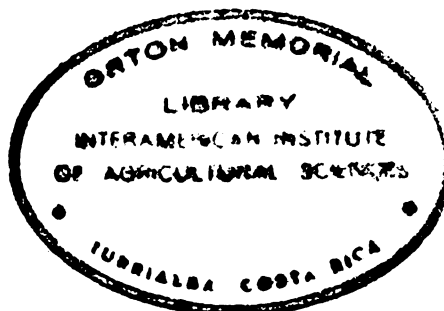


INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO
DEL CACAO

Por

FELIX B. RUBIO GARAY



Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro Tropical de Investigación y Enseñanza Graduada

Turrialba, Costa Rica
Marzo de 1961

INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO
DEL CACAO

Tesis

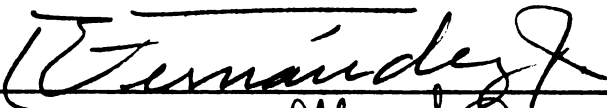

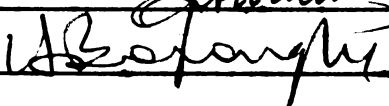
Sometida al Consejo de Estudios Graduados
como requisito parcial para optar el
grado de

Magister Agriculturae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro Tropical de Investigación y Enseñanza Graduada

APROBADA:

	Consejero
	Comité
	Comité

Marzo de 1961

A mi esposa

Rosario

A mis hijas

María del Rosario y

María Angelina

.

AGRADECIMIENTOS

El autor deja constancia de su agradecimiento al Dr. J. Robert Hunter, por la ayuda y orientación recibida como consejero principal durante la realización del presente trabajo.

A los Drs. Carlos Enrique Fernández, Jorge Soria y Howard Boroughs, miembros de su comité, por el asesoramiento y ayuda presentada.

Al Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura de Ecuador y a la International Cooperation Administration de los E.E.U.J., por haber patrocinado sus estudios y trabajo de tesis en el Instituto.

Al Centro Interamericano del Cacao, que permitió la realización de este trabajo.

Al Ing. Heleodoro Miranda, por su asesoramiento en el análisis estadístico de los datos.

A la Srta. Hazel Hodgson por su colaboración en la presentación de la tesis.

Al personal de la biblioteca y del Centro Interamericano del Cacao, por la cooperación de ellos recibida.

A sus colegas y miembros del personal del Instituto que le brindaron su estímulo y prestaron su colaboración.

BIOGRAFIA DEL AUTOR

Félix B. Rubio Garay nació en Guayaquil, Ecuador. Sus estudios primarios y secundarios los realizó en su ciudad natal, habiéndose graduado de Bachiller en 1948.

Sus estudios universitarios los hizo en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Guayaquil, de 1949 a 1954. Obtuvo su título de Ingeniero Agrónomo en 1957.

De 1957 a 1959 trabajó primero como asistente graduado y posteriormente como asistente horticultor de la Estación Experimental de Pichilingue, Ecuador.

En noviembre de 1959 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en calidad de estudiante post-graduado, en goce de una beca de la International Cooperation Administration de los E.E.U.U., habiéndolo concluido sus estudios y trabajos de tesis en marzo de 1961.

C O N T E N I D O

	Página
Agradecimiento.....	iv
Biografía del Autor.....	v
Contenido.....	vi
Índice de Cuadros.....	vii
Introducción.....	1
Revisión de Literatura.....	3
Materiales y Métodos.....	12
Resultados Experimentales.....	17
Floración.....	17
Incremento del diámetro.....	18
Crecimiento longitudinal de las ramas.....	22
Número de nudos.....	26
Longitud de los entrenudos.....	28
Formación de verticilo.....	30
Correlaciones	30
Discusión y Conclusiones.....	34
Resumen.....	40
Summary.....	42
Literatura citada.....	44

INDICE DE CUADROS

No.	Página
1. Floración en plantas de ramilla desde mayo 11 a diciembre 27 de 1960	17
2. Incrementos diamétricos en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R) desde mayo 11 hasta diciembre 27.	19
3. Incrementos diamétricos quincenales en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R).....	20
4. Análisis de variancia de los incrementos diamétricos quincenales en plantas de semilla y ramillas enraizadas	21
5. Crecimiento longitudinal de las ramas en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R) de mayo 11 a diciembre 27.....	23
6. Incrementos quincenales del largo de las ramas en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R).....	24
7. Análisis de variancia de los incrementos quincenales del largo de las ramas en plantas de semilla y ramillas enraizadas.....	25
8. Número de nudos formados en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R) desde mayo 11 hasta diciembre 27..	26
9. Análisis de variancia del número de nudos formados en plantas de semilla y ramillas enraizadas.....	27
10. Longitud de los entrenudos en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R).....	28
11. Análisis de variancia del largo de los entrenudos en plantas de semilla y ramillas enraizadas.....	29
12. Prueba de intervalo múltiple de Duncan al nivel de significancia del 0.01 para el largo de los entrenudos.....	29
13. Formación de verticilo (horqueta) en plantas de semilla	30
14. Temperatura media quincenal en °C	31
15. Coeficientes de correlación (r) entre variables de crecimiento para plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R).....	32

INTRODUCCION

En su crecimiento y desarrollo las plantas están afectadas por muchos factores ambientales, algunos de los cuales pueden ser controlados por el hombre y constituyen la base para las prácticas culturales de la producción agrícola.

Uno de los principales factores que controlan el crecimiento y desarrollo vegetal, es la duración relativa del día y la noche, técnicamente conocido como "fotoperíodo" y su efecto sobre las plantas como "fotoperíodismo".

El fotoperíodo puede modificar alguna o varias partes estructurales de una planta: estimula o inhibe la formación de tubérculos y bulbos, la elongación de ramas, la latencia, la floración, etc.

En plantas leñosas por ejemplo, fotoperíodos largos aumentan la proporción y duración del crecimiento vegetativo y fotoperíodos cortos disminuyen el crecimiento y apresuran la formación de flores.

El cacao es una planta leñosa originaria de las selvas tropicales americanas, en donde la variación de la duración relativa del día y la noche a través del año es pequeña, a pesar de lo cual, su crecimiento vegetativo está afectado por éste factor.

En plantas de semilla de cacao, Piringer y Downs (25) encontraron mayor incremento en crecimiento sometiénolas a fotoperíodo de 16 horas o interrumpiendo el período oscuro con una hora de luz en la media noche, en comparación con fotoperíodos de 8 y 12 horas. La luz continua produjo menor incremento. Además, el incremento fue mayor cuando la luz provino de bombillos de filamento incandescente que de lámparas fluorescentes.

No se ha informado aún sobre la influencia de diferentes fotoperíodos en el crecimiento y desarrollo de plantas clonales de cacao.

Con el propósito de determinar las respuestas de plantas de semilla y estacas enraizadas de cacao en crecimiento y desarrollo a diferentes ciclos fotoperiódicos, se inició en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en Turrialba, Costa Rica, situado a 9° 56' de latitud Norte, un experimento cuyos resultados preliminares se presentan en éste trabajo.

REVISION DE LITERATURA

Muchas plantas son sensibles a las duraciones relativas del día y la noche. Este fenómeno fue observado mucho tiempo atrás, pero fueron Garner y Allard (16), quienes mediante pruebas experimentales demostraron su evidencia, fenómeno al que denominaron fotoperiodismo.

El fotoperiodismo se manifiesta en distintas formas, pero quizá la más importante es el paso de las plantas del estado vegetativo al reproductivo, con base al cual se las ha clasificado en tres grupos: plantas de día corto, de día largo y neutrales.

Plantas de día corto son aquellas que florecen solamente cuando están expuestas a ciclos de luz-oscuridad, cuyos períodos oscuros son más largos que su valor crítico y plantas de día largo aquellas que florecen solamente cuando están expuestas a ciclos de luz-oscuridad, con períodos oscuros más cortos que su valor crítico (3). Por ésta razón, se ha sugerido denominar a las plantas de día corto, como de noche larga, y a las de día largo, como de noche corta, puesto que la duración del período oscuro es el principal factor determinante de la floración (18).

