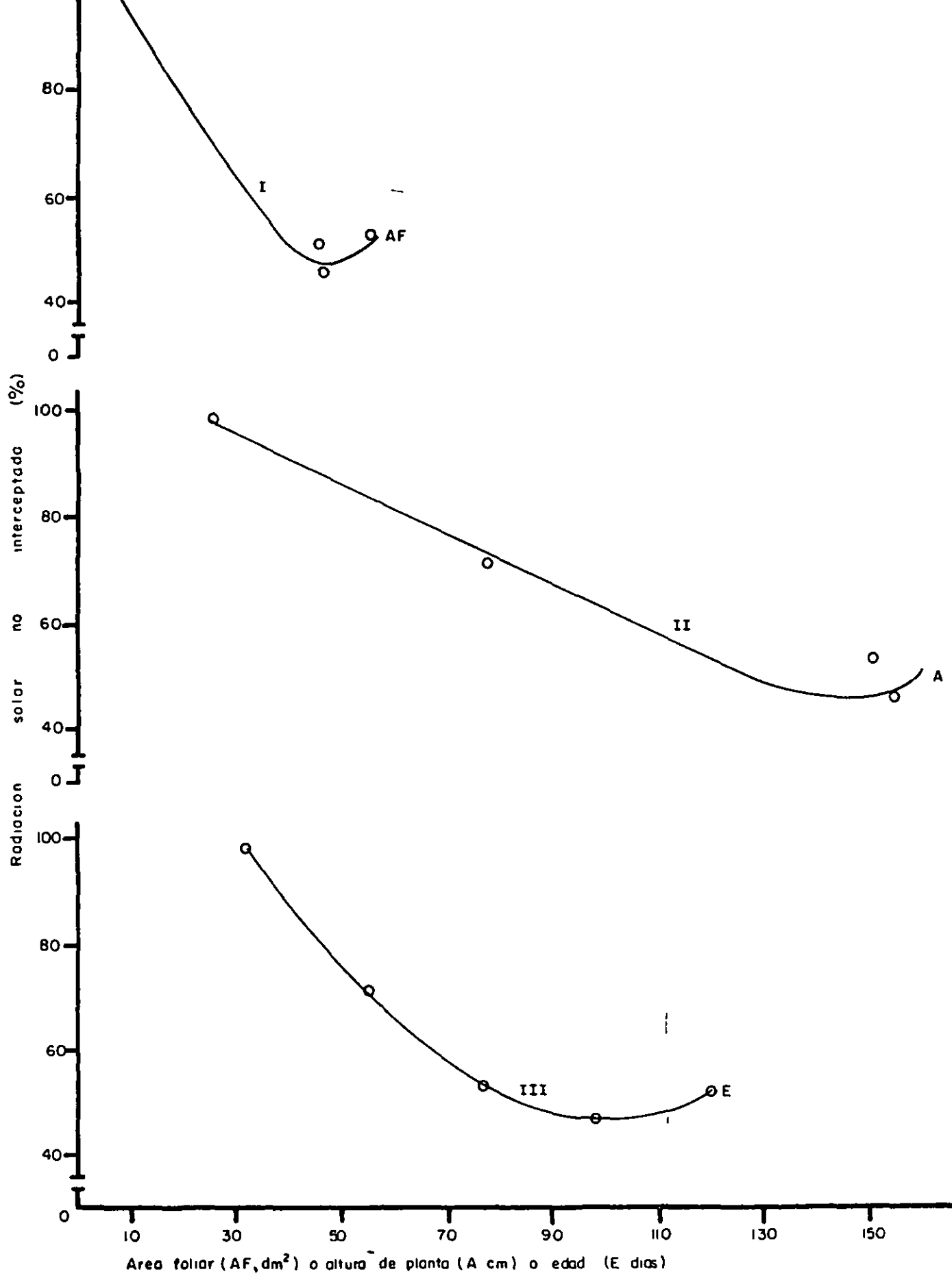


Fig 4 Radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de maíz sin asociar en relación al área foliar altura de planta y edad

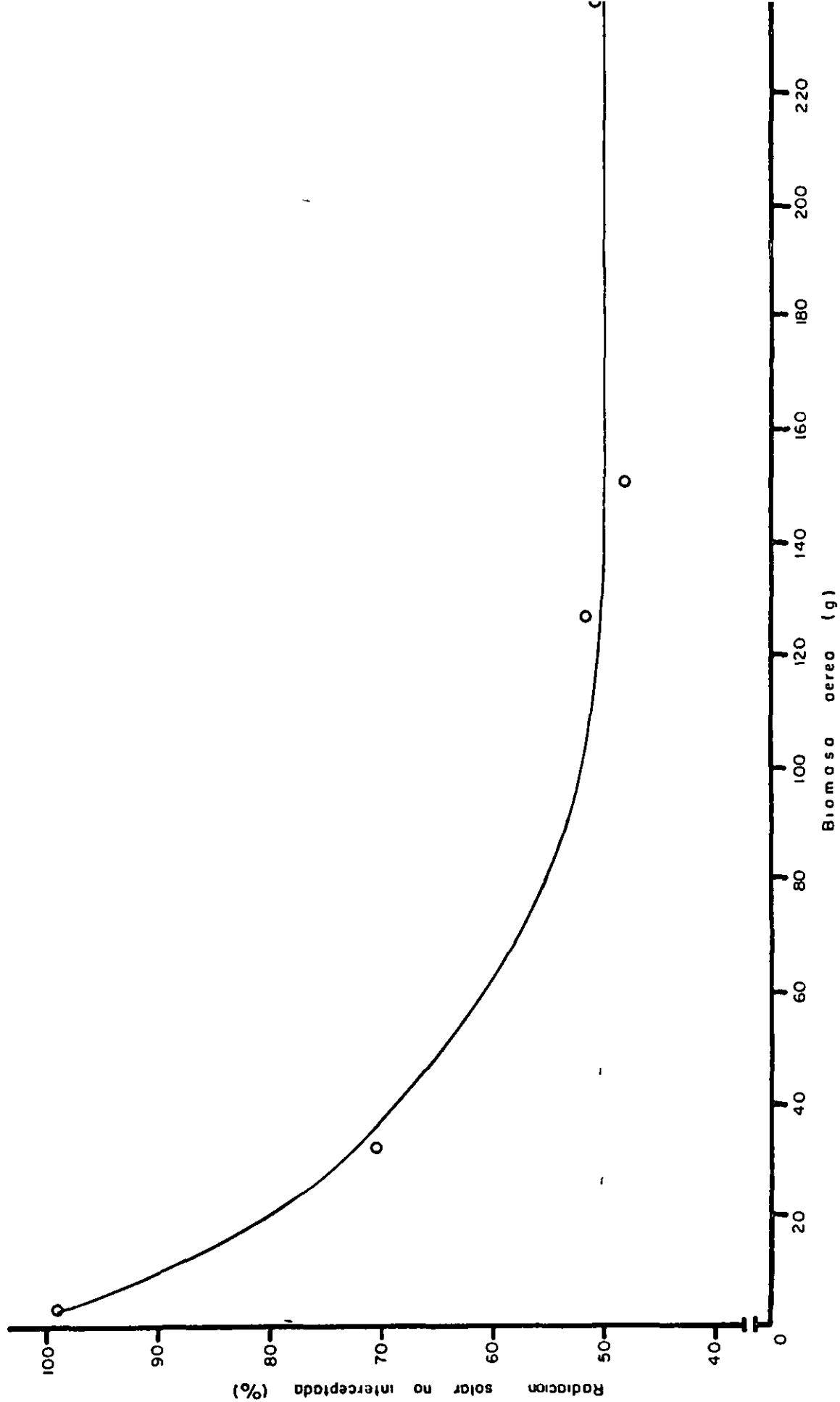


Fig 5 Radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de maiz sin asociar en relacion a la biomasa aerea

En las figuras 4 y 5 se muestran las curvas de regresion para radiacion solar no interceptada (valores relativos) con área foliar, altura de planta, edad y biomasa aérea. Las ecuaciones correspondientes a estas curvas se muestran en el Cuadro A 27

En el Cuadro A8 se presenta la matriz de correlacion la cual incluye los coeficientes de correlacion para edad, radiacion solar y características morfológicas. En el se puede apreciar que la edad (X_1) se correlaciono en forma positiva y altamente significativa con radiacion solar fuera del cultivo. Así mismo lo hizo, pero en forma negativa, con radiacion solar dentro del cultivo.

La radiacion solar fuera del cultivo (X_2) se correlaciono en forma positiva y altamente significativa con radiacion solar dentro del cultivo y todas las características morfológicas.

La radiacion solar dentro del cultivo (X_3) se correlaciono negativamente y al nivel de 0,01 de probabilidad con altura de planta, peso seco foliar, peso seco de tallo y biomasa aérea. Con área foliar se correlaciono en forma negativa y al nivel de 0,05 de probabilidad.

4 2 2 Yuca

En el Cuadro A3 aparecen los datos basicos de radia-

cion solar dentro del cultivo en promedios diarios y en forma relativa en comparacion a la radiacion externa. A partir de estos datos se hicieron analisis de variancia de regresión para radiacion solar (Cuadro A9) y se calcularon los coeficientes de regresion y su significacion (Cuadro A10)

Del Cuadro A9 se concluye que existio alta significacion para la fuente de variabilidad atribuida a regresion. Asi mismo del Cuadro A10 se desprende de que no hubo efectos de altura de planta sobre la radiacion solar no interceptada dentro del cultivo. Contrariamente se nota efecto de edad y biomasa total sobre dicha radiacion. En las figuras 6 y 7 se muestra la variacion de la radiacion solar no interceptada en valores relativos con respecto a edad, altura de planta, area foliar y biomasa total. En ellas se nota una disminucion gradual de la radiacion solar interna hasta finalizar el periodo experimental.

Regresiones y correlaciones entre características morfológicas y radiacion solar

Para estimar, en valores relativos, la radiacion solar recibida dentro del cultivo en relación a la recibida fuera de el, se hicieron regresiones entre los porcentajes de radiacion solar no interceptada como variable de respuesta (Y) con edad, altura de planta, area foliar y biomasa total,

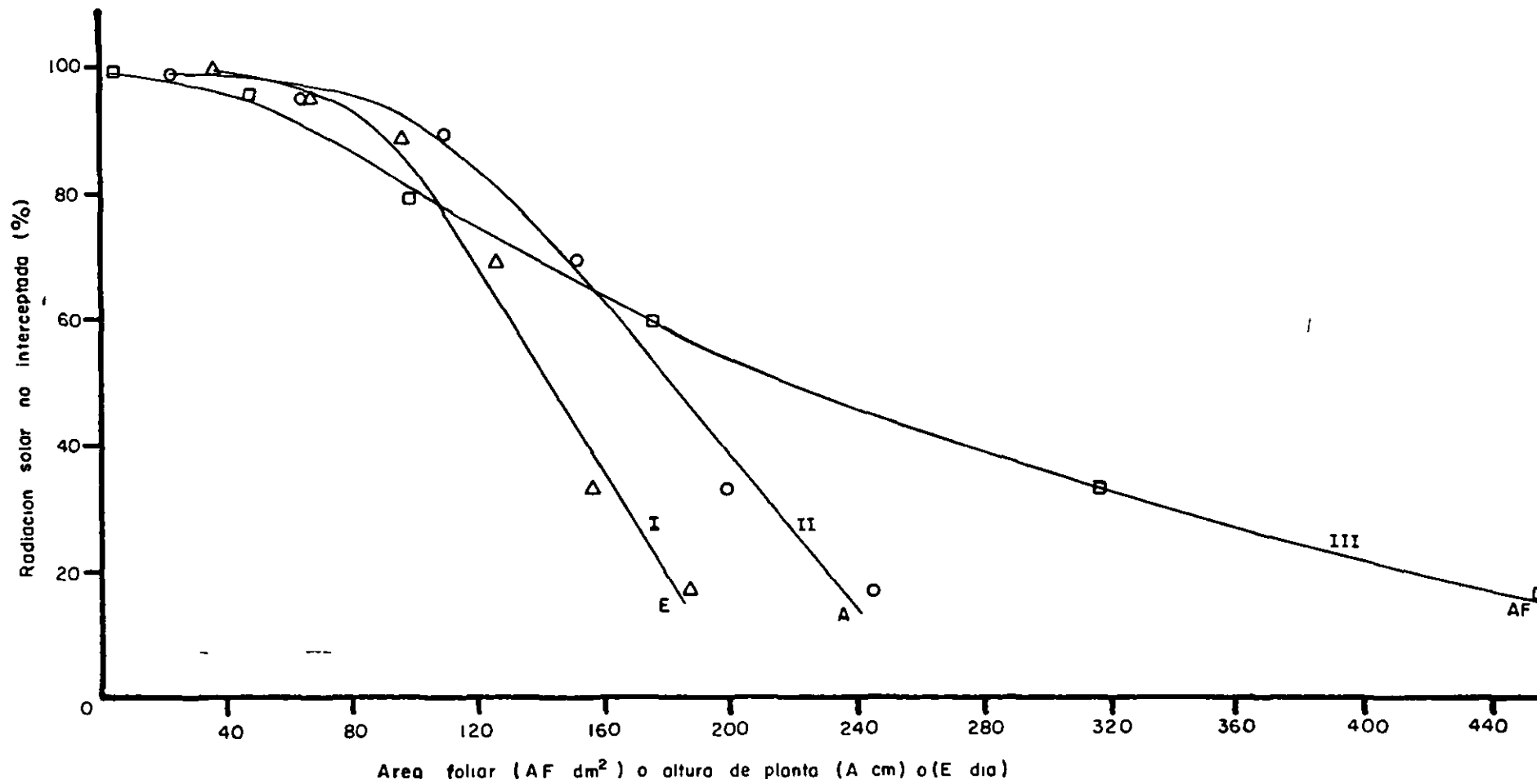


Fig 6 Radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de yuca sin asociar en relación al área foliar altura de planta y edad

