

La influencia de la intensidad de
luz en la eficiencia asimilatoria
y el crecimiento del cafeto

I.I.C.A.
Tesis

1507 2-17-54

**LA INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LUZ
EN LA EFICIENCIA ASIMILATORIA Y EL CRECIMIENTO
DEL CAFETO**

Por
Armando Huerta Salanova

8881

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

Turrialba, Costa Rica

Abril de 1954

LA INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LUE
EN LA EFICIENCIA ASIMILATORIA Y EL CRECIMIENTO
DEL CAFFEO

Por
Alfredo Huerta Salasova



Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas
Turrialba, Costa Rica
Abril de 1954

LA INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LUZ
EN LA EFICIENCIA ASIMILATORIA Y EL CRECIMIENTO
DEL CAFETO

Tesis

Somtida al Consejo de Estudios Graduados
como requisito parcial para optar al grado
de

Magistri Agriculturae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

Aprobado:

H.C. Thompson Consejero

Ingeniero Comité

Fredrick L. Weilmann Comité

Abril de 1954

esta vez

Dedicatoria

A Javier, mi hermano.

esta

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar al Doctor Paulo de Tarso Alvim, su Consejero principal, sus sinceros agradecimientos por haberlo guiado en la realización de este trabajo.

A los miembros de su Comité Consejero: Drs. H. C. Thompson y F. L. Wellman, por sus sugerencias.

Al Dr. Jorge León, por la revisión del manuscrito.

Al Ingeniero Agrónomo Carlos Madrid, Director de la Zona Andina del Programa de Cooperación Técnica del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, por la oportunidad que le brindó de realizar estudios post-graduados en Turrialba.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar al Doctor Paulo de Tarso Alvim, su Consejero principal, sus sinceras agradecimientos por haberlo guiado en la realización de este trabajo.

A los miembros de su Comité Consejero: Drs.

H. C. Thompson y R. L. Wellman, por sus sugerencias.

Al Dr. Jorge León, por la revisión del manuscrito.

Al Ingeniero Agrónomo Carlos Madrid, Director de la Zona Andina del Programa de Cooperación Técnica del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, por la oportunidad que le brindó de realizar estudios post-graduados en Turrialba.

BIOGRAFIA DEL AUTOR

Armando Huerta Salanova nació en la ciudad de Sucre, Bolivia, en el año 1928.

Realizó sus estudios primarios y secundarios en su ciudad natal, obteniendo en 1946 el título de Bachiller.

De 1946 a 1952 estudió en la Universidad Nacional del Litoral, República Argentina, en la Facultad de Agricultura, Ganadería e Industrias de Corrientes, graduándose de Ingeniero Agrónomo en Marzo de 1952.

Trabajó en Santa Cruz, Bolivia, con el Servicio Agrícola Interamericano.

Fué becado por el Programa de Cooperación Técnica del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, para realizar estudios post-graduados en Turrialba.

Sus estudios y trabajos en este Instituto los realizó de Diciembre de 1952 a Abril de 1954.-

BIOGRAFIA DEL AUTOR

Armando Huerta Salanova nació en la ciudad de Sucre, Bolivia, en el año 1928. Realizó sus estudios primarios y secundarios en su ciudad natal, obteniendo en 1946 el título de Bachiller. De 1946 a 1952 estudió en la Universidad Nacional del Litoral, República Argentina, en la Facultad de Agricultura, Ganadería e Industrias de Corrientes, graduándose de Ingeniero Agrónomo en Marzo de 1952. Trabajó en Santa Cruz, Bolivia, con el Servicio Agrícola Interamericano. Fue becado por el Programa de Cooperación Técnica del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, para realizar estudios post-graduados en Uruguay. Sus estudios y trabajos en este Instituto los realizó de Diciembre de 1952 a Abril de 1954.

TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos	1
Biografía del autor	11
Tabla de Contenido	111
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
MATERIALES Y METODOS	10
Efecto de la Intensidad de Luz en la Rata de Asimilación Neta	21
Efecto de la Intensidad de Luz en la Rata de Crecimiento Relativo	22
Efecto de la Intensidad de Luz en la Rata de Area Foliar	27
Efecto de la Intensidad de Luz en el Peso Seco ..	36
Efecto de la Intensidad de Luz en el Area de la Hoja	37
Efecto de la Intensidad de Luz en el Número de Hojas	37
Efecto de la Intensidad de Luz en la Rata Parte Aerea/Sistema radicular	42
Efecto de la Intensidad de Luz en el Numero de Estomas	46
DISCUSION	52
CONCLUSIONES	57
RESUMEN	59
SUMMARY	61
LITERATURA CITADA	63

TABLA DE CONTENIDO

i	.....	Agradecimientos
ii	.....	Bioografía del autor
iii	.....	Tabla de Contenido
1	.....	INTRODUCCION
2	.....	DEFINICION DE LIBRERIA
10	.....	MATERIALES Y METODOS
21	.....	Efecto de la intensidad de luz en la tasa de Asimilación Neta
22	.....	Efecto de la intensidad de luz en la tasa de crecimiento relativo
27	.....	Efecto de la intensidad de luz en la tasa de Área Hoja
30	.....	Efecto de la intensidad de luz en el peso seco
37	.....	Efecto de la intensidad de luz en el Área de la Hoja
37	.....	Efecto de la intensidad de luz en el número de hojas
42	.....	Efecto de la intensidad de luz en la Tasa Parte Verde del sistema radicular
46	.....	Efecto de la intensidad de luz en el Número de raíces
52	.....	DISCUSION
57	.....	CONCLUSIONES
59	.....	RESUMEN
61	.....	BIBLIOGRAFIA
63	.....	LIBRERIA CIENAGA

**LA INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LUZ
EN LA EFICIENCIA ASIMILATORIA Y EL CRECIMIENTO
DEL CAFETO**

INTRODUCCION

El cultivo del cafeto bajo sombra, está basado casi enteramente en resultados empíricos, mas bien que en estudios científicos.

El hecho de que la planta de café en su ambiente natural crece a la sombra, es interpretado como que es ta planta necesita sombra para un mejor crecimiento. No se han hecho estudios cuidadosos para demostrar esta necesidad o explicar porqué el cafeto no puede crecer en buenas condiciones a pleno sol. Además, es importante conocer la cantidad de luz óptima para un mejor crecimiento en la región de Turrialba.

El presente ensayo, además de estudiar el crecimiento del cafeto a varias intensidades de luz, es un intento para determinar si la planta debe considerarse como de "sol o de sombra", según sus reacciones fisiológicas ante la luz, tomando como bases:

- a) La determinación de la intensidad óptima de luz para la realización de la fotosíntesis.
- b) La determinación de la intensidad de luz óptima para el crecimiento.

LA INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LA
EN LA EFICIENCIA ASIMILATORIA Y EL CRECIMIENTO
DEL CAFETO

INTRODUCCION

El cultivo del café bajo sombra, está pasando casi enteramente en resultados empíricos, mas bien que en estudios científicos.

El hecho de que la planta de café en su ambiente natural crece a la sombra, es interpretado como que esta planta necesita sombra para un mejor crecimiento. No se han hecho estudios cuidadosos para demostrar esta necesidad o explicar porqué el café no puede crecer en buenas condiciones a pleno sol. Además, es importante conocer la cantidad de luz óptima para un mejor crecimiento en la región de Turrialba.

El presente ensayo, además de estudiar el crecimiento del café a varias intensidades de luz, es un intento para determinar si la planta debe considerarse como de "sol o de sombra", según sus reacciones fisiológicas ante la luz, tomando como base:

- a) La determinación de la intensidad óptima de luz para la realización de la fotosíntesis.
- b) La determinación de la intensidad de luz óptima para el crecimiento.

- c) El estudio de algunas modificaciones de la hoja, ante el estímulo de la luz.
- d) La aplicación del criterio de Blackman y Wilson (4) para agrupar plantas de sol o de sombra.

- (c) El estudio de algunas modificaciones de la ho-
ja, ante el estímulo de la luz.
- (d) La aplicación del criterio de Blackman y Wi-
son (11) para agrupar plantas de sol o de sombra.

REVISION DE LITERATURA

Son muchas las publicaciones sobre los efectos benéficos o perjudiciales de la sombra en el cultivo del cafeto, dando lugar a dos normas o sistemas de cultivo: con o sin ella, en las que ambas tienen sus defensores existiendo una situación a la que contribuirán a esclarecerla estudios sobre la fisiología del cafeto en relación con la luz.