Las plantas neutrales son aquellas en las que la floración no es afectada por las duraciones relativas del día y la noche.

Usualmente las plantas tienen que alcanzar cierto tamaño o edad para florecer. Este tamaño puede ser cuantitativamente expresado como el número mínimo de hojas que deben tener las plantas antes de la iniciación floral (9).

Aunque no se tiene evidencia completa del mecanismo de la floración, es indudable que las plantas requieren para este proceso uno o

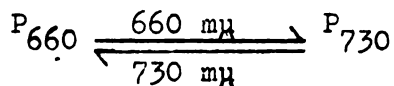
varios ciclos que comprenden un período de luz de alta intensidad, un período oscuro y un segundo período de luz de alta intensidad.

Durante el primer período de luz de alta intensidad, la planta elabora azúcares y otros productos fotosintéticos que son requeridos en el siguiente período oscuro (3).

Parece que en el período oscuro se elabora en las hojas de las plantas una sustancia que trasladada a las yemas estimula la floración (3) (9), a la que Cajlachjan, citado por Bonner (3) la denominó "florigen" y éste es el nombre con que hoy se la conoce.

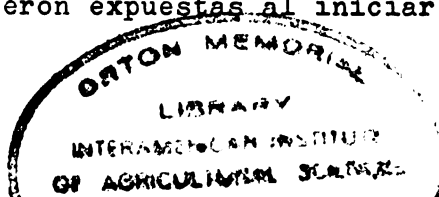
Aparentemente la síntesis de florigen es catalizada por la acción de un pigmento que existe en las hojas de la planta al que se denomina "fitocromo" o simplemente "P" (6).

Borthwick y Hendricks (6) afirman que el fitocromo es una proteína azul o verde azulada que existe en dos formas interconvertibles por la luz, según el siguiente esquema:



con 660 y 730 m μ de máxima absorción en las dos formas. Los mismos autores mencionan que la forma activa P₇₃₀ cambia en la oscuridad a la forma inactiva P₆₆₀ en el curso de algunas horas, y que en muchas plantas la reversión de P₇₃₀ a P₆₆₀ tiene una vida media de cerca de 2 horas, por lo que si la vida media es constante, la forma P₇₃₀ reducirá su actividad inicial a $(\frac{1}{2})^5$ o sea a 3.1%, después de 10 horas de oscuridad.

Un factor determinante de la floración de las plantas, es la longitud de onda a la que estuvieron expuestas al iniciar el período os-



curo. La luz roja con una longitud de onda de $\pm 660 \text{ m}\mu$ inhibe la floración, pero su efecto es revertido por la luz roja de una longitud de onda de $\pm 730 \text{ m}\mu$ (28).

En el segundo período de luz de alta intensidad, parece que la hormona se traslada de las hojas a las yemas, con el flujo de los productos fotosintéticos (9). Según Bonner (3) la respuesta fotoperiódica de las plantas es cualitativa, por el hecho de que las yemas toman la forma reproductiva o vegetativa según sea el estímulo, y es cuantitativa, por que el número de flores que produce una planta es una función lineal del número, mayor que uno, de ciclos de días cortos y noches largas en plantas de día corto, o de ciclos de días largos y noches cortas, en plantas de día largo, a los cuales las plantas han estado sujetas. Simultáneamente el número de yemas reproductivas, también es una función lineal del tiempo en el cual el alargamiento del período oscuro excede del valor crítico (en plantas de día corto).

El mismo autor deduce que aparentemente las sustancias que promueven la floración producidas en un período oscuro favorable, pueden ser acumuladas y sumadas a aquellas producidas en el siguiente período oscuro; así, el total del estímulo necesario para producir floración puede producirse durante pocas noches mucho más largas que el valor crítico, o durante una larga sucesión de períodos oscuros ligeramente mayores que el valor crítico.

La luz no solo afecta la floración, sino que también estimula o inhibe la formación de tubérculos y bulbos, la elongación de ramas, la latencia, etc.

La mayoría de los estudios se han realizado en plantas herbáceas de regiones templadas.

Kallio (21) trabajándo con papa (Solanum tuberosum, L.) determinó que días cortos producen plantas más bajas, reducen el número de tubérculos y aumentan el número de flores que se caen sin abrir, aunque los fotoperíodos cortos no afectan el número de yemas florales.

En plantas de fresa se ha determinado que el área foliar y la longitud de los pecíolos, incrementan con el alargamiento del fotoperíodo, lo que se debe, principalmente, a una mayor elongación celular que a un mayor número de células (17).

Blake (2) discute el fotoperiodismo en plantas de clavel e indica que en fotoperíodos de 8 horas producen retoños florales con un número significativamente menor de nudos que en fotoperíodos de 16 horas. El crecimiento radical y el largo de los entrenudos, estaban asociados con el incremento del fotoperíodo.

Cuatro variedades de hortensia (Hydrangea macrophylla) sometidas a varios fotoperíodos entre 8 y 24 horas, tuvieron una correlación directa entre la duración del fotoperíodo y el tamaño de las plantas, lo que principalmente se debió a una elongación de los entrenudos que a un mayor número de ellos (30).

La influencia de fotoperíodos de 16 horas en soja (Soja hispida) inoculada con un Rhizobium específico, se traduce en la formación de nódulos numerosos y pesados, mientras que en fotoperíodos de 8 horas, los nódulos son raros y muy pequeños (5).

También las plantas leñosas de las regiones templadas han sido bastante estudiadas.

Según Nitsch y Nitsch (22), plantas de Cornus florida y Rhus

typhina sometidas a días largos tienen un crecimiento continuo, mientras que en días cortos detienen completamente su crecimiento después de 2 semanas de tratamiento.

Hoyle (19) investigó el fotoperiodismo en dos variedades de manzano y dos de grosello negro, concluyendo que, bajo las condiciones experimentales, las dos variedades de manzano no respondieron a los tratamientos fotoperiódicos. Por otro lado, los grosellos fueron marcadamente sensibles; el crecimiento vegetativo y número de hojas fué mayor con el incremento de la duración del día y la correspondiente disminución del período oscuro. El crecimiento cesó progresivamente más pronto, conforme se redujo el fotoperíodo.

Piringer y Downs (26) en una variedad de manzano diferente a la estudiada por Hoyle (19) encontraron que se formaron tallos más largos bajo fotoperíodos de 16 horas que en tratamientos de 8, 12 y 14 horas. En duraznero de la variedad Elberta, usando los mismos tratamientos fotoperiódicos, los autores mencionados encontraron mayor incremento de la longitud del tallo en fotoperíodos de 12 horas.

La variación de la duración relativa del día pareciera tener muy poca influencia sobre el crecimiento vegetal en los trópicos, en donde la duración del día tiene menos variación que en las zonas templadas, sin embargo algunos estudios han revelado la marcada influencia que esas pequeñas variaciones del día tienen en el crecimiento y desarrollo vegetal.

Njoku (23) sembró mensualmente de mayo a octubre en Ibadan (7° 26' lat. N.) simultáneamente dos variedades de arroz, las que respondieron en forma similar a la variación natural del día en cuanto a germinación de las semillas y floración: las plantas correspondien-

tes a la siembra de octubre florecieron a menor tiempo. La duración relativa del día en Ibadan varía de 11 h. 40' en diciembre a 12 h. 33' en junio.

Fuller (15) estudió el fotoperiodismo en quinoa (Chenopodium quinoa, Wild.) y en amarantus (Amaranthus caudatus, L.), plantas de los Andes del Perú, Bolivia y otras zonas de América del Sur y determinó que los fotoperíodos cortos favorecen la aparición temprana de la inflorescencia y la apertura de las flores de quinoa. La producción de peso seco en esta misma especie, estuvo en relación directa con la duración del día, correspondiendo mayor peso a la iluminación continua. El amarantus es una planta de día corto con un período crítico de 8 horas. La producción de peso seco en esta especie es mayor en fotoperíodos de 12 a 14 horas. Las plantas que recibieron iluminación continua mostraron abscisión temprana de las hojas, clorosis general, hojas curvadas hacia abajo y crecimiento retardado de la raíz principal.