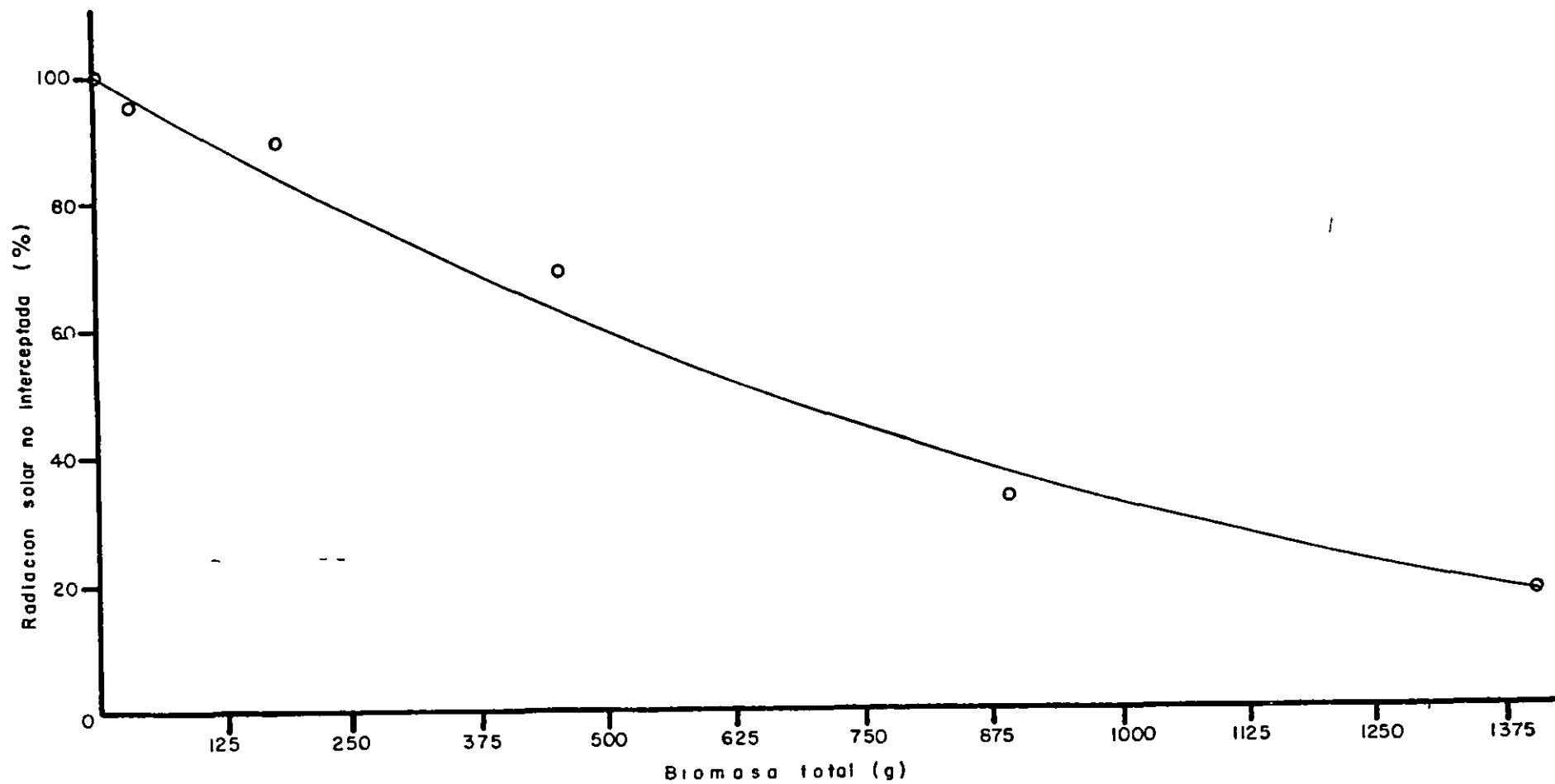


Fig 7 Radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de yuca sin asociar en relación a la biomasa total

respectivamente, como variables independientes (Y)

En las figuras 6 y 7 se presentan las curvas de regresion para radiacion solar no interceptada (valores relativos) con edad, altura de planta, area foliar y biomasa total. Sus respectivas ecuaciones y coeficientes se muestran en el Cuadro A27

En el Cuadro A11 se presenta la matriz de correlacion, la cual incluye los coeficientes de correlacion para edad, radiacion solar y características morfológicas. En dicho Cuadro se puede observar que la edad (X_1) no correlaciona con radiacion solar fuera del cultivo, pero si en forma negativa y altamente significativa con radiacion solar dentro del cultivo.

La radiacion solar fuera del cultivo (X_2) no se correlaciona con ninguna de las características morfológicas ni con radiacion solar dentro del cultivo.

La radiacion solar dentro del cultivo (X_3) se correlaciona en forma negativa con altura de planta, area foliar, peso seco foliar, peso seco de tallos y biomasa total, al nivel de 0,01 de probabilidad.

4 2 3 Platano

En el Cuadro A3 aparecen los datos basicos de radiacion solar no interceptada dentro del cultivo en promedios diarios y en forma relativa en relacion al exterior. A partir de

Estos datos se hicieron análisis de variancia de regresión para radiación solar (Cuadro A12) y se calcularon los coeficientes de regresión y su significación (Cuadro A13)

Del Cuadro A12 se concluye que existió alta significación para la fuente de variabilidad atribuida a regresión. Del mismo modo, del Cuadro A13, se desprende que no hubo efecto de edad sobre radiación solar no interceptada, pero sí de altura de planta.

En las figuras 8 y 9 se muestra la variación de la radiación solar no interceptada en valores relativos con respecto a edad, altura de planta, área foliar y diámetro de copa. En ellas se puede notar que la cantidad de radiación no interceptada disminuye progresivamente a medida que pasa el tiempo y aumentan las características morfológicas de la planta.

Regresiones y correlaciones entre características morfológicas y radiación solar

Para estimar, en valores relativos, la radiación solar recibida dentro del cultivo en relación a la recibida fuera de él, se hicieron regresiones entre los porcentajes de radiación solar no interceptada como variable de respuesta (Y) con edad, altura de planta, área foliar y diámetro de copa, respectivamente, como variables independientes (X)

En las figuras 8 y 9 se muestran las curvas de regre-

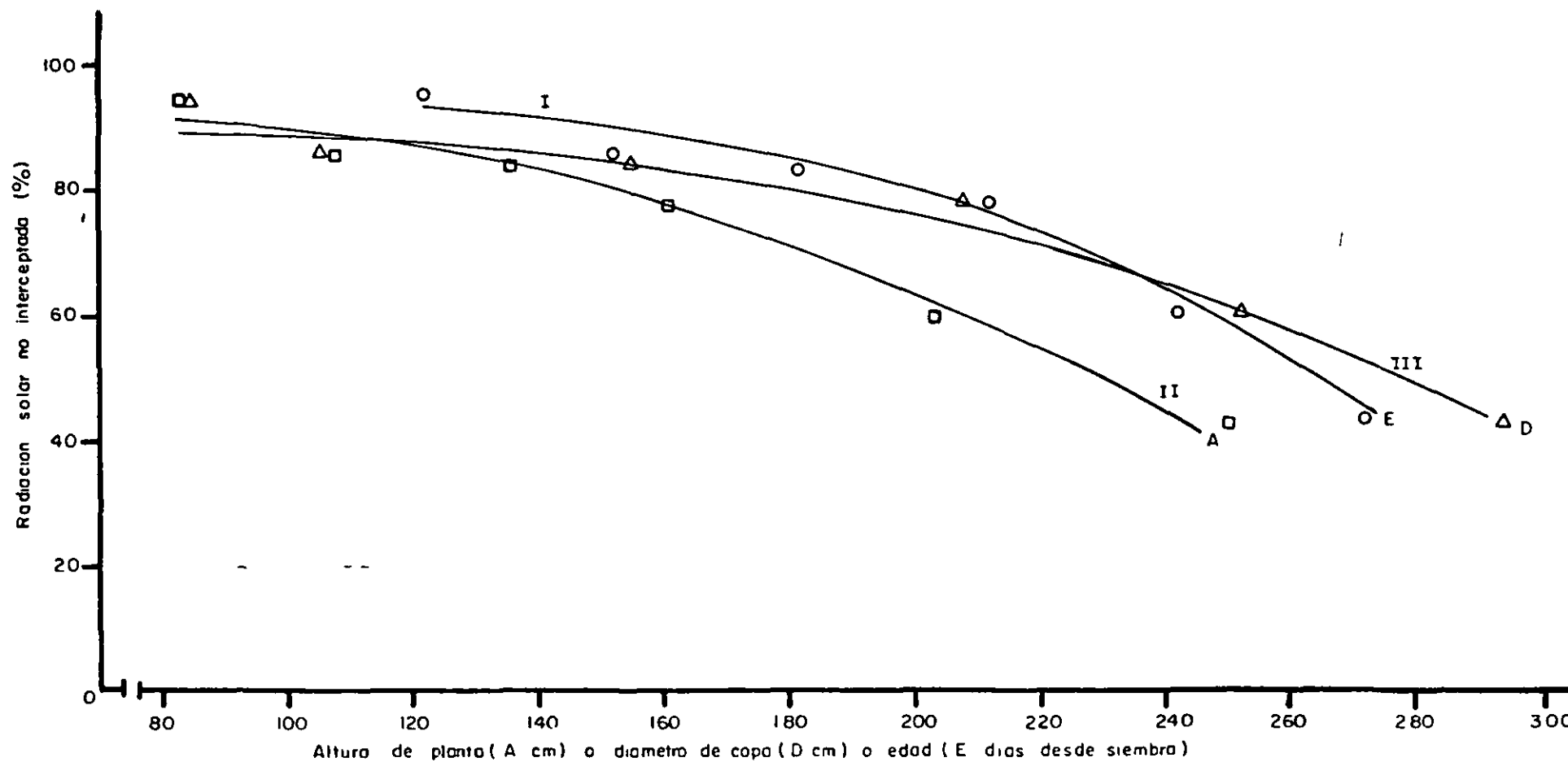


Fig 8 Radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de plátano sin asociar en relación a la altura de planta diámetro de copa y edad

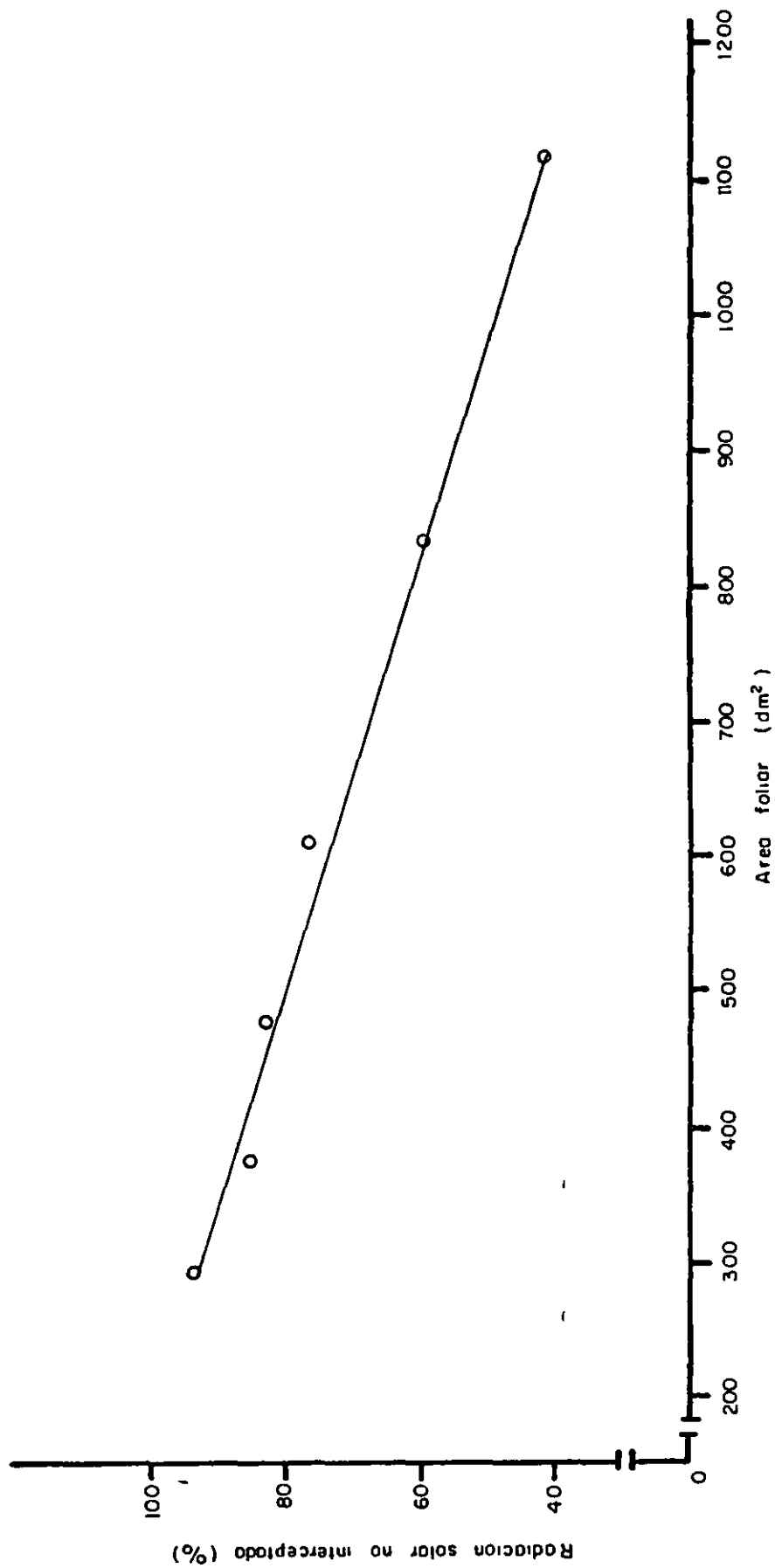


Fig 9 Radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de platano sin asociar en relación al área foliar

sion para radiacion solar no interceptada (valores relativos) con edad, altura de planta, area foliar y diametro de copa y sus respectivas ecuaciones y coeficientes de regresion se presentan en el Cuadro A27