Camargo (7), discute 53 ventajas del sombreamiento, entre las principales: la humificación y la fertilización del suelo por el contenido de materia orgánica y de minerales de las hojas; la nitrificación del suelo por las leguminosas; la disminución de la erosión; la retención de agua en el suelo; la atenuación de las variaciones de temperatura; la protección contra los vientos y las granizadas; la maduración uniforme y la mayor producción.

Cook (15), también indica las ventajas anteriores entre los efectos indirectos del sombreamiento. Mayor producción a sombra se reportó en Cacapava, Brasil (19); en Africa (49), los cafetos sombreados produjeron 1.9 con respecto a los sin sombra; Maidment (36), también en Africa, en un experimento de sombreamiento y uso de mulch, encontró que estos factores aumentan la producción respecto a sol. Sturdy (51), determinó con

REVISION DE LITERATURA

Son muchas las publicaciones sobre los efectos de-
 néticos o perjudiciales de la sombra en el cultivo del
 café, dando lugar a dos normas o sistemas de cultivo:
 con o sin ella, en las que ambas tienen sus defensoras
 existiendo una situación a la que contribuirán a esclare-
 cerla estudios sobre la fisiología del café en re-
 lación con la luz.

Gamaro (7), discute el efecto de las condiciones
 de cultivo, entre las principales: la humedad y la ferti-
 lización del suelo por el contenido de materia orgáni-
 ca y de minerales de las hojas; la nitrificación del
 suelo por las leguminosas; la disminución de la ero-
 sión; la retención de agua en el suelo; la atenuación
 de las variaciones de temperatura; la protección contra
 los vientos y las granizadas; la maduración uniforme y
 la mayor producción.

Cook (12), también indica las ventajas anteriores
 entre los efectos indirectos del sombreado. Mayor
 producción a sombra se reportó en Capava, Brasil (13);
 en África (14), los cafetos sombreados produjeron 1.9
 con respecto a los sin sombra; Maidment (15), también
 en África, en un experimento de sombreado y uso
 de mulch, encontró que estos factores aumentan la pro-
 ducción respecto a sol. Study (16), determinó con

sombreamiento artificial un aumento en producción de 83% por nudo. Contrario a lo anteriormente señalado, Cook (15), indica como un efecto directo del sombreado la reducción de la producción. McClelland (33), en Puerto Rico, determinó el rendimiento en tres intensidades de luz; 1/3, 1/2 y plena radiación; no hubo repeticiones pero el suelo fué entremesclado para evitar su heterogeneidad; empleó 8 plantas por tratamiento, encontrando mayor producción a plena radiación. Thorold (56) en Kenya, en 3 tratamientos: sombra natural, artificial y sin sombra, encontró mayor producción con la última, siendo a su vez la sombra artificial mejor que la natural. Davies y Nye (18), en Uganda, también encontraron mayor rendimiento a sol. Vasquez (58), dijo que en los cafetos expuestos a pleno sol se produce una fuerte estimulación de la actividad fotosintética, la que se refleja en una anormal producción, por encima de la capacidad del arbusto, el cual termina por debilitarse. Melville (38), en Kenya, y Ripperton y Goto (46) en Hawaii, indican que el cafeto se cultiva a sol y produce altos rendimientos si se le fertiliza adecuadamente; estos últimos también dicen que el cafeto requiere sombra cuando está sujeto a extremas condiciones climáticas. Además de efecto protector de la sombra, Sturder (50) menciona la fertilización por los árboles de sombra y la