La investigación en las plantas leñosas tropicales es muy escasa, los principales trabajos son los realizados por Piringer y colaboradores en la Estación Experimental de Beltsville, Md. (U.S.A.).

Piringer, Downs y Borthwick (27) observaron el efecto de diferentes fotoperíodos en Rauvolfia vomitoria, Afzel., por un período de 39 semanas desde la germinación de las semillas, en el transcurso del cual las plantas no florecieron. El crecimiento estuvo afectado por la duración relativa del día: la longitud del tallo fué mayor en días más largos por que sus entrenudos fueron más largos. Los verticilos se formaron más o menos a la altura del décimo octavo nudo, formándose

más rápidamente en las plantas bajo fotoperíodos más largos. En fotoperíodos de 16 horas, las plantas formaron verticilos secundarios, mientras que en fotoperíodos de 8 horas, las plantas no ramificaron.

Franco (14) estudió el fotoperiodismo en café y sugirió que es una planta de día corto, puesto que bajo tales tratamientos el peso seco del follaje y las raíces fué menor que bajo días largos.

Piringer y Borthwick (24) sometieron plantas de café a fotoperíodos de 8, 10, 12, 13, 14 y 18 horas con un período básico de 8 horas de luz natural, y un tratamiento con la duración natural del día y la noche interrumpida con luz de las 11 p.m. a las 2 a.m. La variación natural de la duración del día en el transcurso del experimento fué de 3.9 horas, de los días más largos a los más cortos. Las yemas florales ocurrieron en fotoperíodos de 8 a 13 horas, mientras que cuando los fotoperíodos fueron de 14 horas o más, las plantas permanecieron en estado vegetativo, es decir que, el fotoperíodo crítico para el café es de 13 a 14 horas. La longitud de las ramas secundarias estuvo directamente relacionada con la duración relativa del día. Bajo el tratamiento de noche interrumpida, las plantas se comportaron igual que en fotoperíodos de 14 horas o más. La formación más temprana y prolífica de yemas florales pareció estar relacionada con los fotoperíodos más cortos. Aunque no fué posible mantener la humedad y temperatura deseadas, todos los tratamientos estuvieron en condiciones ambientales parecidas.

Piringer y Downs (25) estudiaron el fotoperiodismo en plantas de semilla de cacao del clon UF-667. Usaron tratamientos de 8, 12, 14, 16 y 24 horas diarias de luz incandescente, un tratamiento de 12 horas

de luz más una hora de luz en la media noche y un último tratamiento de 16 horas de luz fluorescente. En 18 meses de tratamiento las plantas no florecieron, pero si mostraron diferencias en crecimiento. Los tallos fueron más cortos en fotoperíodos de 8 y 24 horas de luz incandescente y 16 de luz fluorescente, y por el contrario, en los tratamientos de 16 y 12+1 horas de luz incandescente, los tallos fueron más largos. Esto estuvo en relación con el largo de los entrenudos, los que fueron más cortos en fotoperíodos de 8 horas y más largos en 16 horas de luz incandescente. En el tratamiento de 12+1 horas, el largo de los tallos estuvo determinado por el mayor número de entrenudos. Bajo tratamientos de 14, 16 y 12+1 horas de luz incandescente y 16 horas de luz fluorescente, todas las plantas formaron verticilo (horqueta), en cambio bajo fotoperíodos de 8, 12 y 24 horas, pocas plantas lo formaron. Las primeras plantas que formaron verticilo, fueron las sometidas a 16 horas de luz incandescente y las últimas en hacerlo las de iluminación continua. En todos los tratamientos las plantas formaron 5 ramas de "abanico" en la "horqueta", excepto en el de 8 horas en el que produjeron tres.

Calidad e intensidad de la luz.

Downs, Borthwick y Piringer (11) estudiaron las respuestas de varias especies herbáceas y leñosas de día corto, largo e intermedio, a la luz suplementaria producida por lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes. Dos variedades de soja: Biloxi y Agate; tomate variedad Marglobe: Arce rojo (Acer, rubrum, L.), pino Loblolly (Pinus taeda, L.) y pino Arizona (P. ponderosa, Laws, Var. Arizona (Engelm.) Shaw), produjeron plantas más altas cuando recibieron luz

suplementaria de filamento incandescente en comparación con luz fluorescente.

En plantas de cacao sometidas a fotoperíodos de igual duración, el crecimiento fué mayor bajo luz incandescente, que bajo luz fluorescente (25).

Bonner y Galston (4) informan que la intensidad de iluminación requerida para producir reacciones fotoperiódicas en cadillo (Xanthium pensylvanicum) es de un mínimo de 3.2 lux, que no es mucho mayor que la luz lunar o sea un diezmilésimo de la luz solar un milésimo de la luz necesaria para la fotosíntesis.

En sus experimentos en camote, Borthwick y Parker (7) usaron luz incandescente de + 20 bujías de intensidad y de 20 a 40 bujías para fresa.

Downs y Borthwick (10) en plantas leñosas usaron luz incandescente de + 30 bujías de intensidad a la altura del follaje. Pringer, Downs y Borthwick (27) en su trabajo con Rauvolfia vomitoria sometieron las plantas a luz incandescente de + 30 bujías de intensidad. Piringer y Borthwick (24) aplicaron a plantas de café luz incandescente de + 50 bujías a la altura del follaje. Piringer y Downs (25) usaron en cacao bombillos de 100 vatios, que dieron una intensidad de + 30 bujías al nivel del follaje al iniciar el experimento. Cuando las plantas crecieron la intensidad fue algo mayor.

MATERIALES Y METODOS

Se trató de continuar los trabajos de Piringer y Downs (25), para lo cual el 11 de mayo de 1960, se inició un trabajo en el que se usaron 25 plantas de semilla híbrida de cacao del cruce SCA-6xICS-1 de 15 meses de edad. Además se usaron 25 ramillas de "abanico" enraizadas del clon UF-613 de 12 meses de edad.

Se probaron los mismos tratamientos del experimento de Piringer y Downs (25), con excepción del de luz fluorescente y el de 24 horas de luz incandescente, que habían inducido en las plantas reacciones similares que el fotoperíodo de 8 horas, y el tratamiento de 14 horas que se comportó en forma bastante similar al fotoperíodo de 16 horas de luz incandescente. Se incluyó además un tratamiento de 20 horas, cuya duración del fotoperíodo era intermedio entre 16 y 24 horas y que no había sido estudiado.

Hasta el 5 de mayo de 1960, las plantas fueron mantenidas en bolsas plásticas de 15 cm. de diámetro por 18 cm. de profundidad, en esta última fecha, se las trasplantó a bolsas de plástico negro de 18 cm. de diámetro por 25 cm. de profundidad. El mayor volumen de las nuevas bolsas se completó con una mezcla uniforme de 3 partes de suelo y 1 parte de aserrín de madera.

Los tratamientos principales fueron los siguientes:

Trata- miento No	Horas de Luz Total	LUZ SUPLEMENTARIA					Horas de oscuridad Total
		Horas	de	a	de	a	
1	8	0	--	--	--	--	16
2	12	4	4 pm.	8 pm.	--	--	12
3	16	8	4 pm.	12 pm.	--	--	8
4	20	12	4 pm.	4 am.	--	--	4
5	12+1	4+1	4 pm.	8 pm.	1½ am.	2½ am.	5½+5½

Se usaron diez plantas por tratamiento, cinco provenientes de semilla y cinco de ramillas enraizadas.

Los tratamientos secundarios lo constituyeron los dos tipos de propagación mencionados.

En todos los tratamientos las plantas recibieron 8 horas de luz solar, de las 8 am. a las 4 pm., hora a partir de la cual, con excepción del tratamiento No. 1, recibieron luz suplementaria de bombillos de filamento incandescente que dieron una intensidad de + 30 bujías a la altura del follaje.

Para proveer a las plantas de los períodos oscuros y de luz suplementaria requeridos, se cubrieron las plantas de cada tratamiento principal con cámaras individuales de paredes desarmables, hechas de cartón y recubiertas con plástico negro opaco.

Las dimensiones de las cámaras fueron: 1.26 m. de largo, 0.96 m. de ancho y 1.66 m. de alto.