En el Cuadro A14 se presenta la matriz de correlacion, la cual incluye los coeficientes de correlacion para edad, radiacion solar y características morfológicas y puede notarse que la edad (X_1) no se correlaciona con radiacion solar fuera del cultivo, pero si con radiacion solar dentro del cultivo de manera negativa

La radiacion solar fuera del cultivo no se correlaciona con ningunas de las características morfológicas ni con radiacion solar dentro del cultivo

La radiacion solar dentro del cultivo (X_3) se correlaciona de manera negativa y altamente significativa con altura de planta, area foliar y diametro de copa

4 3 Influencia de la asociacion con frijol comun y de costa sobre las características morfológicas del maiz, yuca y platano

4 3 1 Maíz

En el Cuadro A15 se presentan los promedios de las características morfológicas para maiz sin asociar y asociado con frijol comun y de costa. De estos datos se regresionaron

la edad con altura de planta, area foliar y biomasa aerea respectivamente por considerarse las características arquitecturales más importantes - Además se hicieron análisis de variancia para conocer como influyeron sobre ellas los dos tipos de frijol, edad y otras fuentes de variación

De las distintas funciones matemáticas probadas, se eligieron aquellas que representaron mejor la variación biológica y que a su vez tuvieron un coeficiente de ajuste elevado

a - Altura de planta (AP)

En el análisis de variancia para altura de planta (Cuadro A16) solo se encontro diferencia altamente significativa para edad. Las variaciones de altura de planta se pueden ver mejor en la figura 10. La curva representa, en promedio, las variaciones para los tres tratamientos (maiz sin asociar, maiz asociado con frijol comun y maiz asociado con frijol de costa), en vista de que estadísticamente no se detectaron diferencias entre ellos

b - Area foliar (AF)

El análisis de variancia de area foliar por planta (Cuadro A16) solo detecto diferencias altamente significativas para edad

Las variaciones de area foliar por planta se pueden ver en la figura 10. La curva presente, en promedio, las variaciones para los tres tratamientos en vista de que no

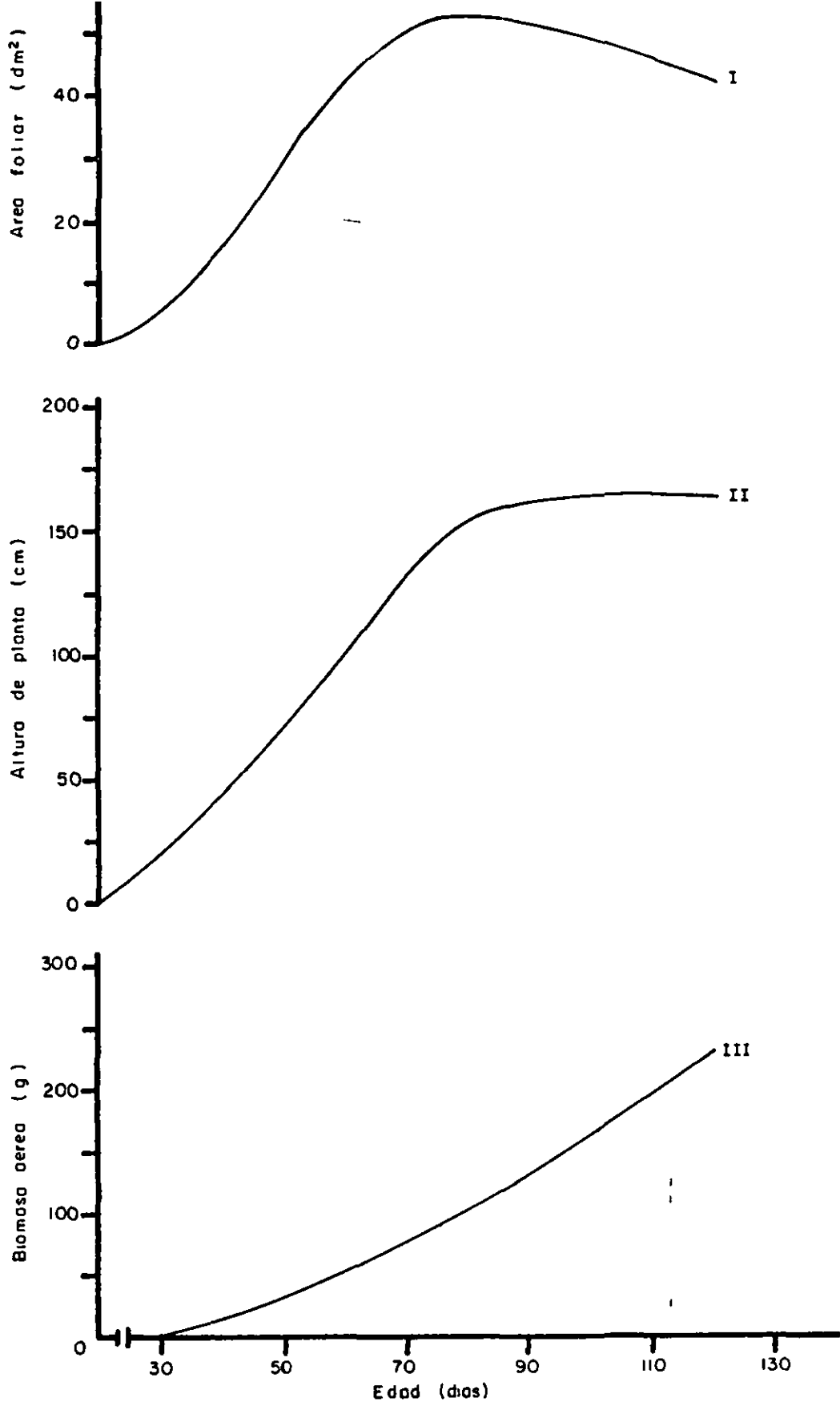


Fig 10 Variación del área foliar altura de planta y biomasa aerea con la edad de un cultivo de maíz sin asociar y asociado con frijol común y de costa Valores promedios para los tres tratamientos

existieron diferencias significativas entre ellos

c - Biomasa aerea (BA)

El analisis de variancia para biomasa aerea por planta (Cuadro A16) solo dio diferencias altamente significativas para edad

Las variaciones de biomasa aerea por planta se pueden ver graficados en la figura 10. La curva representa, en promedio, las variaciones para los tres tratamientos, en vista de que estadisticamente no hubieron diferencias

d - Rendimiento de grano (al 13% de humedad)

En el Cuadro A25 se muestra el numero promedio de mazorca, el peso de grano promedio por planta y el rendimiento por hectarea

Con los datos de peso seco de grano por planta y rendimiento por hectarea se realizaron pruebas de significacion de medias o pruebas de "t" (Cuadro A26), con la cual no se detectaron diferencias estadisticas entre tratamientos

4 3 2 Yuca

En el Cuadro A17 se presentan los promedios de las características morfologicas para yuca sin asociar y asociada con frijol comun y de costa. De esta informacion se regresionaron con la edad, altura de planta, area foliar y biomasa

total por considerarse que son las características morfológicas más importantes. De las distintas funciones matemáticas probadas, se eligieron aquellas que representaron mejor la variación biológica y que a su vez tuvieron un coeficiente de ajuste elevado.

Del Cuadro A17 se eligieron los datos correspondientes a altura de planta, área foliar y biomasa total para realizar análisis de variancia, con el objeto de conocer como influyen sobre ellas la asociación con los dos tipos de frijol, edad y otras fuentes de variación (Cuadro A18)

a - Altura de planta (AP)

En el análisis de variancia para altura de planta (Cuadro A18) se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos y edad, y diferencias significativas entre repeticiones, pero no existió diferencia estadística en la interacción tratamientos por edad. En el Cuadro A19 se muestra la prueba de Duncan, la cual indica que la altura de la yuca sin asociar fue estadísticamente superior a la de la yuca asociada con frijol de costa, pero no presentó diferencias estadísticas con la yuca asociada con frijol común. Las variaciones de altura de planta con la edad se pueden ver mejor en la figura 11.

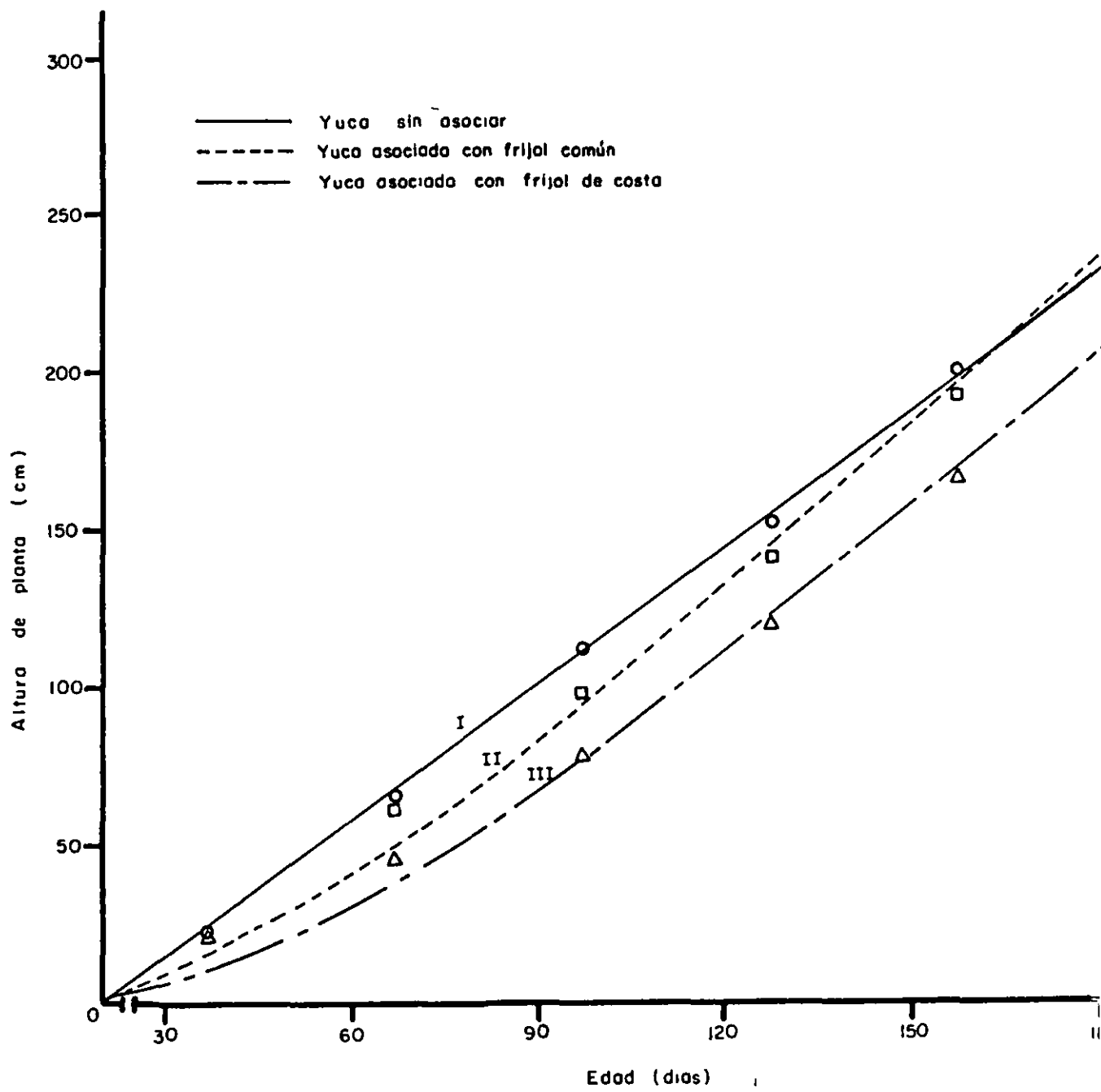


Fig 11 Variacion de la altura de planta con la edad de un cultivo de yuca sin asociar y asociada con frijol común y de costa

b - Area foliar (AF)

El analisis de variancia de area foliar por planta (Cuadro A18) solo detecto diferencias altamente significativas para edad