complemento artificial un aumento en producción de 83% por unido. Contrario a lo anteriormente señalado, Cook (12), indica como un efecto directo del complemento la reducción de la producción. McGeliland (23), en Puerto Rico, determinó el rendimiento en tres intensidades de luz: 1/3, 1/2 y plena radiación; no hubo repeticiones pero el suelo fue entremezclado para evitar su heterogeneidad; empleó 8 plantas por tratamiento, encontrando mayor producción a plena radiación. Thorold (26) en Kenia, en 3 tratamientos: sombra natural, artificial y sin sombra, encontró mayor producción con la última, siendo a su vez la sombra artificial mejor que la natural. Davis y Wye (18), en Uganda, también encontraron mayor rendimiento a sol. Vadner (28), dijo que en los cafetos expuestos a pleno sol se produce una fuerte estimulación de la actividad fotosintética, la que se refleja en una enorme producción, por encima de la capacidad del arbolito, el cual termina por debilitarse. Melville (28), en Kenia, y Riperton y Goto (46) en Hawaii, indican que el café se cultiva a sol y produce altos rendimientos si se le fertiliza adecuadamente; estos últimos también dicen que el café requiere sombra cuando está sujeto a extremas condiciones climáticas. Abernethy (50) manifiesta de efecto protector de la sombra, Sturber (50) manifiesta la fertilización por los árboles de sombra y la

nitrificación por las leguminosas. Camargo (10), recomienda como árbol de sombra el Inga edulis, y Machado (35) hace notar que no todas las leguminosas son buenas, habiendo obtenido mayor producción con sombra de Inga santaferense (Inga sp.) y de plátano (Musa sp.) con respecto a la sombra de Palo incienso, otra leguminosa. Camargo (8) en Brasil, reporta menos infestación de broca en cafetales sombreados.

Vázquez (58), observó que los cafetos cultivados sin sombra, pierden hojas y se agotan. Urhan (57) analizó hojas de cafetos a sol que presentaban severa clorosis y encontró que está asociada con poco contenido de nitrógeno y gran producción, pero en suelos ricos, no encontró diferencias en el contenido de nitrógeno en las hojas de cafetos con y sin sombra.

Therold (55) en Kenya, estudió las causas del "die-back", encontrado que la ocurrencia de la enfermedad está asociada con la deficiencia de carbohidratos y el cultivo sin sombra; él y también Sturdy (51), indican el uso de la sombra para su control.

Camargo (9), Vázquez (58) y Conceicao (13), dicen que el cultivo con sombra produce café de más alta calidad, tipo suave de mayor cotización comercial que los producidos a sol. Contrariamente, Cook (14) dice que, afirmar que a la sombra se producen cafés de ma-

que afirma que a la sombra se producen cafés de ma-
los producidos a sol. Contrariamente, Cook (14) dice
libad, tipo suave de mayor cotización comercial que
que el cultivo con sombra produce café de más alta ca-
Camargo (9), Vazquez (28) y Conceicao (13), dicen
el uso de la sombra para su control.
cultivo sin sombra; él y también Study (21), indican
tá asociada con la deficiencia de carbohidratos y el
back; encontrado que la ocurrencia de la enfermedad es-
Thorold (22) en Kenyas, estudió las causas del "die-
en las hojas de cafetos con y sin sombra.
no encontró diferencias en el contenido de nitrógeno
de nitrógeno y gran producción, pero en suelos ricos,
rosas y encontró que está asociada con poco contenido
lizó hojas de cafetos a sol que presentaban severa clo-
sin sombra, pierden hojas y se abortan. Urban (27) ana-
Vazquez (28), observó que los cafetos cultivados
proca en cafetales sombreados.
Camargo (8) en Brasil, reporta menos infestación de
pecto a la sombra de Palo Indiano, otra leguminosa.
santafereño (Inga sp.) y de plátano (Musa sp.) con res
habiendo obtenido mayor producción con sombra de Inga
(27) hace notar que no todas las leguminosas son buenas,
mienda como árbol de sombra el Inga edulis, y Machado
nitrificación por las leguminosas. Camargo (10), reco-

por calidad no tiene fundamento por la evidencia experimental; en teoría, la formación de más cafeína y compuestos aromáticos estaría en contra del uso de la sombra; cita que los cafés Blue Mountain y Moca, tienen cotizaciones igualmente altas.