La circulación de aire de afuera hacia adentro de las cámaras y viceversa, se hizo a través de aberturas en la parte superior e inferior. Las aberturas fueron con doble pared, para así evitar la en-

trada de luz.

En el centro del techo, en el interior de cada cámara, se colocó un bombillo eléctrico marca OSRAM de 15 vatios, con excepción de la del tratamiento No. 1.

Los períodos de iluminación suplementaria en los diferentes fotoperíodos, se controlaron mediante interruptores de luz automáticos, operados por relojes eléctricos (Tork time switch, No. 919 SK).

Las cabinas se colocaron en una plataforma de madera elevada a 0.50 m. del suelo.

Mediante el uso de dos capas de malla plástica montadas en un bastidor de madera de 3.80 x 3.80 m. a una altura de 2.80 m., se permitió el paso de solamente el 50% de luz solar.

Cabrera (8), encontró que en Turrialba los árboles de cacao que recibieron 50% de luz, tuvieron mejor apariencia y el crecimiento fué más rápido que los que recibieron 10, 75 y 100% de luz.

Los costados del bastidor en una sección de 1.00 m. de ancho desde la parte superior, se cubrieron con 2 capas de la misma malla plástica, para evitar la entrada directa de los rayos solares oblicuos.

Debido a los síntomas de deficiencia nutricional que presentaron las plantas, manifestados por clorosis general de las hojas, el 26 de agosto se colocó una capa adicional de malla plástica, con lo que se redujo a + 40% la luz solar que llegó a las plantas. Además se hicieron cuatro aplicaciones de abono comercial de la siguiente fórmula: 18, 10, 15 y trazas de elementos menores, en las siguientes fechas y cantidades:

Agosto	31	0.25 g./planta
Setiembre	14	0.25 " "
Octubre	3	2.00 " "
Noviembre	2	2.50 " "

El abono se aplicó en solución con agua en la superficie del suelo de cada maceta.

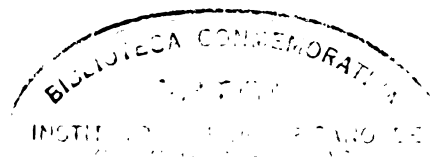
La humedad del suelo se trató de mantener a la capacidad de campo, dando tantos riegos como fueron necesarios.

En vista de que en algunos tratamientos las plantas habían crecido hasta muy cerca del techo de las cámaras, el 26 de noviembre se sustituyeron las cabinas por otras 0.30 m. más altas, y se aumentó a cinco el número de bombillos de 15 vatios, uno en cada esquina superior y uno en el centro superior en el interior de cada cámara.

Antes de iniciar el experimento, se tomó la temperatura en el interior de una de las cabinas con iluminación y otra sin ella ~~del 18 al~~ 25 de abril, cuando no habían sido colocadas las plantas, y posteriormente, del 2 al 9 de junio y del 6 al 13 de julio, con las plantas dentro de las cámaras. Estos datos se compararon con los registrados en la caseta meteorológica adyacente al edificio principal del Instituto en Turrialba, y se estableció que eran iguales.

Se llevaron registros quincenales de los diámetros, largo de las ramas, número de cajinetes florales, botones florales y flores en cada planta. Se anotó el número de entrenudos y se calculó el alargamiento promedio de los entrenudos.

Se llevaron notas del tipo y número de plantas que formaron verticilo, fecha a la que lo formaron y el número de ramas secundarias en



cada uno.

El diámetro se tomó en la rama principal, a cuatro centímetros arriba de la superficie del suelo, mediante un calibrador de tornillo marca ZEUS que midió centésimas de milímetro. Para el efecto se marcó alrededor de los tallos de las plantas con pintura de aceite, una línea a esa altura. Las medidas se tomaron siempre en la misma dirección, para lo cual se marcó un punto con pintura de diferente color a la misma altura que la anterior.

El crecimiento longitudinal se midió en todas las ramas que mostraron yemas activas en el transcurso del experimento. En las ramillas enraizadas, el número de yemas activas fue de 2 a 7, mientras que en las plantas de semilla fué solo una, hasta el momento en que formaron verticilo (horqueta); cuando las plantas presentaron éste tipo de crecimiento, el número de yemas activas fue de 3 a 5.

Se midió la longitud de las ramas en el momento de iniciar el experimento y posteriormente en períodos quincenales. Con este propósito se usó una cinta metálica graduada en milímetros.

En las plantas de semilla, se tomaron las medidas desde las marcas de pintura a cuatro centímetros arriba del suelo. Cuando formaron verticilo, la longitud de las nuevas ramas se midió desde su nacimiento en la rama que les dió origen.

En las ramillas enraizadas, las medidas se tomaron a partir del punto de su nacimiento.

Las comparaciones entre los tratamientos con respecto a esta variable de crecimiento, se hicieron a base de los incrementos totales para cada planta.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

FLORACION

El cuadro No. 1 muestra los datos de floración registrados desde mayo 11 a diciembre 27. Se observa que la floración se presentó esporádicamente en algunas plantas de ramilla. Por el reducido número de datos, no se hizo un análisis estadístico de ellos. El número total de flores es menor que el de botones florales, por que algunos se cayeron antes de abrir.

En el transcurso del experimento, las plantas de semilla no florecieron.

CUADRO No. 1.- Floración en plantas de ramilla desde mayo 11 a diciembre 27 de 1960.

Tratamientos	8 horas	12 horas	16 horas	20 horas	12+1 horas
No. plantas que florecieron	3	2	1	3	3
No. total de cojinetes florales	12	6	4	7	9
No. de botones	19	10	6	11	12
No. de flores	12	7	3	7	8

INCREMENTO DEL DIAMETRO

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los incrementos del diámetro de las plantas sometidas a los tratamientos fotoperiódicos (Cuadro No. 4); no obstante se observa que en el tratamiento de 20 horas, que corresponde al de máxima duración del día, el crecimiento promedio para los dos tipos de propagación, fué mayor que en los otros tratamientos. El fotoperíodo de 8 horas, que corresponde a la más corta duración del día, indujo el menor crecimiento (Cuadro No. 2). Estos valores promedios estuvieron influenciados principalmente por el comportamiento de las plantas de ramilla que crecieron más bajo el tratamiento de 20 horas y menos en el fotoperíodo de 8 horas.

Por el contrario, en las plantas de semilla, el mayor crecimiento se encontró bajo el tratamiento de 8 horas y el menor correspondió al de 12 horas, pero las diferencias fueron menores que en las ramillas enraizadas.

El fotoperíodo de 12+1 horas, indujo en las plantas de ramilla un incremento menor que el de 12 horas y mayor que el de 16 horas.

El crecimiento en las plantas de semilla bajo los tratamientos de 16, 20 y 12+1 horas, fue muy similar.

Se observa también (Cuadro No. 2) que el máximo crecimiento del diámetro de las plantas de ramilla (512.0) inducido por el tratamiento de 20 horas, fue menor que el mínimo crecimiento de las plantas de semilla (540.8) alcanzado en el tratamiento de 12 horas.

CUADRO No. 2.- Incrementos diamétricos en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R) desde mayo 11 hasta diciembre 27.

(Promedios de 5 plantas en centésimas de milímetro)

Tratamientos	8 horas		12 horas		16 horas		20 horas		12+1 horas	
Tipo de propagación	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Incrementos	650.2	348.2	540.8	481.8	592.2	430.0	583.8	512.0	598.0	455.0
Promedios	499.2		511.3		511.1		547.9		526.5	

El crecimiento total del diámetro de las plantas de semilla fue significativamente mayor que el de las ramillas enraizadas (Cuadro No. 4).

El cuadro No. 3 presenta los valores del crecimiento diamétrico quincenal. El crecimiento promedio para los dos tipos de propagación, alcanzó sus máximos en mayo 26 y noviembre 27 y el mínimo en setiembre 27, diferencias que fueron altamente significativas.