Las variaciones de area foliar con la edad se pueden ver mejor en la figura 12 La curva representa, en promedio, las variaciones para los tres tratamientos, en vista de que estadisticamente no hubo diferencias entre ellos

c - Biomasa total (BT)

En el analisis de variancia para biomasa total por planta (Cuadro A18) solo se encontraron diferencias altamente significativas para edad

Las variaciones de biomasa total con la edad pueden verse en la figura 13 La curva representa, en promedio, las variaciones para los tres tratamientos, en vista de que estadisticamente no hubieron diferencias entre ellos

4 3 3 Platano

En el Cuadro A20 se presentan los promedios de las características morfologicas para platano sin asociar y asociado con frijol comun y de costa De estos datos se regresionaron la edad con altura de planta, area foliar y diametro de copa, respectivamente De las distintas funciones matematicas

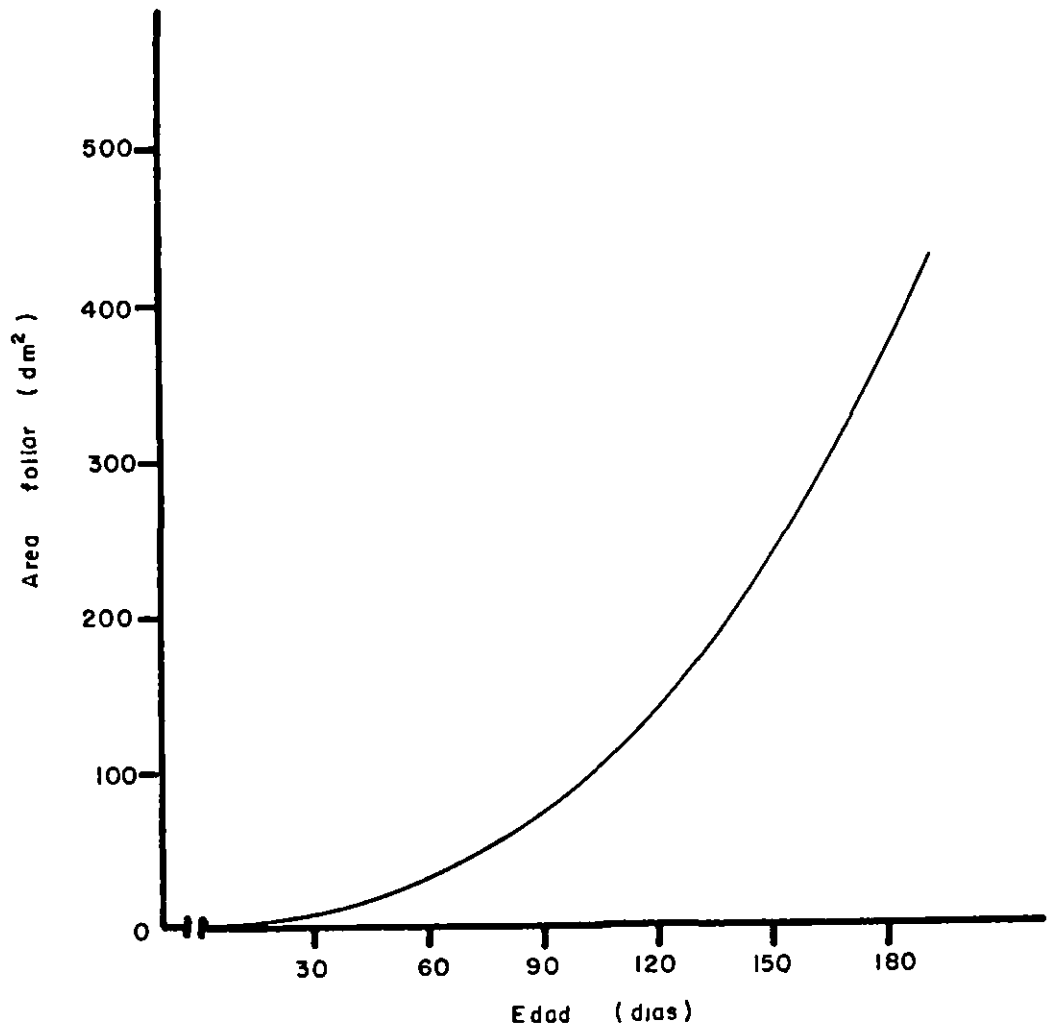


Fig 12 Variacion del area foliar con la edad de un cultivo de yuca sin asociar y asociado con frijol comun y de costa Valores promedios para los tres tratamientos

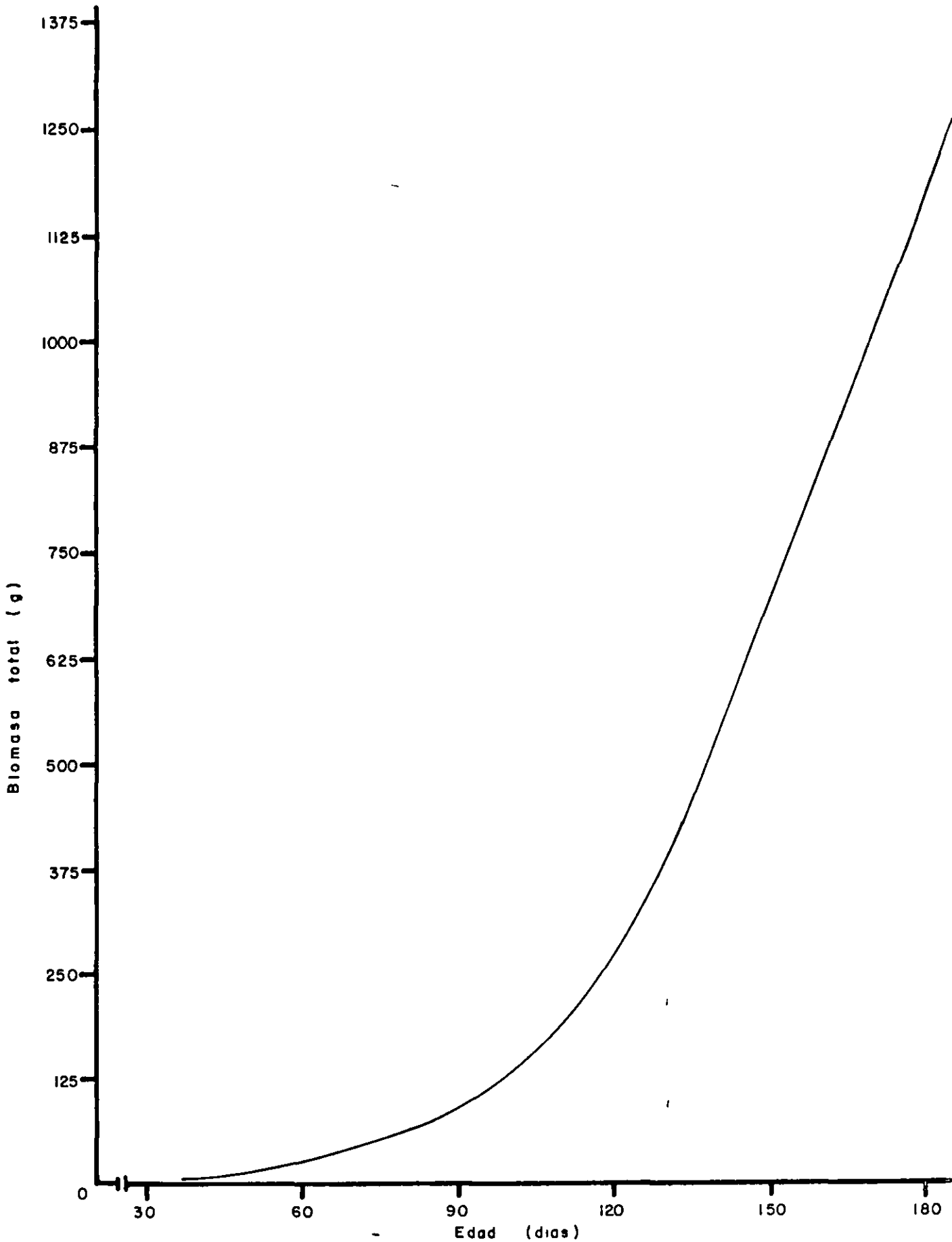


Fig 13 Variacion de la biomasa total con la edad de un cultivo de yuca sin asociar y asociado con frijol comun y de costa Valores promedios para los tres tratamientos

probadas, se eligieron aquellas que representaron mejor la variación biológica y que a su vez tuvieron un coeficiente de ajuste elevado

Para conocer como influyeron los dos tipos de frijol, la edad y otras fuentes de variación sobre altura de planta, área foliar y diámetro de copa se hicieron sendos análisis de variancia (Cuadro A21)

a - Altura de planta (AP)

En el análisis de variancia para altura de planta (Cuadro A21) solo se encontraron diferencias altamente significativas entre repeticiones, tratamientos y edad. La prueba de Duncan presentada en el Cuadro A22 nos indica que la altura del platano sin asociar fue estadísticamente superior a la del platano asociado con frijol común y al asociado con frijol de costa y que entre estos dos últimos no hubieron diferencias significativas

Las variaciones de la altura de planta con la edad se presentan en la figura 14

b - Área foliar (AF)

El análisis de variancia presentado en el Cuadro A21 para área foliar detectó diferencias significativas entre tratamientos y altamente significativas para edad y la interacción tratamientos por edad. No existió diferencia significativa

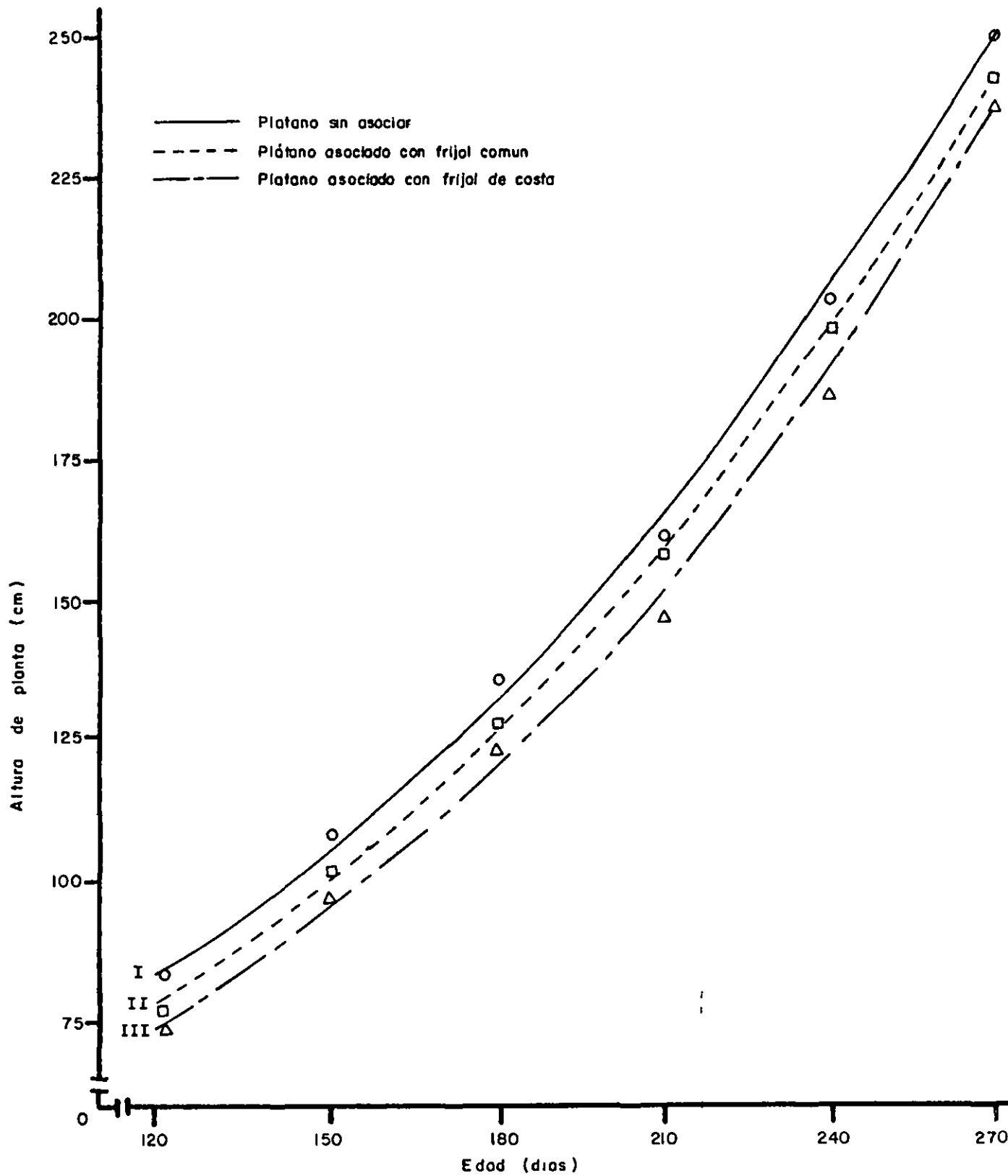


Fig 14 Variacion de la altura de planta con la edad de un cultivo de platano sin asociar y asociado con frijol comun y de costa

entre repeticiones. La prueba de Duncan que se muestra en el Cuadro A23 nos dice que no hubieron diferencias estadísticas entre platano sin asociar y platano asociado con frijol comun, ni entre este ultimo y platano asociado con frijol de costa. Sin embargo, el platano sin asociar presento diferencias estadísticas con respecto a platano asociado con frijol de costa.