La influencia de la temperatura en el cultivo del café se la discuten Thomas (54) y Montealegre (40), quienes dicen que el efecto del sombreado no es tanto proteger de los rayos solares, sino de la variación de temperatura en la noche. Rodríguez (47), encontró a sol mayor temperatura de suelo a todas las profundidades estudiadas, siendo menor a sombra; es más apta para la vida microbiana y la mayor humificación. La influencia de la sombra y la disponibilidad del agua en el suelo, ha sido estudiada por Melville (38) en Kenya, donde en las zonas secas no es posible el cultivo con sombra; en Brasil, Franco e Inforzato (23-24) estudiaron la precipitación pluviométrica y la transpiración del café y el árbol de sombra, encontrando que en algunos meses la transpiración es mayor que la precipitación, produciéndose en zonas como Sao Paulo (Franco, 22) competencia por el agua del suelo. Franco (21) en estudio de la disponibilidad de agua en cafetales de América Central, indica condiciones similares a las de Sao Paulo, sugiriendo la posibilidad de que la ten-

por calidad no tiene fundamento por la evidencia experimental; en teoría, la formación de más cafeína y compuestos aromáticos estaría en contra del uso de la sombra; cita que los cafés Blue Mountain y Moca, tienen cotizaciones igualmente altas.

La influencia de la temperatura en el cultivo del café la discuten Thomas (24) y Monteleone (10), quienes dicen que el efecto del sombreado no es tanto proteger de los rayos solares, sino de la variación de temperatura en la noche. Rodríguez (17), encontró a su vez mayor temperatura de suelo a todas las profundidades estudiadas, siendo menor a sombra; es más apta para la vida microbiana y la mayor humidificación. La influencia de la sombra y la disponibilidad del agua en el suelo, ha sido estudiada por Melville (28) en Kenia, donde en las zonas secas no es posible el cultivo con sombra; en Brasil, Franco e Inforzato (27-24) estudian con la precipitación pluviométrica y la transpiración del café y el árbol de sombra, encontrando que en algunos meses la transpiración es mayor que la precipitación, produciéndose en zonas como São Paulo (Franco, 22) competencia por el agua del suelo. Franco (21) en estudio de la disponibilidad de agua en cafetales de América Central, indica condiciones similares a las de São Paulo, sugiriendo la posibilidad de que la tem-

si3n superficial de los suelos de Am3rica Central sea menor que en Brasil, y por lo tanto no haya competencia por el agua entre 3rboles de sombra y los cafetos.

Estudios m3s complejos y de car3cter fisiol3gico sobre la influencia de la intensidad de luz en el crecimiento del cafeto, tambi3n se contradicen: Guiscafr3 y Gomez (27) en Puerto Rico, estudiaron cuatro factores ecol3gicos: radiaci3n solar, temperatura, humedad relativa y disponibilidad de agua en el suelo, y encontraron que la sombra tiende a reducir las fluctuaciones anuales de la radiaci3n: a pleno sol, en 3 a3os, fu3 de 158.081.70 a 134.904.30 gr/cal./cm² y para 2/3, 1/2 y 1/3 de sol, fueron 83.676.10 a 76.542.60; 54.485,70 a 51.569,10; 32.699.60 a 29.608.80 gr/cal./cm² respectivamente. Las diferencias en crecimiento y rendimiento fueron significativamente superiores entre los tratamientos de 1/3 y 1/2 con respecto a pleno sol.

Tanada (53) en Hawaii, estudi3 el crecimiento y el contenido de nitr3geno en las hojas en 3 tratamientos de luz: sin sombra, 1/2 y 3/4 de sombra, creciendo los cafetos en soluciones nutritivas. Determin3 en el tratamiento sin sombra, un mayor crecimiento en altura y grosor del tallo, n3mero de hojas, respecto a 1/2 y 3/4 de sombra, siendo 1/2 de sombra mayor que 3/4. El 3rea de las hojas y el contenido de nitr3geno aument3

área de las hojas y el contenido de nitrógeno aumentó
 3/4 de sombra, siendo 1/2 de sombra mayor que 5/4. El
 y grosor del tallo, número de hojas, respecto a 1/2 y
 tratamiento sin sombra, un mayor crecimiento en altura
 los cafetos en condiciones nutritivas. Determinó en el
 tos de luz: sin sombra, 1/2 y 3/4 de sombra, creciendo
 el contenido de nitrógeno en las hojas en 3 tratamien-
 Tanaka (23) en Hawaii, estudió el crecimiento y
 los tratamientos de 1/3 y 1/2 con respecto a pleno sol.
 rendimiento fueron significativamente superiores entre
 cm² respectivamente. Las diferencias en crecimiento y
 24.182,70 a 21.269,10; 22.699,60 a 29.608,80 gr/cal.
 1/2 y 1/3 de sol, fueron 83.676,10 a 76.243,60;
 fue de 158.081,70 a 134.904,30 gr/cal. \cm² y para 2/3
 nes anuales de la radiación: a pleno sol, en 3 años,
 traron que la sombra tiende a reducir las fluctuacio-
 relativa y disponibilidad de agua en el suelo, y encon-
 res ecológicas: radiación solar, temperatura, humedad
 y Gomez (27) en Puerto Rico, estudiaron cuatro trata-
 cimiento del café, también se contradien: Guisacris
 sobre la influencia de la intensidad de luz en el cre-
 Estudios más completos y de carácter fisiológico
 cia por el agua entre árboles de sombra y los cafetos.
 menor que en Brasil, y por lo tanto no haya competen-
 sión superficial de los suelos de América Central sea