CUADRO No. 3.- Incrementos diamétricos quincenales en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R)

(Promedios de 25 plantas en centésimas de milímetro)

FECHAS		Tipo de Propagación		Promedio Promedio
		S	R	
Mayo	26	55.3	55.6	55.45
Junio	10	63.4	43.9	53.65
Junio	27	45.4	25.0	35.20
Julio	11	24.5	21.8	23.15
Julio	27	28.1	30.9	29.50
Agosto	11	29.8	35.2	32.50
Agosto	27	33.5	41.2	37.35
Setiembre	12	33.0	41.2	37.10
Setiembre	27	13.7	10.1	11.90
Octubre	12	17.9	18.0	17.95
Octubre	26	52.3	24.8	38.55
Noviembre	12	41.5	29.8	35.65
Noviembre	27	64.3	36.6	50.45
Diciembre	12	42.8	11.4	27.20
Diciembre	27	47.5	15.3	31.40
TOTAL		593.0	440.8	

CUADRO No. 4.- Análisis de variancia de los incrementos diamétricos quincenales en plantas de semilla y de ramillas enraizadas.

F. de V.	G.L.	S. C.	C. M.	F.
Horas de luz	4	936.7	234.18	0.66
Error (a)	20	7.066.6	353.33	
Tipo de propagación	1	18.154.8	18.154.80	30.69 **
Inter. T. prop. x luz	4	6.278.2	1.569.55	2.65
Error (b)	20	11.829.7	591.49	
Fechas	14	89.751.0	6.410.79	12.53 **
Inter. fechas x luz	56	64.498.5	1.151.76	2.25 **
Inter. fechas x T. prop.	14	42.273.6	3.016.97	5.89 **
Interacción Fechas x luz x T. prop.	56	28.435.5	507.78	0.99
Error (c)	560	286.627.3	511.83	
TOTAL	749	555.815.9		

** Excede del nivel de significancia del 0.01

CRECIMIENTO LONGITUDINAL DE LAS RAMAS

El crecimiento longitudinal de las ramas no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos fotoperiódicos (Cuadro No. 7). Sin embargo, se observa en el Cuadro No. 5 que los incrementos promedios para los dos tipos de crecimiento fueron cada vez mayores, conforme se aumentaron las horas diarias de luz, correspondiendo el mayor valor (63.70) a las plantas sometidas al fotoperíodo de 20 horas y el menor valor (45.58) a las del tratamiento de 8 horas. El promedio para el tratamiento del 12+1 horas, fue similar al de 12 horas.

Las plantas de semilla bajo el fotoperíodo de 20 horas, crecieron casi el doble que las del tratamiento de 8 horas; los tratamientos de 12 y 16 horas dieron valores similares. El tratamiento de 12+1 indujo un crecimiento menor que el de 12 horas pero mayor que el de 8.

Las ramillas enraizadas se comportaron en forma diferente, el crecimiento máximo lo alcanzaron bajo el tratamiento de 8 horas, pero sin ser mucho mayor que en el de 20 horas, en el cual presentaron el menor crecimiento. Los cinco tratamientos indujeron crecimientos muy similares en este tipo de plantas.

El crecimiento de las ramillas enraizadas fue significativamente mayor que el de las plantas de semilla (Cuadro Nos. 6 y 7).

Los incrementos quincenales del largo de las ramas presentados en el Cuadro No. 6, son estadísticamente diferentes (Cuadro No. 7). El crecimiento prácticamente cesó desde la segunda quincena de julio hasta setiembre 12; desde esta última fecha, los incrementos van siendo cada vez mayores, hasta alcanzar su máximo en diciembre 12.

CUADRO No. 5.- Crecimiento longitudinal de las ramas en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R) de mayo 11 a diciembre 27.

(Promedios de 5 plantas en centímetros)

Tratamientos	8 horas		12 horas		16 horas		20 horas		12+1 horas	
Tipo de propagación	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
Incrementos	29.30	61.86	42.20	52.50	43.30	60.50	69.70	57.70	35.70	59.95
Promedios	45.58		47.35		51.90		63.70		47.83	

CUADRO No. 6.- Incrementos quincenales del largo de las ramas en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R)

(Promedios de 25 plantas en centímetros)

Fechas	Tipo de propagación		Promedios
	S	R	
Mayo 26	0.92	1.74	1.33
Junio 10	0.68	10.94	5.81
Junio 27	0.24	11.68	5.96
Julio 11	0.14	1.84	0.99
Julio 27	0.10	0.04	0.07
Agosto 11	0.16	0.00	0.08
Agosto 27	0.10	0.00	0.05
Setiembre 12	0.78	0.10	0.44
Setiembre 27	2.42	3.65	3.04
Octubre 12	1.46	6.40	3.93
Octubre 26	3.82	1.98	2.90
Noviembre 12	8.72	6.38	7.55
Noviembre 27	7.08	6.48	6.78
Diciembre 12	12.52	4.10	8.31
Diciembre 27	4.90	3.08	3.99
TOTAL	44.04	58.41	

CUADRO No. 7.- Análisis de variancia de los incrementos quincenales del largo de las ramas en plantas de semilla y ramillas enraizadas.

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	F.
Horas de luz	4	144.07	36.02	1.92
Error (a)	20	374.31	18.72	
Tipo de propagación	1	172.13	172.13	6.03 *
Inter. T. Prop. x Luz	4	189.96	47.49	1.66
Error (b)	20	571.19	28.56	
Fechas	14	5.915.66	422.55	7.59 **
Inter. fechas x luz	56	1.883.28	33.63	0.60
Inter. fechas x T. prop.	14	4.197.33	299.81	5.38 **
Interacción Fechas x luz x T. prop.	56	3.730.84	66.62	1.20
Error (c)	560	31.188.71	55.69	
TOTALES	749	48.367.48		

* Excede el nivel de significancia del 0.05

** Excede el nivel de significancia del 0.01

NUMERO DE NUDOS

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de nudos entre los tratamientos fotoperiódicos (Cuadro No.9), pero se puede apreciar en el Cuadro No. 8, que el promedio para los dos tipos de propagación fue mayor en el tratamiento de 8 horas que en los demás tratamientos. El menor valor se encontró en las plantas bajo el fotoperíodo de 12 horas.

En las ramillas enraizadas, el tratamiento de 8 horas indujo la formación de casi el doble número de nudos que el de 12 horas. Los tratamientos de 16, 20 y 12+1, dieron valores similares pero mayores que el fotoperíodo de 12 horas y menores que el de 8 horas.

En las plantas de semilla las diferencias entre los tratamientos fueron menores. El mayor número de nudos los presentaron las plantas bajo el fotoperíodo de 16 horas y el menor valor en el de 12+1 horas.

Las ramillas enraizadas formaron significativamente mayor número de nudos que las plantas de semilla (Cuadros Nos. 8 y 9).

CUADRO No. 8. - Número de nudos formados en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R) desde mayo 11 hasta diciembre 27.

(Promedios de 5 plantas)

Tratamientos	8 horas		12 horas		16 horas		20 horas		12+1 horas	
Tipo de propagación	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
No. de nudos	23.0	44.2	23.8	23.4	26.2	34.0	25.2	28.0	20.2	31.6
Promedios	33.6		23.6		30.1		26.6		25.9	
Promedios para:	Plantas de semilla: 23.68					Ramillas: 32.24				

CUADRO No. 9.- Análisis de variancia del número de nudos formados en plantas de semilla y ramillas enraizadas.

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	F.
Horas de Luz	4	614.9	153.73	1.18
Error (a)	20	2.606.0	130.80	
Tipo de propagación	1	915.9	915.90	19.77**
Inter. luz x T. prop.	4	704.7	176.18	3.80*
Error (b)	20	926.4	46.32	
TOTAL	49	5.767.9		

* Excede el nivel de significancia del 0.05
 ** Excede el nivel de significancia del 0.01

LONGITUD DE LOS ENTRENUDOS

Se encontraron diferencias altamente significativas en la longitud de los entrenudos entre los tratamientos fotoperiódicos (Cuadros Nos. 10 y 11).

Bajo el fotoperíodo de 8 horas, que es el de más corta duración del día, los entrenudos fueron significativamente más cortos, al nivel de significancia del 0.01 (Cuadro No. 12). Los demás tratamientos, no fueron significativamente diferentes a este mismo nivel. No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de 8, 12, 16 y 12+1 horas de luz (Cuadro No. 12).