Las variaciones del area foliar con la edad se pueden ver mejor en la figura 15

c - Diametro de copa (DC)

El Cuadro A21 muestra el analisis de variancia para diametro de copa, el cual nos arroja diferencias significativas entre tratamientos y en la interaccion tratamientos por edad y diferencias altamente significativas para edad. No existio diferencia significativa entre repeticiones. La prueba de Duncan presentada en el Cuadro A24 nos dice que entre platano sin asociar y platano asociado con frijol comun no hubo diferencias estadísticas, ni tampoco entre este ultimo y platano asociado con frijol de costa. Sin embargo, el platano sin asociar presento diferencias estadísticas con respecto a platano asociado con frijol de costa.

Las variaciones de diametro de copa con la edad se pueden ver mejor en la figura 16

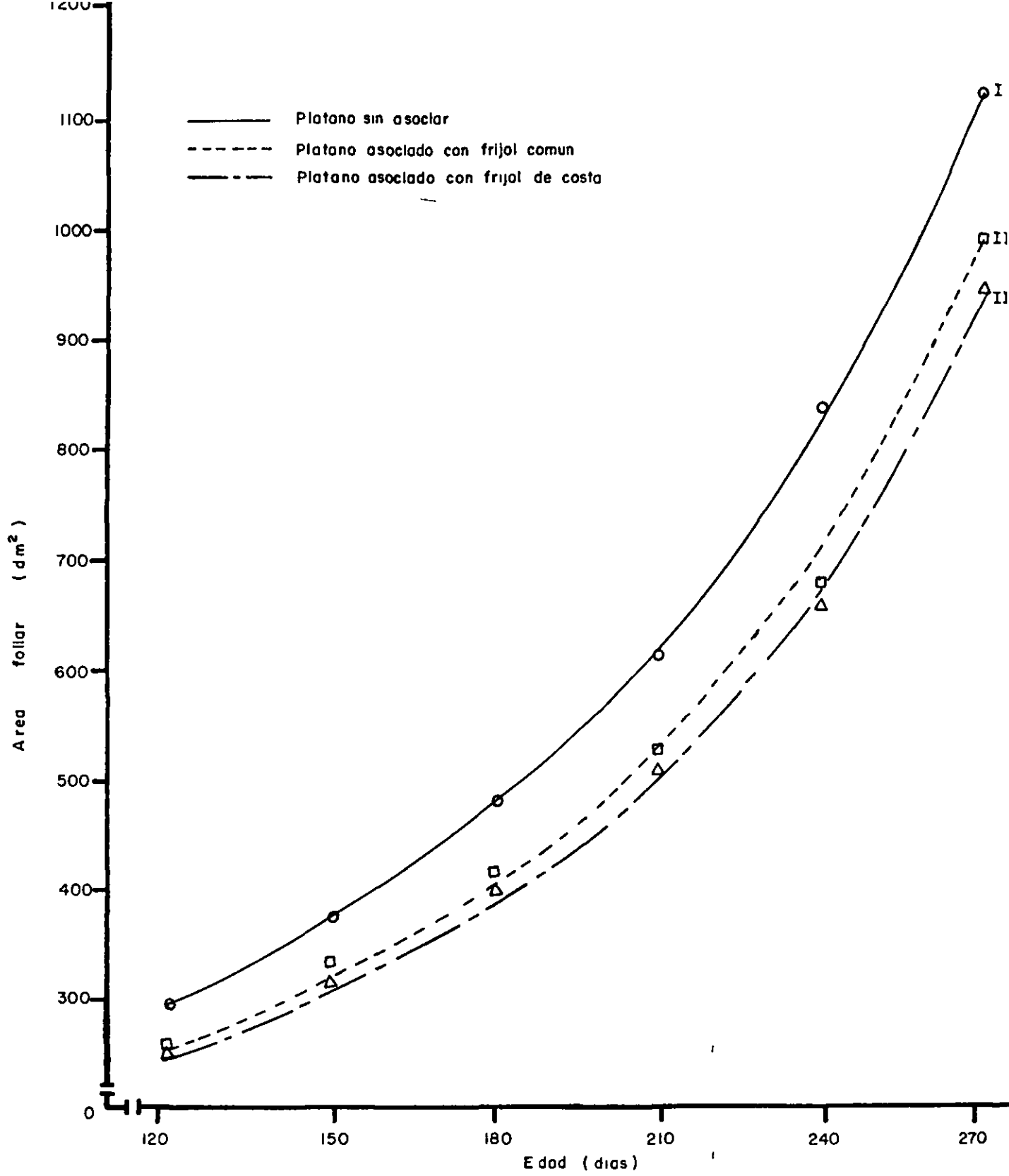


Fig 15 Variacion del area foliar con la edad de un cultivo de platano sin asociar y asociado con frijol comun y de costa

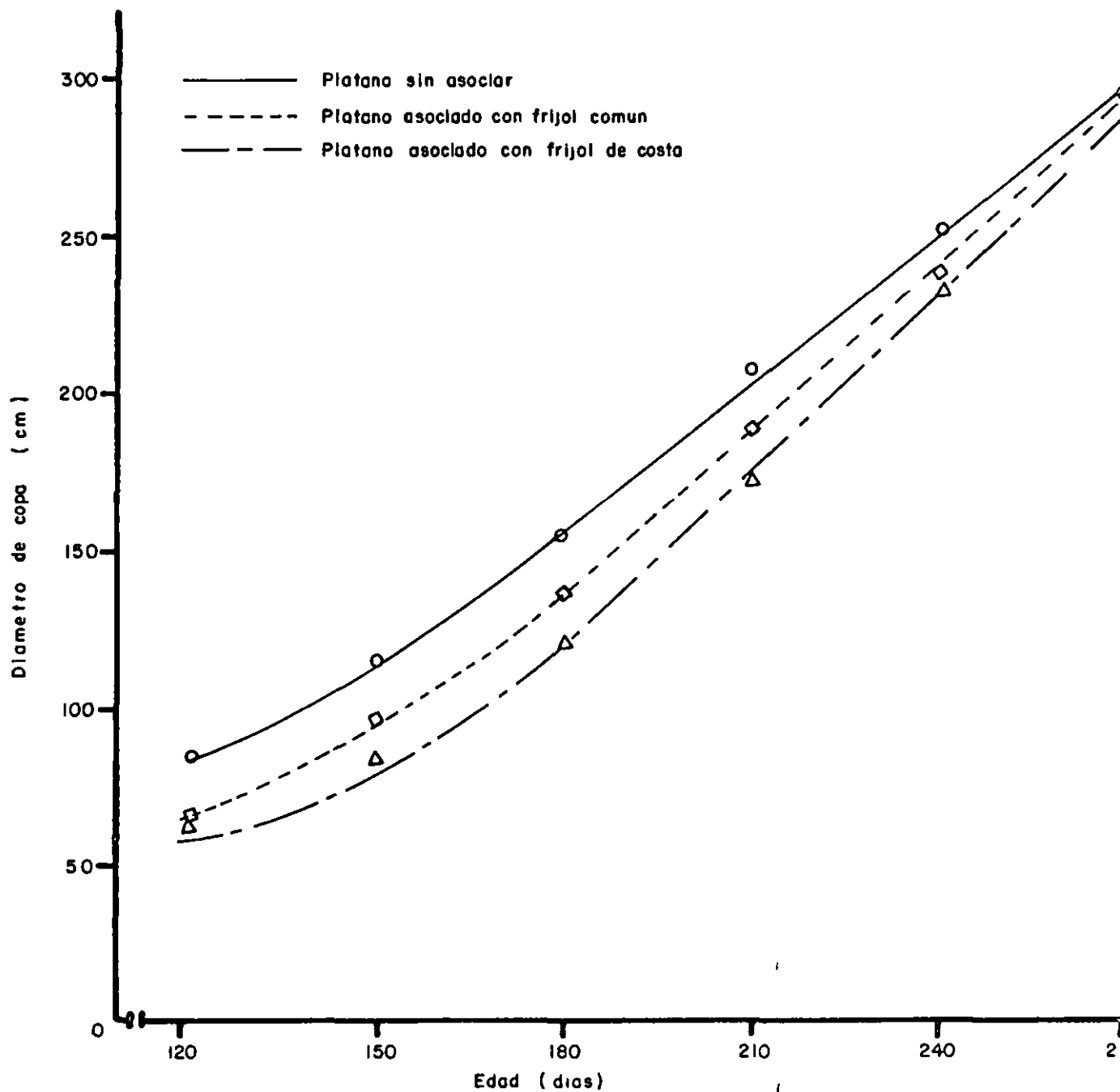


Fig 16 Variación del diámetro de copa con la edad de un cultivo de plátano sin asociar y asociado con frijol común y de costa

5 DISCUSION

5 1 Relaciones entre las características morfológicas y la radiación solar dentro de los cultivos de maíz, yuca y platano

El aumento progresivo de la radiación solar externa desde la siembra hasta aproximadamente 70 días después podría deberse a que en esta época del año (seca) los días se hacen progresivamente más largos y los rayos solares se aproximan poco a poco a la verticalidad conforme el sol se aproxima a su posición zenital. Por otra parte las lluvias fueron escasas en esta época. La disminución gradual en radiación que se observa a partir de esa época puede deberse al progresivo aumento en nubosidad que se presenta con el inicio de la estación lluviosa (41, 52)

La radiación solar dentro de los cultivos de yuca y platano mostró la misma tendencia que en el exterior hasta los 70 días, no así en el cultivo de maíz en que la radiación solar bajo continuamente a partir de la siembra. Estas diferencias en radiación interna entre los cultivos se debe a diferencias en velocidad de crecimiento y morfología (7, 55, 49)

Los mayores valores de intercepción de radiación solar durante el período experimental en cada uno de los cultivos coincidió justamente con el tiempo en que presentaron su

maximo desarrollo en altura de planta, area foliar y diametro de copa, lo cual puede apreciarse claramente en las figuras 3, 4, 6, 8 y 9. Estos datos concuerdan con los de Lizarraga (29) quien reporto que la mayor cantidad de radiación solar interceptada en yuca ocurrio entre los 6 y 8 meses que fue la epoca en que las plantas alcanzaron su maxima area foliar, mientras que en maiz ocurrio entre los 60 y 90 dias coincidiendo con la epoca en que este cultivo alcanzo los valores maximos de area foliar Arze (8) reporto tambien resultados parecidos a los de Lizarraga en lo que a maiz se refiere

La altura de planta fue la característica morfológica que mejor explico la variación de la radiación solar no interceptada dentro de los cultivos estudiados, así lo demuestran tambien los resultados obtenidos por Allen, Yocum y Lemon (4) en maiz quienes encontraron que la radiación neta dentro del cultivo disminuyo exponencialmente con la altura de las plantas y cuando alcanzaron 265 cm de altura interceptaron el 100% de la radiación visible Stanhill (47) observo en alfalfa que la altura de la planta explico el 76% de la variación en la fracción de radiación solar que llego a la superficie del suelo debajo del cultivo Los estudios de Stanhill y Fuchs (48) hechos en algodón, demuestran que el balance de radiación fue maximo al inicio de la estación de crecimiento, llegando casi a cero cuando el cultivo alcanzo su maxima altura

Los altos coeficientes de correlación encontrados

para los tres cultivos entre el área foliar y la radiación solar no interceptada nos indica que el área foliar es también una característica determinante para la radiación solar que se recibe al pie de los cultivos de maíz, yuca y plátano. Los resultados reportados por Williams et al (58) para maíz concuerdan con los de este trabajo. Estos autores demostraron que la intercepción de luz estuvo estrechamente asociada con el área foliar. Los valores de IAF en los cuales ocurrió una intercepción de luz del 95% variaron entre 7,8 y 9,3. Shibles y Weber (46) reportan que la máxima intercepción de luz en soya ocurrió cuando el cultivo presentó su máximo desarrollo de área foliar.

Se podría decir que la biomasa del maíz y la yuca ejerció una influencia indirecta similar a la de las características morfológicas arriba mencionadas sobre la radiación solar no interceptada ya que la biomasa en parte es función de la edad, altura de planta y área foliar.

Sin duda, los valores absolutos de radiación solar no interceptada dentro de los cultivos fueron afectados indirectamente por el déficit hídrico que se registró en los meses de febrero, marzo y abril ya que restringió el crecimiento de los cultivos especialmente el de maíz.

5 2 Influencia de la asociacion con frijol comun y de costa sobre las características morfológicas de los cultivos de maiz, yuca y platano

De acuerdo a los datos obtenidos en este trabajo las plantas de frijol comun y de costa al cultivarse en forma asociada con el maiz no lo afectaron en sus rendimientos, ni en sus características morfológicas tales como altura de planta, area foliar y biomasa aerea

Entre las posibles causas que condujeron a esta respuesta esta la escasez de agua durante el periodo de crecimiento activo del maiz, que de acuerdo a Sanabria de Mojica (43) es tambien el de maximos requisitos nutrimentales e hidricos para este cultivo. Al volverse el agua el factor limitante para el crecimiento pudo haber impedido que se mostraran efectos de competencia.

Otros investigadores como Desir (21) y Padilla(40) que realizaron sus trabajos en Turrialba y en la estacion seca tampoco detectaron efecto de competencia del frijol sobre el maiz cuando se cultivaron en forma asociada.