con el aumento de la sombra.

Machado (34) en Colombia, estudió el crecimiento del cafeto en tres condiciones de sombra: 0%, 40%, y 75%. Encontró mayor crecimiento a 40% de sombra, respecto a los otros dos en área de hojas, raíces totales y raíces de fijación; a su vez a 0% de sombra el crecimiento fué mayor que a 75%. En altura, número de hojas y aparición de ramas primarias no hubo diferencia entre los tratamientos de 0% y 40% de sombra, pero éstos fueron superiores con respecto a 75% de sombra.

Sylvain (52) en Turrialba, estudió el crecimiento en 4 intensidades de luz: 100%, 75%, 50% y 25%. En los cuatro tratamientos no hubo diferencia en altura del tallo y número de hojas, pero sí en grosor del tallo, mayor a sol. El número de ramas laterales y número de hojas en éstas, fué mayor a sol y 75% respecto a 50% y 25% de luz. El peso seco y fresco fué mayor a sol en relación a los tratamientos de sombra. El efecto de la luz en el sistema radicular fué el de mayor peso seco en los tratamientos a 100% de luz, aunque la mayor ramificación se encontró en los tratamientos con sombra.

Nutman (41) en Africa, midió la fotosíntesis aparente en condiciones naturales, concluyendo que una cierta cantidad de sombra favorece la absorción de CO_2 por las hojas; éstas, a plena exposición,

ción de O por las hojas; éstas, a plena exposición, que una cierta cantidad de sombra favorece la absor-
tesis aparente en condiciones naturales, concluyendo
con sombra. Nutman (11) en África, midió la fotosin-
la mayor ramificación se encontró en los tratamientos
peso seco en los tratamientos a 100% de luz, aunque
to de la luz en el sistema radicular fue el de mayor
sol en relación a los tratamientos de sombra. El efecto
50% y 25% de luz. El peso seco y fresco fue mayor a
de hojas en éstas, fue mayor a sol y 75% respecto a
mayor a sol. El número de ramas laterales y número
tallo y número de hojas, pero sí en grosor del tallo,
cuatro tratamientos no hubo diferencia en altura del
il intensidad de luz: 100%, 75%, 50% y 25%. En los
Sylvain (22) en Turrialba, estudió el crecimiento en
tos fueron superiores con respecto a 75% de sombra.
entre los tratamientos de 0% y 10% de sombra, pero és-
tas y aparición de ramas primarias no hubo diferencia
cimiento fue mayor que a 75%. En altura, número de ho-
y raíces de fijación; a su vez a 0% de sombra el cre-
pecto a los otros dos en áreas de hojas, raíces totales
75%. Encontró mayor crecimiento a 10% de sombra, res-
del café en tres condiciones de sombra: 0%, 10%, y
Machado (34) en Colombia, estudió el crecimiento
con el aumento de la sombra.

disminuían la fotosíntesis a las 9 A.M. y la aumentaban otra vez a las 4 P.M. En las hojas sombreadas la intensidad de la fotosíntesis continuaba relativamente alta durante todo el día. Esto él lo explicó (42) como el resultado del cierre parcial de los estomas cuando las hojas se encuentran a la luz directa. Alvim y Havis (1) en Turrialba, confirmaron el cierre parcial de los estomas al llegar la luz a intensidades de 8000 bujías-pie.