La diferencia entre la longitud de los entrenudos en los dos tipos de propagación, no fue estadísticamente significativa.

CUADRO No. 10. Longitud de los entrenudos en plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R).

(Promedios de 5 plantas en centímetros)

Tratamientos	8 horas		12 horas		16 horas		20 horas		12+1 horas	
	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
No. de nudos	1.28	1.43	1.73	2.25	1.61	1.88	2.73	1.99	1.76	1.87
Promedios	1.36		1.99		1.75		2.36		1.82	

Promedios para: Plantas de semilla: 1.82 Ramillas: 1.88

CUADRO No. 11. Análisis de variancia del largo de los entrenudos en plantas de semilla y ramillas enraizadas.

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	F.
Horas de luz	4	5.36	1.340	10.72 **
Error (a)	20	2.49	0.125	
Tipo de propagación	1	0.05	0.050	0.25
Inter. luz x T. prop.	4	2.25	0.563	2.84
Error (b)	20	3.96	0.198	
TOTAL	49	14.11		

** Excede el nivel de significancia del 0.01.

Para la comparación estadística entre los promedios de los tratamientos, se usó la prueba de intervalo múltiple de Duncan (12).

CUADRO No. 12. Prueba de intervalo múltiple de Duncan al nivel de significancia del 0.01, para el largo de los entrenudos.

Intervalo	0.635	0.667	0.684	0.695	
Promedios:	1.354	<u>1.746</u>	1.816	1.991	2.358
Horas de luz	8	16	12+1	12	20

FORMACION DE VERTICILO

En el Cuadro No. 13 se presenta el número de plantas de semilla que formaron verticilo (horqueta). La primera planta que presentó este tipo de crecimiento, corresponde al tratamiento de 20 horas de luz. Bajo los tratamientos de 16 y 12+1 horas, las plantas no rami-
ficaron.

CUADRO No. 13.- Formación de verticilo (horqueta) en plantas de semilla.

Tratamientos	8 horas	12 horas	16 horas	20 horas	12+1 hrs.
No. de plantas que formaron horquetas	1	3	0	2	0
Fecha de aparición de la horqueta	Dic. 12	Nov. 27 Dic. 27 Dic. 27	---	Oct. 24 Dic. 12	---

CORRELACIONES

Con el propósito de conocer el grado de dependencia entre las diferentes variables de crecimiento, los datos fueron estadísticamente correlacionados entre sí. Además se estudió la correlación existente entre la temperatura ambiente y el crecimiento diamétrico y crecimiento longitudinal de las ramas.

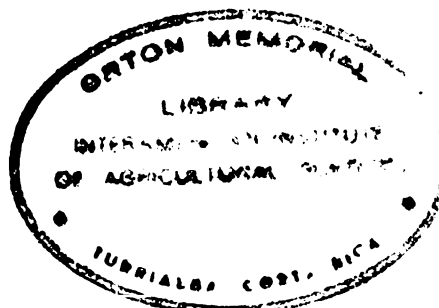
Los datos de temperatura que se usaron en las correlaciones, fueron los promedios quincenales de los mismos períodos del experimento, calculados en base de la temperatura registrada en la caseta meteorológica del Instituto (Cuadro No. 14).

El Cuadro No. 15 representa los coeficientes de correlación simple entre las diversas variables de crecimiento.

CUADRO No. 14.- Temperatura media quincenal en °C.

F E C H A S				Temperatura ^x
Desde		Hasta		
Mayo	11	Mayo	26	23.17
Mayo	27	Junio	10	24.36
Junio	11	Junio	27	23.38
Junio	28	Julio	11	22.58
Julio	12	Julio	27	22.90
Julio	28	Agosto	11	23.10
Agosto	12	Agosto	27	23.50
Agosto	28	Setiembre	12	22.88
Setiembre	13	Setiembre	27	22.96
Setiembre	28	Octubre	12	23.16
Octubre	13	Octubre	26	22.68
Octubre	27	Noviembre	12	22.51
Noviembre	13	Noviembre	27	22.81
Noviembre	28	Diciembre	12	21.66
Diciembre	13	Diciembre	27	21.09

^x Tomada en la caseta meteorológica del Instituto (Turrialba)



CUADRO No. 15.- Coeficientes de correlación (r) entre variables de crecimiento para plantas de semilla (S) y ramillas enraizadas (R).

VARIABLES	S	R	G. L.
Longitud de ramas vs. Diámetro	-0.793 ^{**}	-0.337	24
Longitud de ramas vs. No. de nudos	+0.766 ^{**}	+0.618 ^{**}	24
Longitud de ramas vs. Long. entrenudos	+0.731 ^{**}	+0.113	24
Longitud de ramas vs. Temperatura ^{1/}	-0.272 ^{**}	+0.121 [*]	374
Diámetro vs. Temperatura ^{1/}	+0.008	+0.297 ^{**}	374

* Excede el nivel de significancia del 0.05

** Excede el nivel de significancia del 0.01

^{1/}En vista del elevado número de datos que sirvió para el cálculo de esta correlación, se usó un método simplificado propuesto por Esekial (13).

Se observa en las plantas de semilla que la longitud de las ramas tiene una correlación inversa altamente significativa con el diámetro. En las ramillas enraizadas, el coeficiente de correlación entre estas dos variables es menor, no alcanzando significancia estadística.

La longitud de las ramas en los dos tipos de plantas estuvo correlacionada positivamente con el número de nudos, con coeficientes de correlación altamente significativos.

La influencia de la longitud de los entrenudos en la longitud de las ramas, fue mayor en las plantas de semilla que en las ramillas enraizadas. El coeficiente de correlación en las primeras es altamente significativo. La temperatura influye positivamente en el cre-

cimiento longitudinal de las ramas, siendo el coeficiente de correlación mayor en las plantas de semilla que en las ramillas enraizadas.

En el diámetro de las plantas de ramilla estuvo influenciado positivamente por la temperatura; el coeficiente de correlación es altamente significativo. En las plantas de semilla, no se encontró correlación.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este experimento, se deduce que aparentemente los tratamientos fotoperiódicos no influyeron en la floración de las ramillas de "abanico" enraizadas del clon experimentado, por que en las plantas de todos los tratamientos, las flores se formaron esporádicamente.

Esta conclusión no se podría generalizar, ya que por observación personal del autor en Pichilingue, Ecuador, (1° 10' lat.S.), se conoce que existe variabilidad en cuanto a la época del año para la floración de diferentes clones de cacao, igual que en árboles de semilla. Lo mismo ha encontrado Soria (29) en Turrialba, Costa Rica, en material clonal.

Algunas plantas de ramilla no florecieron, probablemente por que no habían completado la "fase juvenil" que según Doorenbos y Wellensiek (9), es necesario para la iniciación floral. Es posible que por la misma razón las plantas de semilla no florecieron.

Indistintamente en todos los tratamientos fotoperiódicos, se cayeron algunos botones florales sin abrir, lo que indica que este fenómeno no estuvo influenciado por el fotoperíodo.

Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos fotoperiódicos, aparentemente el incremento del diámetro y el crecimiento longitudinal de las ramas, fueron afectados por el fotoperíodo, como se puede deducir de los datos de los cuadros Nos. 2 y 5.

Se observa que las diferencias de los crecimientos del diámetro entre los tratamientos fotoperiódicos, son más notables en las rami-

llas enraizadas que en las plantas de semilla.

El tratamiento de 8 horas de luz, indujo en las plantas de de semilla un incremento 11% mayor que el fotoperíodo de 8 horas, en tanto que las ramillas enraizadas bajo el tratamiento de 20 horas, presentaron un incremento del diámetro, 47% mayor que en el fotoperíodo de 8 horas.

El crecimiento longitudinal de las ramas en las plantas de semilla bajo el tratamiento de 20 horas, fue de 69.70 cm. o sea un poco más del doble del obtenido en el fotoperíodo de 8 horas que fue de 29.30 cm., es decir que la más larga duración del día, indujo los mayores crecimientos y viceversa, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Piringer y Downs (25) en plantas de semilla de cacao.