En el caso de la yuca, su altura mostro el efecto competitivo del frijol de costa pero no el del frijol comun. Esto podria deberse a que el frijol de costa produjo mas biomasa, area foliar y rendimiento que el frijol comun y por lo tanto demando mas nutrimentos y agua (37). A pesar de lo

dicho, el efecto competitivo del frijol de costa no fue considerable ya que su presencia no tuvo efecto sobre otras características morfológicas tales como area foliar y biomasa total Gallejos (25) en las condiciones de Turrialba tambien encontró que el frijol comun sembrado al mismo tiempo y en asociacion con la yuca no afecto su crecimiento

El analisis estadistico y pruebas de Duncan realizados con las características morfológicas del platano demostraron que la altura de planta, area foliar y diametro de copa fueron afectados en forma negativa por la asociacion con los dos tipos de frijol

Es dificil encontrar una explicacion a esto ya que el platano, ademas de estar sembrado a una distancia relativamente grande (3 x 3 m), es de crecimiento lento en relacion a los dos tipos de frijol y estos ultimos solamente estuvieron presentes en la asociacion durante tres meses de los nueve en los cuales se hicieron mediciones

Revisando todas las labores que se realizaron en las parcelas con platano encontramos que en aquellas en que se sembraron frijoles se realizo un paso de "rota-vator" unos dias antes de su siembra y a los tres meses de edad del platano Esta labor, que no se realizo en las parcelas con platano sin asociar (testigos), posiblemente afecto la estructura del suelo y su sistema radical que a los tres meses es abundante y superficial (17)

Otras diferencias que encontramos entre las parcelas de platano sin asociar y asociadas con frijol fue la aplicacion de fertilizante que se hizo en estas ultimas. El fertilizante y las condiciones de luz bajo el platano estimularon el crecimiento de ambos tipos de frijol lo cual empeoro las condiciones de competencia para el platano. Prueba de ello es que las plantas de frijol de costa crecieron y produjeron mas asociadas con platano que sin asociar (37)

6 CONCLUSIONES

Para los cultivos y variedades utilizadas y en las condiciones experimentales y ambientales bajo las cuales se desarrolló el experimento, podemos llegar a las siguientes conclusiones

- 1 La radiación solar disponible dentro de los cultivos disminuye progresivamente a medida que las plantas dominantes (maíz, yuca y platano) avanzan en edad y el valor de sus características morfológicas aumenta
- 2 Altura de planta, área foliar y biomasa son las características que más influyen sobre la radiación solar no interceptada por los cultivos, pero para los tres cultivos la altura de planta es la que muestra una mayor asociación negativa con esta variable climática
- 3 La asociación con frijol común y de costa no tiene efecto sobre las características morfológicas y el rendimiento de la planta de maíz
- 4 La asociación con frijol común y de costa no tiene efecto sobre las características morfológicas de la yuca excepto para altura de planta
- 5 Las características morfológicas del platano son afectadas negativamente por la asociación con frijol

comun y de costa

- 6 Debido a que el maiz no se afecta en su crecimiento y rendimiento al asociarse con frijol común y de costa, se recomienda su cultivo en forma asociada por la ganancia adicional que aportan los frijoles

7 RESUMEN

En los sistemas de cultivos múltiples, es de suma importancia evaluar las condiciones de radiación existentes dentro del cultivo dominante, así como también las características morfológicas que afectan esas condiciones

El trabajo tuvo como objetivos principales, relacionar las características morfológicas de los cultivos de maíz, yuca y platano con radiación solar y determinar el efecto que sobre algunas características morfológicas de estos cultivos tiene su asociación con dos tipos de frijol

Se utilizó maíz var "Tuxpeño planta baja", yuca var "Valencia" y platano var "Pelipita"

El diseño experimental fue de parcelas divididas en el que los tratamientos fueron maíz sin asociar, maíz asociado con frijol común, maíz asociado con frijol de costa, yuca sin asociar, yuca asociada con frijol común, yuca asociada con frijol de costa, platano sin asociar, platano asociado con frijol común y platano asociado con frijol de costa

Dentro y fuera de los cultivos la evaluación de radiación solar se hizo con radiómetros integradores Gunn-Bellani. Además se evaluaron precipitación, evaporación y temperatura media externa

Los resultados mostraron que la radiación solar no interceptada dentro de los cultivos disminuyó progresivamente a

medida que la planta avanza en edad, y las características morfológicas que más correlacionaron con esta variable climática fueron altura de planta, área foliar y biomasa total, pero especialmente altura de planta

La asociación con los dos tipos de frijol no tuvo ningún efecto significativo sobre el maíz, pero sí sobre altura de planta en yuca y área foliar, diámetro de copa y altura de planta en plátano

7a SUMMARY

In multiple cropping systems it is very important to evaluate the radiation conditions within the main crop, as well as the morphological characteristics that affect these conditions

The objectives of this work were to relate the morphological characteristics of maize, cassava and plantain with solar radiation within these crops and to determine the variation that these crops undergo on some of their morphological characteristics when they are associated with two bean types (Phaseolus vulgaris var 27-R and Vigna sinensis var V-44)

The varieties used were "Tuxpeño" (maize) "Valencia" (cassava) and "Pelipita" (plantain)

A split plot design was used. The different treatments consisted of maize alone, maize in association with common bean, maize in association with cowpeas, cassava alone, cassava in association with common bean, cassava in association with cowpeas, plantain alone, plantain in association with common bean and plantain in association with cowpeas

The evaluation of the solar radiation within and outside the crops made with Gunn-Bellani's radiation integrator besides this, precipitation, evaporation and external mean temperature were determined

The results showed that the non-intercepted solar

radiation within the crops decreased progressively as the plant was getting older. The morphological characteristics that correlated better with this microclimatic factor were plant height, leaf area and total biomass, among these, the plant height was the one that correlated better.

There was not a significant effect of the association with the two bean types on the maize crop, but it was significant on cassava plant height and on plantain leaf area, canopy diameter and plant height.

8 LITERATURA CITADA

- 1 ACLVEDO S , F J Influencia de la radiacion solar y otros componentes del microclima sobre el cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L) asociado con maiz (zea mays) Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1975 91 p
- 2 AGUIRRE, A V Estudios de los suelos del area del Centro Tropical de Enseñanza e Investigacion, IICA, Turrialba, Costa Rica Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, 1971 pp 52-56
- 3 ALVIM, P de T El problema del sombreado del cacao bajo el punto de vista fisiologico Curso de cacao Turrialba, Costa Rica, IICA, s f 7 p
- 4 ALLEN JUNIOR, L H , YOCUM, C S y LEMON, F R Photosynthesis under field conditions VII Radiant energy exchanges within a corn crop canopy and implications in water use efficiency Agronomy Journal 56(3) 253-259 1964
- 5 ALVIM, P de T Energia solar y produccion agricola Agronomia (Peru) 29(2) 115-123 1962
- 6 ALVIM, R y ALVIN, P de T Efecto da densidade de plantas no aproveitamento de energia luminosa pelo fixao (Phaseolus vulgaris L) en culturas exclusivas e consorciadas Turrialba (Costa Rica) 19(3) 389-393 1969
- 7 ARIYANAYAGAM, R P , MOORE, C L y CARANGAL, V R Selection for leaf angle in maize and its effect on grain yield and other characters Crop Science 14(4) 551-556 1974
- 8 ARZUF B , J A Condiciones de radiacion solar y otros factores microclimaticos dentro de un cultivo de maiz (Zea mays) a diferentes densidades de siembra y orientaciones de surco Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1975 111 p

- 9 ASCENCIO, J Analisis de crecimiento y eficiencia fotosintetica del frijol (Phaseolus vulgaris L var "Turrialba 4") cultivada en solución nutritiva Tesis Mag Sc~ Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972 98 p
- 10 AUBERTIN, G M y PETERS, D B Net radiation determinations in a cornfield Agronomy Journal 53(4) 269-276 1961
- 11 Billings, W D Las plantas y el ecosistema Mexico, D F , Herrero, 1968 168 p
12. BLACKMAN, G E y BLACK, J N Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment XII The role of the light factor in limiting growth Annals of Botany 23(89) 131-145 1959
13. BOKDE, S Luz solar en la produccion de maiz Pergamino, Argentina, Estacion Experimental Agropecuaria Informe Tecnico No 69 1967 12 p
- 14 BPOUGHAM, R W Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants Australian Journal of Agricultural Research 9(1) 41-52 1958
- 15 BROWN, L Como aumentar la produccion mundial de alimentos, prloblemas y perspectivas Trad por Manuel de J Fernandez Mexico, D F UTEHA, 1966 228 p
- 16 CENTRO ,GRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEMANZA, TURRIALBA Desarrollo de sistemas de Produccion Agricola para el Tropico Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1974 55 p
- 17 CHAMPION, J El platano Barcelona, Blume, 1968 247 p
- 18 CLEGG, M D et al Light transmission in field communities of sorghum Agronomy Journal 66(4) 471-476 1974
- 19 DENMEAD, O T , FRITSCHEN, L J y SHAW, R H Spatial distribution of net radiation in a corn field Agronomy Journal 54(6) 505-510 1962
- 20 _____ Comparative micrometeorology of wheat field and forest of Pinus radiata Agricultural Meteorology 6(5) 357-371 1969

- 21 DESIR, S Producción de maíz y frijol comun asociados segun hábito de crecimiento y poblacion de plantas Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1975 41 p
- 22 LAGLES, C F Lffect of light intensity on growth of natural populations of Dactylis glomerata L Annals of Botany 37(150) 253-262 1973
- 23 EARLEY, F B , MILLER, R J , REICHERT, G L , HAGEMAN, R H y SEIF, F D Effects of shade on maize production under field conditions Crop Science 6(1) 1-7 1966
- 24 FRIEND, D T C A simple method of measuring intergrated light values in the field Ecology 43(3) 577-580 1961
- 25 GALLEGOS, R R Evaluacion de produccion agronomica y biomasa en sistemas de produccion que incluyen yuca (Manihot esculenta Crantz) Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1976 122 p
- 26 HOLDPIDGE, L R Mapa ecologico de Costa Rica Turrialba, IICA, 1959 Esc 1 1 000 000
- 27 _____ Life zone ecology San Jose, Tropical Science Center, 1967 206 p
- 28 HUERTA, S A y ALVIM, P de T Indice de área foliar y su influencia en la capacidad fotosintetica del cafe-to Cenicafe 13(2) 75-87 1962
- 29 LIZARRAGA, N A Evaluacion del crecimiento del camote (Ipomea batatas L) y su relacion con la radiacion solar, en monocultivo y en asociacion con yuca (Manihot esculenta Crantz) y maiz (Zea mays L) Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1976 102 p
- 30 LOOMIS, R S y WILLIAMS, W A Maximun crop productivity an estimate Crop Science 3(1) 67-72 1963

- 31 LOOMIS, R o et al Quantitative description of foliage display light absorption in field communities of corn plants Crop Science 8(3) 352-356 1968
- 32 MCKEE, G W A coefficient for computing leaf in hybrid corn Agronomy Journal 56(2) 240-241 1964
- 33 MLDINA, F y SAN JOSE, J J Analisis de la productividad de caña de azúcar II Intercepcion de luz y distribucion vertical del area foliar en caña de azucar var "PR 980" Turrialba (Costa Rica) 20(2) 149-152 1970
- 34 MOJICA B, F J Absorcion de nutrimentos y produccion en la asociacion frijol (Phaseolus vulgaris L), maiz (Zea mays) y arroz (Oryza sativa L) Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975 115 p
- 35 MONGILNER, I , ORIOLI, G A y BITTER, C M Ensayos de topofisis y fotoperiodismo en mandioca Bomplandia (Argentina) 2(15) 265-272 1972
- 36 MONTEITH, J L Light interception and radiative exchange in crop stands In Eastin, J D et al eds Physiological aspects of crop yield Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, 1969 pp 89-115
- 37 ORLANDO, A Influencia del microclima sobre el comportamiento fisiologico y rendimiento del frijol comun y de costa asociados con maiz, yuca y platano Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1976 135 p
- 38 OSMAN, A M Dry - matter production of a wheat crop in relation to light interception and photosynthesis capacity of leaves Annals of Botany 35(143) 1017-1035, 1971
- 39 OTAROLA, A Curso de eddasometria Turrialba, Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1975 118 p (mimeo)
- 40 PADILLA, A Tipo de planta y distribucion de surcos en la produccion de maiz-frijol asociados Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, 1976 68 p

- 41 PLERRIN, P Curso de meteorologia Merida, Venezuela, Universidad de los Andes, 1969 237 p
- 42 SAKAMOTO, C M y SHAW, R H Light distribution in field soybean canopies Agronomy Journal 59(1) 7-9 1967
- 43 SANABRIA DE MOJICA, E Produccion de biomasa, nutricion mineral y absorcion de agua en la asociacion frijol-maiz cultivada en solucion nutritiva Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975 80 p
- 44 SCARSBROOK, C E y DOOSS, B D Leaf area index and radiation as related to corn yield Agronomy Journal 65(3) 459-461 1973
- 45 SHAW, R H y WEBER, C R Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans Agronomy Journal 59(2) 155-159 1967
- 46 SHIBLES, R M y WEBER, C R Leaf area, solar radiation and dry matter production by soybeans Crop Science 5(6) 575-577 1965
- 47 STANHILL, G The effect of environmental factors on the growth of alfalfa in the field Netherlands Journal of Agricultural Science 10(4) 247-253 1962
- 48 _____, y FUCHS, M The climate of cotton crop physical characteristics and microclimate relationships Agricultural Meteorology 5(3) 183-202 1968
- 49 SZLICZ, G, MONTEITH, J L y DOS SANTOS, J M Tube solarimeter to measure radiation among plants Journal of Applied Ecology 1 169-174 1964
- 50 _____ Solar radiation in crop canopies Journal of Applied Ecology 11(3) 1117-11156 1974
- 51 TANNER, C B, PETERSON, A L y LOVELL, J R Radiant energy exchange in a cornfield Agronomy Journal 52(7) 373-379 1960
- 52 TROJER, H Algunas características agroclimáticas del trópico americano In Reunion Internacional sobre Problemas de la Agricultura en los Trópicos Húmedos de América Latina, Lima, Perú - Belem, Brasil, 1966 Informe 24 p