La relación entre la intensidad de luz y el número de estomas, no ha sido estudiada en el cafeto, pero sí en otras especies. Clements y otros (12), dicen que dependiendo de la especie, la luz afecta el número de estomas aumentando en unas y reduciendo en otras; Penfound (43) en Helianthus annuus L. y Reed y Hirano (45) en citrus, encontraron mayor número de estomas a sol por unidad de área. Salisbury (48) no encontró diferencia en la frecuencia de estomas en plantas a luz y a sombra, cultivadas a la misma humedad, indicando que el ambiente seco está asociado con el mayor número de estomas. Cabrera (6) determinó en cacao el número de estomas en 90%, 50%, 25%, y 0% de sombra, encontrando que a sol el número es menor; por el contrario, también en cacao Chamorro (11) encontró 25% más de estomas a sol.

Se examinaron las fotografías a las 9 A.M. y la muestra
 dan otra vez a las 4 P.M. En las hojas sombreadas
 la intensidad de las fotografías continuas relativas
 mente alta durante todo el día. Esto él lo explicó
 (12) como el resultado del cierre parcial de los es-
 tomas cuando las hojas se encuentran a la luz directa.
 Alvim y Havia (1) en Turrialba, confirmaron el cierre
 parcial de los estomas al liberar la luz a intensida-
 des de 8000 bujías-pie.

La relación entre la intensidad de luz y el nú-
 mero de estomas, no ha sido estudiada en el café, pe-
 ro sí en otras especies. Clements y otros (13), dicen
 que dependiendo de la especie, la luz afecta el número
 de estomas aumentando en unas y reduciendo en otras;
 Penfound (14) en Helianthus annuus, y Reed y Hirano
 (15) en cítricos, encontraron mayor número de estomas
 a sol por unidad de área. Salisbury (16) no encon-
 tró diferencias en la frecuencia de estomas en plantas
 a luz y a sombra, cultivadas a la misma humedad, in-
 dicando que el ambiente seco está asociado con el ma-
 yor número de estomas. Cabrera (17) determinó en cacao
 el número de estomas en 90%, 50%, 25% y 0% de som-
 bra, encontrando que a sol el número es menor; por el
 contrario, también en cacao Chamorro (11) encontró
 25% más de estomas a sol.

MATERIALES Y METODOS

El método de medir la fotosíntesis por la rata de asimilación neta (Net assimilation rate), aún no fué aplicado en cañeto, pero sí en otras plantas. Blackman (5) citado por Watson (61), anotó que el incremento en peso seco puede ser referido como una regla de interés compuesto; el aumento en un intervalo de tiempo al capital de crecimiento inicial. Gregory (26) fué el primero en usar esta función en el análisis de crecimiento como "el medio de obtener el promedio de asimilación en largos períodos de tiempo y en diferentes estaciones del año". Williams (62) definió como "el aumento de peso seco por unidad de material activo de crecimiento". Heath y Gregory (29) mostraron que la rata de asimilación neta de varias especies y en diferentes condiciones ambientales, tiene pequeñas fluctuaciones, permaneciendo alrededor de un valor medio para cada especie; Heath (28) estudió en algodón, los cambios de la rata de asimilación neta con el aumento en edad de la planta, confirmando lo encontrado por Gregory en cebada; esta relación permanece constante hasta la época de la primera floración.

Williams (62) estudió en condiciones de invernadero, en plantas de Phalaris tuberosa L., las bases para expresar la rata de asimilación neta; área de la

MATERIALES Y METODOS

El método de medir la fotosíntesis por la tasa de asimilación neta (Net assimilation rate), aún no fue aplicado en café, pero sí en otras plantas. Blackman (2) citado por Watson (61), anotó que el incremento en peso seco puede ser referido como una regla de tres compuesta; el aumento en un intervalo de tiempo al capital de crecimiento inicial. Gregory (26) fue el primero en usar esta función en el análisis de crecimiento como "el medio de obtener el promedio de asimilación en largos períodos de tiempo y en diferentes estaciones del año". Williams (25) definió como "el aumento de peso por unidad de material activo de crecimiento". Heath y Gregory (29) mostraron que la tasa de asimilación neta de varias especies y en diferentes condiciones ambientales tiene pedregos fluctuantes, permaneciendo alrededor de un valor medio para cada especie; Heath (28) estudió en algodón, los cambios de la tasa de asimilación neta con el aumento en edad de la planta, confirmando lo encontrado por Gregory en cebada; esta relación permanece constante hasta la época de la primera floración.