En las ramillas enraizadas, por el contrario, el tratamiento de 8 horas indujo el máximo crecimiento de las ramas, en tanto que en el fotoperíodo de 20 horas, las plantas presentaron un crecimiento muy cerca del mínimo.

Las respuestas contradictorias de los dos tipos de plantas en estas dos variables de crecimiento al fotoperíodo, podría deberse al hecho de que, el crecimiento de las ramas en las plantas de semilla, hasta el momento de formar verticilo (horqueta) se realiza solo a partir de una yema terminal mientras que en las ramillas enraizadas el crecimiento se produce en más de una yema, y además, por que la actividad cambial está en relación inversa con el crecimiento longitudinal de las ramas. El coeficiente de correlación entre el incremento del diámetro y el crecimiento de las ramas, fue de $r = - 0.793$ para las plantas de ramilla, valor que fue altamente significativo, lo que confirma los resultados obtenidos por Alvim (1), pero está

en desacuerdo con los obtenidos por Humphries (20), quien encontró que la actividad cambial es simultánea con la brotación foliar en árboles de cacao. En las ramillas enraizadas, la correlación no alcanzó significancia.

El mayor valor para el crecimiento promedio del diámetro para los dos tipos de propagación, se encontró en el tratamiento de 20 horas y el menor valor en el fotoperíodo de 8 horas, confirmando lo propuesto por Alvim (1), quien sugirió que la duración del día influye positivamente en el crecimiento radial del árbol de cacao.

Estos valores promedios están influenciados principalmente, por el comportamiento de las ramillas enraizadas, en las que las diferencias entre los incrementos del diámetro bajo los diferentes fotoperíodos, fueron mayores que en las plantas de semilla. El efecto de interrumpir la noche con 1 hora de luz, fué similar al de un día largo, induciendo en las plantas un crecimiento promedio entre los tratamientos de 16 y 20 horas.

Los valores promedios del crecimiento longitudinal de las ramas para los dos tipos de propagación, son cada vez mayores conforme aumenta la duración del día de 8 a 20 horas; el tratamiento de 12+1 se comportó como el fotoperíodo de 12 horas.

El incremento del diámetro fué significativamente mayor en las plantas de semilla que en las ramillas enraizadas, y a su vez, la longitud de las ramas, fué significativamente mayor en las ramillas enraizadas que en las plantas de semilla, lo que confirma una vez más los resultados obtenidos por Alvim (1).

Aparentemente la intensidad de luz solar que recibieron las plantas desde el inicio del experimento hasta el 26 de agosto, fue mayor

que la requerida, por lo que el incremento del diámetro y el crecimiento longitudinal de las ramas fueron cada vez menores hasta más o menos un mes después de la fecha indicada, razón ésta por la que posiblemente, el efecto de los tratamientos fotoperiódicos no se manifestó, ya que el crecimiento de las plantas se paralizó prácticamente. Desde octubre los crecimientos fueron incrementando, aparentemente influenciados también por la aplicación de fertilizantes.

Se puede considerar que el estudio de la longitud de los entrenudos de las plantas del presente experimento, nos da una idea más clara de la influencia de los tratamientos fotoperiódicos, considerando que este es un valor que no está influenciado por los hábitos diferentes de crecimiento de los dos tipos de plantas. El promedio de la longitud de los entrenudos, es una medida de crecimiento que afecta por igual a los dos tipos de propagación.

Los entrenudos fueron significativamente más largos, en las plantas bajo el tratamiento de 20 horas y significativamente más cortos, en el fotoperíodo de 8 horas.

En los dos tipos de plantas, la longitud de las ramas estuvo influenciada por el número de nudos, con coeficientes de correlación altamente significativos. A su vez, la longitud de las ramas en las plantas de semilla, estuvo significativamente correlacionada con la longitud de los entrenudos, pero en las ramillas enraizadas, la influencia fue despreciable.

La longitud de los entrenudos, en promedio para los dos tipos de propagación, determinó la longitud de las ramas en las plantas bajo los tratamientos de 8, 12+1 y 20 horas. En el fotoperíodo de

8 horas, las ramas fueron más cortas, por que los entrenudos fueron más cortos, y lo contrario para el tratamiento de 20 horas. Bajo el fotoperíodo de 12+1 horas, los valores fueron intermedios entre 8 y 20.

La temperatura influyó positivamente en el incremento del diámetro de las ramillas enraizadas. Los mismos resultados encontró Alvim (1) en plantas adultas en condiciones de campo. En plantas de semilla no se encontró la misma correlación.

El crecimiento longitudinal de las ramas en las plantas de semilla, estuvo influenciado negativamente por la temperatura, mientras que en las ramillas enraizadas, la correlación fue positiva.

Estas respuestas contradictorias en los dos tipos de crecimiento, probablemente se deben a las diferencias de hábitos de crecimiento de los dos tipos de propagación, referido anteriormente. Se supone que en observaciones futuras, cuando las plantas de semilla hayan formado verticilo (horqueta), las correlaciones del diámetro con la temperatura en éste tipo de plantas, sea igual que en las ramillas enraizadas.

No se puede determinar la influencia del fotoperíodo en la formación de verticilo en las plantas de semilla, puesto que pocas plantas llegaron a formarlo.

Por experiencia personal se conoce que las plantas de cacao requieren de cierta edad o tamaño para formar verticilo, el que varía entre 1 y 2 años, de acuerdo a la constitución genética y a los factores ambientales.

La variabilidad genética de las plantas de semilla de este experimento, podría explicar el hecho de que muchas plantas no formaron verticilo.

Considerando que las plantas bajo experimentación fueron aún muy jóvenes para florecer dentro del período de ensayo, se recomienda continuar el experimento hasta la floración de las plantas de semilla, tiempo en el cual las ramillas enraizadas, podrían dar una respuesta definida al fotoperíodo.

Es necesario además, determinar el comportamiento de las plantas de semilla cuando todas hayan formado verticilo, lo que posiblemente explicará mejor el comportamiento contradictorio que se ha encontrado entre los dos tipos de propagación.

Sería conveniente, al proyectar un nuevo ensayo, aumentar el número de plantas puesto que se considera que por el reducido número de plantas utilizadas en el presente experimento, no ha sido posible obtener pruebas más concluyentes del efecto de los tratamientos fotoperiódicos.

Se recomienda también, establecer experimentos comparativos entre diferentes clones, para darle más amplitud a los resultados, puesto que, por la amplia variabilidad genética del cacao, se presume que las respuestas al fotoperíodo serán diferentes.

R E S U M E N

Con el propósito de determinar la influencia del fotoperíodo en el crecimiento y desarrollo del cacao, se sometieron plantas de semillas de 15 meses de edad y ramillas enraizadas de 12 meses de edad a 5 tratamientos fotoperiódicos.

El diseño experimental usado fue de bloques al azar con parcelas divididas.

Los tratamientos principales fueron fotoperíodos de 8, 12, 16 y 20 horas de luz continua y un tratamiento de 12 horas de luz continua más una hora de luz a la media noche. Los dos tipos de propagación actuaron como sub-parcelas.

Las plantas recibieron 8 horas de luz natural. La luz suplementaria se suministró de bombillos de filamento incandescente que dieron una intensidad de + 30 bujías a la altura del follaje.

La floración fue esporádica en las plantas de ramilla en todos los tratamientos. Por la escasez de datos, no se los analizó estadísticamente. Las plantas de semillas no florecieron.

Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos fotoperiódicos, tanto el crecimiento del diámetro del tallo, como el crecimiento longitudinal de las ramas, aparentemente están afectados por este factor.

Las medidas promedias del diámetro para los dos tipos de plantas, fue mayor bajo fotoperíodos de 20 horas y menor en el tratamiento de 8 horas. Las plantas respondieron al tratamiento de 12+1 horas, como si se tratara de un día largo.

La longitud promedio de las ramas aumentó conforme aumentó el

fotoperíodo de 8 a 20 horas diarias de luz. El tratamiento de 12+1 horas, indujo un crecimiento similar que el fotoperíodo de 12 horas.

La longitud de los entrenudos determinó la longitud promedio de las ramas, la que estuvo en relación con la longitud del día. El tratamiento de 20 horas indujo a la formación, en promedio, de entrenudos más largos, y a su vez, el tratamiento de 8 horas, los más cortos entrenudos.