- 53 TULLER, S E Effect of vertical vegetation surfaces on the adjacent microclimate the role of aspect
Agricultural Meteorology 12(3) 407-424 1973
- 54 VERNAGLEN, A M W, WILSON, J T y BRITTEN, L J Plant production in relation to foliage illumination
Annals of Botany 27(108) 627-640 1963
- 55 WHIGHAM, D K y WOOLLEY, D G Effect of leaf orientation, leaf area and plant densities on corn production
Agronomy Journal 66(4) 482-486 1974
- 56 WILSON, J W Stand structure and light penetration I
Analysis by point quadrats Journal of Applied Ecology 2 383-390 1965
- 57 WILLIAMS, W A, LOOMIS, R S y LEPLEY, C R Vegetative growth of corn as affected by population density I
Productivity in relation to interception of solar radiation
Crop Science 5(3) 211-215 1965
- 58 _____, et al Canopy architecture at various populations densities and the growth grain yield of corn
Crop Science 8(3) 303-308 1968
- 59 WOLEDGE, J The effect of light intensity during growth on the subsequent rate of photosynthesis of leaves of tall fescue (Festuca arundinacia Schreb)
Annals of Botany 35(140) 311-322 1971
- 60 YAO, A Y M y SHAI, R H Effect and plant population and planting pattern of corn on the distribution of net radiation
Agronomy Journal 56(2) 165-169 1964

9 APENDICE

Cuadro A1 (Continuacion)

Fechas	Labores
7 y 8/5/76	Deshoje y deshoje del platano
17,18,19,20 y 21/5/76	Deshierba
26/5/76	Tratamiento al platano con Macap
14, 15 y 16/6/76	Deshierba
29/6/76	Tercera fertilizacion de la yuca

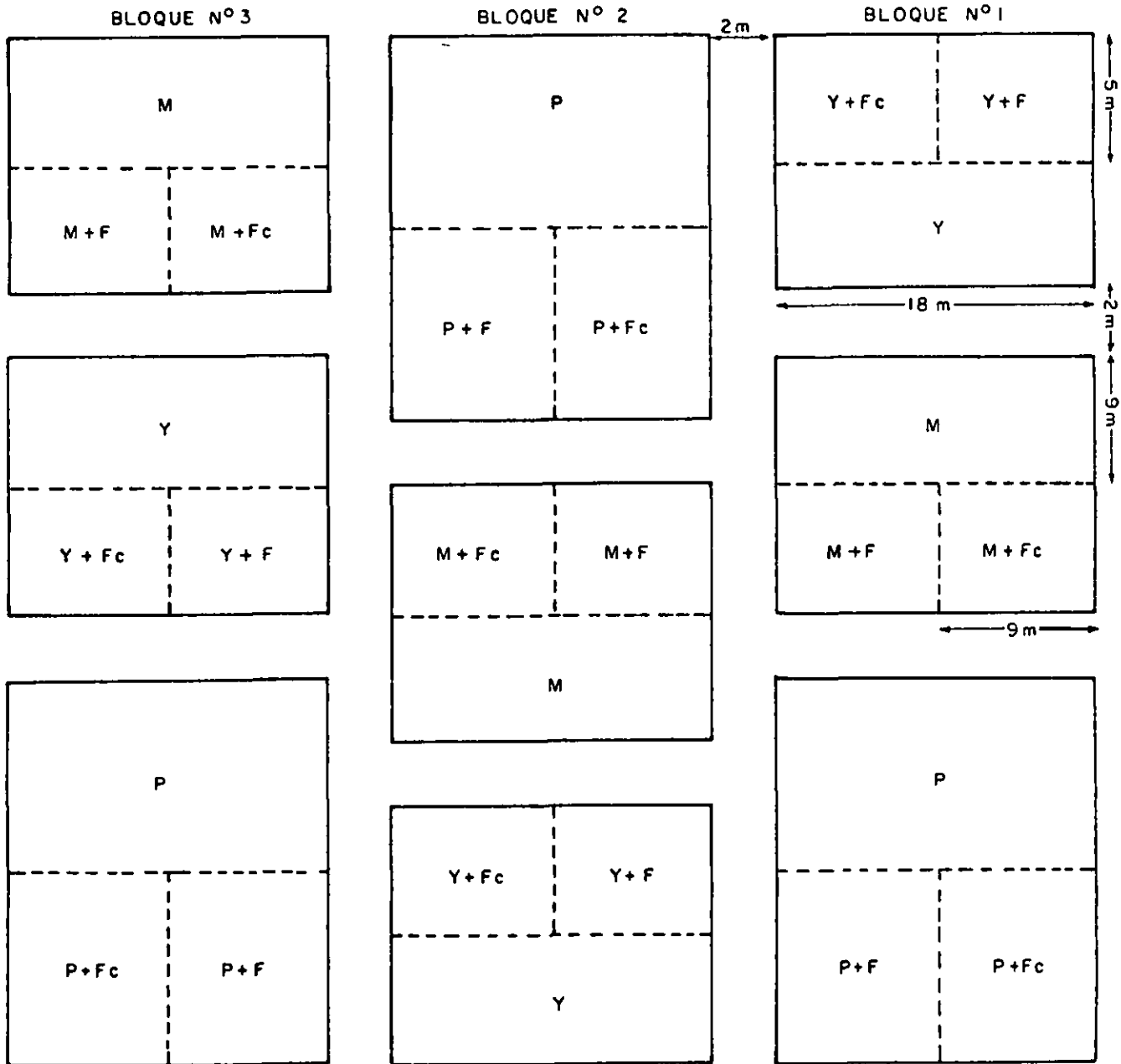
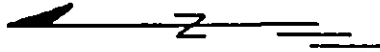


Fig A1 Distribucion de los bloques y parcelas en el campo (Dibujo sin escala)

Cuadro A1 Orden cronologico de las principales labores de cultivo y actividades realizadas durante el experimento con maiz, yuca y platano

Fechas	Labores
1/10/75	Se hicieron los huecos para la siembra del platano
9/10/75	Primera fertilizacion del platano con Superfosfato triple y tratamiento con Aldrin
9/10/75	Siembra del platano
20/12/75	Siembra de la yuca
21/12/75	Tratamiento de la semilla de maiz con Aldrin y Captan
23/12/75	Siembra del maiz
24/12/75	Primera fertilizacion del maiz y la yuca con la formula 15-30-8
24/12/75	Segunda fertilizacion del platano con la formula 20-10-6-5
30/12/75	Instalacion del equipo meteorologico
24/1/76	Segunda fertilizacion del maiz y la yuca con la formula 20-10-6-5, Nitrato de amonio y Nitrato de potasio
24/1/76	Tratamiento al maiz con Taxafeno
26,27 y 28/1/76	Deshierba
1,2,3 y 4/3/76	Deshierba
1/3/76	Tratamiento al maiz con Toxafeno
22/3/76	Deshoje y deshoje del platano
28/4/76	Doblada del maiz
30/4/76	Tercera fertilizacion del platano con la formula 20-10-6-5

Cuadro A2 Lluvia, evaporación de tanque A y temperatura media diaria durante el periodo experimental

Periodos	P O R P E R I O D O S				A C U M U L A D A	
	Lluvia (L) mm	Evaporacion (E) mm	L- ¹ mm	Temperatura media C	Lluvia mm	Evaporacion mm
1*- 15	28,3	39,8	-11,5	19,0	28,3	39,8
16 - 30	242,1	36,9	205,2	19,2	270,4	76,7
31 - 45	87,3	41,1	46,2	19,1	357,7	117,8
46 - 60	38,5	52,2	-13,7	19,4	396,2	170,0
61 - 75	0,2	65,1	-64,9	20,6	396,4	235,1
76 - 90	12,0	62,6	-50,6	19,9	408,4	297,7
91 - 105	27,1	73,4	-46,3	21,6	435,5	371,1
106 - 120	51,4	63,6	-12,2	21,4	486,9	434,7
121 - 135	192,2	40,3	151,9	21,3	679,1	475,0
136 - 150	202,6	59,6	143,0	22,2	881,7	534,6
151 - 165	205,2	63,2	142,0	21,9	1086,9	597,8
166 - 180	218,7	44,5	174,2	21,6	1305,6	642,3
181 - 192	69,6	38,0	31,6	22,1	1375,2	680,3

* 1 de Enero de 1976

Cuadro A3 Radiacion solar diaria promedio fuera y dentro de los cultivos y porcentaje de radiacion no interceptada para maiz, yuca y platano

Cultivos	Periodos (dias)	Radiacion fuera del cultivo	Radiación dentro del cultivo	Radiación no interceptada* (%)
		Promedio diario cal cm ⁻² dia ⁻¹	Promedio diario cal cm ⁻² dia ⁻¹	
Maiz	0-32	397,0	391,0	98,0
	33-54	467,0	333,0	71,0
	55-76	497,0	262,0	53,0
	77-98	493,0	229,0	46,0
	99-120	487,0	248,0	51,0
	Total	55495,0	36088,0	--
Yuca	0-37	408,0	405,0	99,0
	38-67	479,0	456,0	95,0
	68-97	493,0	440,0	89,0
	98-127	488,0	339,0	69,0
	128-157	458,0	153,0	33,0
	158-187	445,0	76,0	17,0
	Total	85994,0	58885,0	--
Platano	83-122	410,0	386,0	94,0
	123-152	493,0	419,0	85,0
	153-182	488,0	403,0	83,0
	183-212	475,0	367,0	77,0
	213-242	466,0	275,0	59,0
	243-272	453,0	190,0	42,0
	Total	87623,0	65084,0	--

* Radiacion fuera del cultivo = 100%

Cuadro A4 Estimacion estadistica de los promedios de radiacion solar fuera y dentro de cultivos de maiz, yuca y platano

Cultivo	Ubicacion	\bar{X}	s	s ²	n	cv
Maiz	dentro	293,13	63,43	4023,52	15	21,64
	fuera	468,74	38,82	1506,89	15	8,28
Yuca	dentro	312,35	150,26	22578,92	18	48,11
	fuera	462,16	30,27	916,27	18	6,55
Platano	dentro	339,25	85,97	7390,12	18	25,34
	fuera	464,30	28,93	837,06	18	6,23

Cuadro A5 Significacion de las pruebas de diferencias de medias entre radiacion solar total fuera del cultivo y radiacion solar no interceptada, dentro de cultivos de maiz, yuca y platano

Maiz	Yuca	Platano
9,13**	4,15**	5,85**

Cuadro A6 Análisis de variancia de regresion para radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de maiz sin asociar

Fuentes	G L	S C	C M	F	Sig
Regresion	3	5397,87	1799,29	215,34	* *
Error	11	91,91	8,36		
Total	14	5489,78			

Cuadro A7 Coeficientes de regresion y significacion de la radiacion solar no interceptada dentro de un cultivo de maiz

Variable	b_1	Sb_1	t	sig
Eddad	-0,52795	0,09089	-5,81	* *
Altura de planta	-0,36973	0,03238	-11,42	* *
Biomasa aerea	-0,21425	0,03372	- 6,35	* *

$$b_0 = 122,79$$

Cuadro A8 Matriz de correlacion para caracteristicas morfolo-
gicas y radiacion solar en un cultivo de maiz
sin asociar

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
X_1	1,00							
X_2	0,76**	1,00						
X_3	-0,84**	0,67**	1,00					
X_4	0,87**	0,93**	-0,84**	1,00				
X_5	0,68**	0,92**	-0,58**	0,91**	1,00			
X_6	0,77**	0,93**	-0,71**	0,97**	0,98**	1,00		
X_7	0,81**	0,85**	-0,84**	0,96**	0,84**	0,93**	1,00	
X_8	0,97**	0,75**	-0,82**	0,88**	0,69**	0,79**	0,87**	1,00

X_1 = Edad

X_2 = Radiacion solar promedio fuera del cultivo

X_3 = Radiacion solar promedio dentro del cultivo

X_4 = Altura de planta

X_5 = Area foliar

X_6 = Peso seco foliar

X_7 = Peso seco de tallo

X_8 = Biomasa aerea

Cuadro A9 Análisis de variancia de regresión para radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de yuca sin asociar

Fuentes	G L	S C	C M	F	sig
Regresión	3	17047,32	5682,44	97,26	* *
Error	14	817,95	58,43		
Total	17	17865,27			

Cuadro A10 Coeficientes de regresión y significación de la radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de yuca sin asociar

Variable	b_1	Sb_1	t	sig
Edad	-0,96277	0,40513	-2,38	*
Altura de planta	-0,50947	0,30799	1,65	
Biomasa total	-0,03976	0,01055	-3,77	* *

$$b_0 = 127,69$$

Cuadro All Matriz de correlacion para caracteristicas morfológicas y radiacion solar en un cultivo de yuca sin asociar

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
X_1	1,00							
X_2	0,19	1,00						
X_3	-0,89**	0,26	1,00					
X_4	0,98**	0,05	-0,92**	1,00				
X_5	0,92**	-0,07	-0,93**	0,96**	1,00			
X_6	0,93**	-0,06	0,93**	0,96**	0,99**	1,00		
X_7	0,92**	-0,14	-0,97**	0,96**	0,99**	0,99**	1,00	
X_8	0,91**	-0,17	-0,96**	0,96**	0,98**	0,98**	0,99**	1,00

X_1 = Edad

X_2 = Radiacion solar promedio fuera del cultivo

X_3 = Radiacion solar promedio dentro del cultivo

X_4 = Altura de planta

X_5 = Area foliar

X_6 = Peso seco foliar

X_7 = Peso seco de tallo

X_8 = Biomasa total

Cuadro A12 Análisis de variancia de regresión para radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de platano sin asociar

Fuentes	G L	S C	C M	F	sig
Regresion	2	5643,69	2821,85	207,36	* *
Error	15	204,12	13,61		
Total	17	5847,81			

Cuadro A13 Coeficientes de regresión y significación de la radiación solar no interceptada dentro de un cultivo de platano sin asociar

Variable	b_1	Sb_1	t	sig
Edad	-0,16168	0,09680	1,67	
Altura de planta	-0,45506	0,08746	-5,20	* *

$$b_0 = 112,72$$

Cuadro A14 Matriz de correlacion para características morfológicas y radiación solar en un cultivo de platano sin asociar

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	1,00					
X_2	0,20	1,00				
X_3	-0,87**	0,13	1,00			
X_4	0,99**	0,13	-0,92**	1,00		
X_5	0,96**	0,05	-0,94**	0,99**	1,00	
X_6	0,99**	0,17	-0,88**	0,99**	0,97**	1,00

X_1 = Edad

X_2 = Radiación solar promedio fuera del cultivo

X_3 = Radiación solar promedio dentro del cultivo

X_4 = Altura de planta

X_5 = Área foliar

X_6 = Diámetro de copa

Cuadro 15 Valores de las características morfológicas por planta, durante el ciclo de vida del maíz sin asociar y asociado con frijol común y de costa

Periodos	Maíz sin asociar						Maíz más Frijol común						Maíz más Frijol de costa					
	AP	AF	PSF	PST	BA	PSG	AP	AF	PSF	PSF	BA	PSG	AP	AF	PSF	PST	BA	PSG
0-32	26,2	7,6	2,2	1,0	3,2		22,4	5,3	1,4	0,65	2,0		24,9	6,7	1,9	0,90	2,8	
3-54	78,3	36,3	15,1	17,2	32,4		73,5	33,0	13,0	12,6	25,6		89,2	41,5	18,2	18,3	36,4	
5-76	150,9	56,8	32,5	80,2	127,2		144,9	56,8	30,3	70,4	107,0		153,9	49,5	27,2	61,4	100,1	
7-98	155,1	47,2	27,0	64,5	151,3		148,7	45,3	25,3	66,6	133,0		170,4	51,4	29,8	74,0	150,0	
9-120	160,8	46,2	29,9	66,1	235,9		167,2	40,5	27,4	62,3	209,8		175,3	44,0	24,9	59,1	200,9	
1-125						92,2						75,3						84,5

AP = altura de planta (cm)

PST = Peso seco de tallo (g)

AF = Área foliar (dm²)

BA = Biomasa aérea (g)

PSF = Peso seco foliar (g)

PSG = Peso seco de grano (g)

Cuadro A16 Resumen de los analisis de variancia entre tratamientos para algunas variables biológicas del maiz

Fuentes de variacion	Altura de planta (AP)	Area foliar (AF)	Biomasa aerea (BA)
Repeticion			
Tratamiento			
Edad	* *	* *	* *
Tratamiento x Edad			

Cuadro '17 Valores de las características morfológicas por planta durante parte del ciclo de vida de la yuca sin asociar y asociada con frijol común y de costa

Periodos	Yuca sin asociar						Yuca + Frijol comun					
	AP	AF	PSF	PST	PSR	BT	AP	AF	PSF	PST	PSR	BT
0-37	23,1	5,9	2,8	1,9	0,0	4,7	22,0	4,9	2,3	1,3	0,0	3,5
38-67	65,3	49,0	24,5	16,2	0,0	41,2	60,7	37,2	18,8	13,3	0,0	32,2
68-97	110,7	98,8	51,3	54,7	76,7	182,7	97,3	77,8	41,0	42,7	50,3	134,0
98-127	151,0	174,7	90,7	138,8	229,0	458,5	139,7	151,4	78,4	105,8	176,0	360,2
128-157	199,0	316,7	143,7	278,0	472,7	894,3	192,0	269,7	124,7	231,7	374,0	730,3
158-187	244,3	455,0	204,7	436,5	768,3	1409,5	247,7	408,3	194,0	397,5	609,3	1200,8

AP = Altura de planta (cm)

PST = Peso seco de tallo (g)

AF = Area foliar (dm²)

PSR = Peso seco de raices (g)

PSF = Peso seco foliar (g)

BT = Biomasa total (g)

Cuadro 17 (Continuacion)

Periodos	Yuca + Frijol de Costa					
	AP	AF	PSF	PST	PSR	BT
0-37	21,6	5,4	2,5	1,2	0,0	3,7
38-67	45,7	28,7	15,5	10,8	0,0	26,3
68-97	78,7	64,7	33,3	31,7	44,7	109,7
98-127	118,8	118,0	61,1	77,4	155,9	293,9
128-157	165,3	223,3	110,7	194,2	420,0	724,8
158-187	216,7	375,5	172,7	300,8	786,7	1260,2

AP = altura de planta (cm)

PST = Peso seco de tallo (g)

AF = Area foliar (dm²)

PSR = Peso seco de raices (g)

PSF = Peso seco foliar (g)

B_t = Biomasa total (g)

Cuadro A18 Resumen de los análisis de variancia entre tratamientos para algunas variables biológicas de la yuca

Fuentes de variación	Altura de planta (AP)	Area foliar (AF)	Biomasa total (BT)
Repetición	*		
Tratamiento	**		
Edad	**	**	**
Tratamiento x Edad			

Cuadro A19 Promedios de tratamientos con seis muestreos para altura de planta (cm) y pruebas de Duncan* en yuca var Valencia

Tratamiento	Promedio
Yuca sin asociar	132,24 a
Yuca asociada con frijol comun	126,57 a
Yuca asociada con frijol costa	107,79 b

* Letras iguales indican diferencias significativas al 5%

Cuadro A20 Valores de las características morfológicas por planta durante parte del ciclo de vida del platano sin asociar y asociado con frijol común y de costa

Periodos (días)	Platano sin asociar			Platano + Frijol común			Platano + Frijol costa		
	AP	AF	DC	AP	AF	DC	AP	AF	DC
83-122	83,2	295,3	84,7	71,2	254,0	67,8	73,2	247,3	61,5
123-152	108,3	378,7	115,5	100,3	328,0	96,5	96,8	314,0	85,3
153-182	136,0	479,0	155,0	127,3	413,7	136,0	123,0	400,7	120,8
183-212	161,0	613,3	208,1	157,8	526,7	190,1	146,7	506,7	173,3
213-242	203,3	836,4	252,1	188,3	676,1	238,8	185,8	650,9	233,3
243-272	250,0	1118,7	292,5	241,7	988,8	294,2	237,5	942,6	287,6

AP = Altura de planta (cm)

AF = Área foliar (dm^2)

DC = Diámetro de copa (cm)

Cuadro A21 Resumen de los analisis de variancia entre tratamientos para algunas variables biologicas del platano

Fuentes de variacion	Altura de planta (AP)	Area foliar (AF)	Diametro de copa (DC)
Repeticion	* *		
Tratamiento	* *	*	*
Edad	**	* *	* *
Tratamiento x Edad		* *	*

Cuadro A22 Promedios de tratamientos con seis muestreos para altura de planta (cm) y pruebas de Duncan* en platano var Pelipita

	Promedio
Platano sin asociar	156,97 a
Platano asociado con frijol comun	148,61 b
Platano asociado con frijol costa	143,83 b

* Letras diferentes indican diferencias al 5%

Cuadro A23 Promedios de tratamientos con seis muestras para
 area foliar (dm^2) y pruebas de Duncan* en plátano
 var Pelipita

Tratamiento	Promedio
Platano sin asociar	620,24 a
Platano asociado con frijol comun	531,21 ab
Platano asociado con frijol de costa	511,37 b

* Letras diferentes indican diferencias significativas al 5%

Cuadro A24 Promedios de tratamientos con seis muestras para
 diametro de copa (cm) y pruebas de Duncan* en plá-
 tano var Pelipita

Tratamiento	Promedio
Platano sin asociar	184,64 a
Platano asociado con frijol comun	170,56 ab
Platano asociado con frijol costa	160,29 b

* Letras diferentes indican diferencias significativas al 5%

Cuadro A25 Rendimiento de grano (con 13% de humedad) por planta y por hectarea de un cultivo de maiz sin asociar y asociado con frijol comun y frijol de costa

Tratamiento	Plantas cosechadas	Mazorcas por planta	Peso seco de granos (g)	Rendimiento por hectarea (kg)
Maiz sin asociar	6	0,94	92,24	4940,66
Maiz asociado con frijol comun	6	1,00	75,33	4696,46
Maiz asociado con frijol de costa	6	1,00	84,47	5843,37

Cuadro A26 Significacion de las pruebas de diferencias de medias del rendimiento promedio por planta y por hectarea para un cultivo de maiz sin asociar y asociado con frijol comun y frijol de costa

Comparaciones	Por planta t	Por hectarea t	χ^2
Maiz sin asociar vs Maiz asociado con frijol comun	2,58	0,39	
Maiz sin asociar vs Maiz asociado con frijol costa	0,86	1,29	
Maiz asociado con frijol comun vs Maiz asociado con frijol costa	0,91	1,64	

Cuadro A27 Ecuaciones que dan las distintas relaciones entre variable estudiadas

Figuras	Curvas	Ecuaciones	R
1		$Y = -10,01 + 0,3504 x_7 + 0,0016 x_7^2$	0,99
4	I	$Y = 108,77 - 1,94 x_3 + 0,0163 x_3^2$	0,89
	II	$Y = 115,58 - 0,8162 x_2 + 0,0025 x_2^2$	0,96
	III	$Y = 157,11 - 2,19 x_1 + 0,0183 x_1^2$	0,9
5		$Y = 110,80 + 0,3840 x_4 - 0,76 x_4^2$	0,97
6	I	$Y = 96,42 + 0,24 x_1 - 0,0037 x_1^2$	0,98
	II	$Y = 57,71 - 1,04 x_2 + 13,46 x_2^2$	0,97
	III	$Y = 104,20 - 0,2688 x_3 + 0,000106 x_3^2$	0,96
7		$Y = 99,68 - 0,1196 x_5 + 0,000042 x_5^2$	0,90
8	I	$Y = 62,25 + 0,5011 x_1 - 0,0021 x_1^2$	0,97
	II	$Y = 101,25 - 0,0292 x_2 - 0,00085 x_2^2$	0,98
	III	$Y = 89,23 + 0,1042 x_6 - 0,00089 x_6^2$	0,95
9		$Y = 111,76 - 0,0623 x_3$	0,97
10	I	$Y = -55,09 + 2,41 x_1 - 0,011 x_1^2$	0,80
	II	$Y = 0,00116 e^{0,0349 x_1} x_1^{3,8}$	0,99
	III	$Y = 0,000043 x_1^{3,31}$	0,92
11	I	$Y = 0,1370 x_1^{1,44}$	0,99
	II	$Y = 0,1159 x_1^{1,47}$	0,99
	III	$Y = 0,1156 x_1^{1,43}$	0,98
12		$Y = 0,000572 x_1^{2,54}$	0,99
13		$Y = 0,000006 x_1^{3,65}$	0,99

Cuadro A27 (Continuacion)

Figuras	Curvas	Ecuaciones	r ²
14	I	$Y = 61,88 - 0,2122 \lambda_1 + 0,0017 \lambda_1^2$	0,98
	II	$Y = 52,84 - 0,1207 \lambda_1 + 0,0032 \lambda_1^2$	0,98
	III	$Y = 72,96 - 0,4413 \lambda_1 + 0,0038 \lambda_1^2$	0,99
15	I	$Y = 631,55 - 6,26 \lambda_1 + 0,0295 \lambda_1^2$	0,98
	II	$Y = 664,64 - 6,72 \lambda_1 + 0,0287 \lambda_1^2$	0,98
	III	$Y = 614,96 - 6,16 \lambda_1 + 0,0268 \lambda_1^2$	0,98
16	I	$Y = -49,85 + 0,9153 \lambda_1 + 0,0013 \lambda_1^2$	0,98
	II	$Y = -9,65 + 0,2037 \lambda_1 + 0,0034 \lambda_1^2$	0,99
	III	$Y = 34,93 - 0,4089 \lambda_1 + 0,0050 \lambda_1^2$	0,99

λ_1 = Edad

λ_2 = Altura de planta

λ_3 = Area foliar

λ_4 = Biomasa aerea

λ_5 = Biomasa total

λ_6 = Diametro de copa

λ_7 = Largo de la hoja