El crecimiento del diámetro de las ramillas enraizadas tuvo una correlación directa significativa con los promedios de temperatura ambiental.

Se encontró una correlación inversa significativa entre el crecimiento de las ramas en plantas de semilla y los promedios de temperatura. Las plantas de ramilla crecieron en forma directamente proporcional a la temperatura.

El largo de las ramas de las plantas de semilla tuvo correlación inversa significativa con el diámetro.

Pocas plantas formaron horqueta, por lo que no se puede determinar la influencia del fotoperíodo en la formación de verticilo.

S U M M A R Y

For the purpose of determining the influence of the photoperiod on the growth and development of cacao, 15 month old seedlings and 12 month old rooted cuttings were submitted to 5 photoperiodic treatments.

The experimental design used was split plot randomized blocks.

The main treatments were photoperiods of 8, 12, 16 and 20 hours of continuous light and one treatment of 12 hours of continuous light plus one hour of light at midnight. The two types of propagation acted as subplots.

The plants received 8 hours of natural light. Supplementary light was supplied by incandescent bulbs giving an intensity of ± 30 foot candles at foliage height.

Flowering was sporadic for rooted cuttings in all treatments. The data obtained were insufficient to be analyzed statistically. Seedlings did not flower.

Although no statistically significant differences were found between photoperiodic treatments, both diametral growth of the main stem and longitudinal branch growth seemed to be affected by this factor.

The average diameter of the stem for both types of plants was greater at photoperiods of 20 hours and lower under the 8-hour treatment. The response to the 12+1 hour treatment was the same as if it was obtained with long day treatments.

Average branch length increased as the photoperiod increased from 3 to 20 daily hours of light. No effect was observed in the 12+1 hour treatment as compared with the 12 - hour photoperiod.

The length of the internodes determined the average length of the branches and this appeared to be related to day length. The longest internodes were observed in the 20 hour treatment, whereas the 8 hour treatment produced the shortest ones.

Diametral growth of the rooted cuttings showed a significant direct correlation with average environmental temperature.

A significant inverse correlation was found between branch growth of seedlings and average temperature. The growth of cuttings was directly proportional to temperature.

Branch length of seedlings showed a significant inverse correlation with diameter of the main stem.

Since a few plants only herqueted, the influence of the photoperiod on the verticil formation could not be determined.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P. de T. Estudos sobre o crescimento do tronco do cacauero. En. Conferencia Interamericana de Cacao, 6a, Salvador, Bahía, Brasil, 1956. Bahía, Brasil, Instituto de Cacao da Bahía, 1957. pp. 83-87.
2. BLAKE, Jennet. Photoperiodism in the perpetual flowering carnation. En. International Horticultural Congress 14th, The Hague-Scheveningen, 29 August - 6 September 1955. Wageningen, Netherlands, H. Veenman & Zonen, 1956. Vol. 1. pp. 331-336.
3. BONNER, J. The photoperiodic process. En. Withrow, Robert B. (ed) Photoperiodism and related phenomena in plants and animals. Washington, D. C. American Association for the Advancement of Science. 1959. pp. 245-254.
4. _____ y GALSTON, A. W. Principios de fisiología vegetal. Fisiología de la reproducción. Trad. del inglés. Madrid, Aguilar. 1959. pp. 374-407.
5. BONNIER, Ch. and SIRONVAL, C. Influence of day-light on nodule formation in Soja hispida by a specific Rhizobium strain. Nature. 177(4498):93-94. 1956.
6. BORTHWICK, H. A. and HENDRICKS, S. B. Photoperiodism in plants. Science. 132(3435):1223-1228. 1960.
7. _____ and PARKER, M. W. Light in relation to flowering and vegetative development. En. International Horticultural Congress 13th, London 8-15 September 1952. Report, London, Royal Horticultural Society, 1953. Vol. 2 pp. 801-810.
8. CABRERA VILLA, L. Efectos de la sombra sobre la concentración de estomas en Theobroma cacao L. Tesis M. A. sin publicar. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1949. 39 p. (mecanografiado).
9. DOORENBOS, J. and WELLENSIEK, S. J. Photoperiodic control of floral induction. Annual Review of Plant Physiology. 10:147-184. 1959.
10. DOWNS, R. J. and BORTHWICK, H. A. Effects of photoperiod on growth of trees. Botanical Gazette. 117(4):310-326. 1956.
11. DOWNS, R. J., BORTHWICK, H. A. and PIRINGER, A. A. Comparison of incandescent and fluorescent lamps for lethening photoperiods. American Society for Horticultural Science. Proceedings. Vol. 71. 1958. pp. 568-578.

12. DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11(1):1-42. 1955.
13. ESEKIEL, M. Methods of correlation analysis. Appendix 1. Wiley, John & Sons, Inc. (ed) New York. 1930. pp. 353-369.
14. FRANCO, C. M. Fotoperiodismo em cafeiro (*C. arabica* L.) Sao Paulo, Instituto de Café, *Revista* 15(164):1586-1592. 1940.
15. FULLER, H. J. Photoperiodic responses of *Chenopodium quinoa* Wid. and *Amaranthus caudatus* L. *American Journal of Botany*. 36(2):175-180. 1949.
16. GARNER, W. W. and ALLARD, H. A. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. *Journal of Agricultural Research*. 8(11):553-606. 1920.
17. GOSSELINK, J. G. The effect of photoperiod and light quality on the vegetative and reproductive growth of strawberry. *Dissertation Abstracts*. 20(4):1119. 1959.
18. HAMNER, K. C. and BONNER, J. Photoperiodism in relation to hormones as factors in floral initiation and development. *Botanical Gazette*. 100(2):388-431. 1938.
19. HOYLE, Delphine A. Preliminary studies on the growth of fruits plants in relation to photoperiod. *En. International Horticultural Congress 14th, The Hague-Scheveningen*. 29 August - 6 September 1955. Wageningen, Netherlands, H. Veenman & Zonen, 1956. Vol. 1. pp. 342-350.
20. HUMPHRIES, E. C. Dormancy of cacao buds. III. The relationship between bud-bursting and growth of the whole tree. Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad). Annual Report on Cacao Research. 11:37-38 (1941-1944) 1944.
21. KALLIO, A. A study of the effects of the photoperiod on the growth and development of the potato (*Solanum tuberosum* L.) at Fairbanks, Alaska. *Dissertation Abstracts*. 20(4):1119-1120. 1959.
22. NITSCH, J. P. and NITSCH, Colette. Photoperiodic effects in woody plants: evidence for the interplay of growth-regulating substances. *En. Withrow, Robert B. (ed.) Photoperiodism and related phenomena in plants and animals*. Washington, D. C. American Association for the Advancement of Science, 1959. pp. 225-242.
23. NJOKU, E. Response of rice to small differences in length of day. *Nature*. 183(4675): 1598-1599. 1959

24. PIRINGER, A. A. and BORTHWICK, H. A. Photoperiodic responses of coffee. *Turrialba* 5(3):72-77. 1955.
25. _____ and DOWNS, R. J. Effects of photoperiod and kind of supplemental light on the growth of *Theobroma cacao*. En. Conferencia Interamericana de Cacao, 8a, Trinidad, (B.W.I.), 1960. Doc. 14, 10 p. (mimiografiado).
26. _____, _____ Responses of apple and peach trees to various photoperiods. *American Society for Horticultural Science. Proceedings.* 73:9-15. 1959.
27. _____, _____ and BORTHWICK, H. A. Effects of photoperiods on *Rauvolfia*. *American Journal of Botany.* 45(4):323-326. 1958.
28. SALISBURY, F. B. The flowering process. *Scientific American.* 198(4):108-117. 1958.
29. SORIA, J. Comunicación personal. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961.
30. STUART, W., PIRINGER, A. A. and BORTHWICK, H. A. Photoperiodic responses of hydrangeas. En. International Horticultural Congress 14th, The Hague-Scheveningen. 29 August - 6 September 1955. Wageningen, Netherlands, H. Veenman & Zonen, 1956. Vol. 1. pp. 331-336.