Williams (25) estudió en condiciones de inversa-génesis, en plantas de Plantago tuberosa L., las bases para expresar la tasa de asimilación neta; áreas de la

hoja, peso de la hoja, y contenido total de proteína de la hoja, concluyendo que las bases de área y de peso de la hoja son adecuadas para expresar esta relación, en el período de crecimiento activo, pero que en base de la proteína total, esta relación es más exacta para largos períodos; Watson (59) estudió en trigo, cebada, remolacha y papa, la variación de la rata de asimilación neta durante el año, encontrado que ésta era alta en primavera, máxima en verano y baja en otoño; estas variaciones las atribuyó a variaciones de los factores climáticos; Blackman y Rutter (2), en "bluebell" y girasol, y Blackman y Wilson (3) en 10 especies más, encontraron que la rata de asimilación neta es directamente proporcional al logaritmo de la intensidad de la luz. Watson (59) en las especies estudiadas (trigo, cebada, remolacha y papa), encontró variaciones entre años en la rata de asimilación neta para una misma especie y época del año. Las variaciones entre variedades fueron pequeñas; también (60) en las especies anteriores encontró variación de los nutrientes con la rata de asimilación neta; encontró mayor variación con la fertilización de nitrógeno. El efecto de los demás fué pequeño y variable en las especies. Blackman y Wilson (3) en Lycopersicum esculentum y Helianthus annuus, determinaron un incremento en la rata de asimi-

annua determinaron un incremento en la tasa de asimila-
 Wilson (3) en Lycopodium esculentum y Helictotilus
 fue pedáneo y variable en las especies. Blackman y
 la fertilización de nitrógeno. El efecto de los demás
 tasa de asimilación neta; encontró mayor variación con la
 anteriores encontró variación de los nutrientes con la
 riedades fueron pedáneas; también (6) en las especies
 en especie y época del año. Las variaciones entre ve-
 tre años en la tasa de asimilación neta para una mis-
 go, cebada, remolacha y papa), encontró variaciones en
 la luz. Watson (29) en las especies estudiadas (tri-
 tamente proporcional al logaritmo de la intensidad de
 encontraron que la tasa de asimilación neta es direc-
 girasol, y Blackman y Wilson (3) en 10 especies más,
 climáticas; Blackman y Butler (2), en "Pinus" y
 variaciones las atribuyó a variaciones de los factores
 en primavera, máxima en verano y baja en otoño; estas
 ción neta durante el año, encontrado que ésta era alta
 remolacha y papa, la variación de la tasa de asimila-
 largos periodos; Watson (29) estudió en trigo, cebada,
 de la proteína total, esta relación es más exacta para
 en el período de crecimiento activo, pero que en base
 so de la hoja son adecuadas para expresar esta relación.
 de la hoja, concluyendo que las bases de área y de peso
 hoja, peso de la hoja, y contenido total de proteína

lación neta dentro de invernadero; sin embargo, a campo, estas variaciones no estaban correlacionadas con la temperatura. Blackman y Rutter (2) en Scilla non-scripta y Blackman y Wilson (3) en H. annuus, Fagopyrum esculentum, Trifolium subterraneum, Tropaeolum majus, Lycopersicum esculentum, Vicia faba, Pisum sativum, Hordeum vulgare, Solanum melongena, y Geum urbanum, de terminaron el punto de compensación de las especies de hábitos de sol y de sombra, encontrando que aquel varía en pequeño rango y concluyeron que con esas bases no se puede clasificar en plantas de sol o de sombra. (4) Determinaron teóricamente las características de una especie de sombra, en la cual una reducción en la intensidad de luz causa un rápido aumento de la tasa de área foliar, de un bajo valor a sol.

Este trabajo fué realizado en Turrialba, Costa Rica, situada a los 9°56' de latitud norte y 83°31' de longitud oeste. Según Holdridge (30), el clima es de sub-tropical muy húmedo, por tener una altura de 606 m., con precipitación anual de 2720 mm. y temperatura media anual de 22.7°C.

El material utilizado fué plántulas de Coffea arabica L., var. Bourbon, sembradas en almácigos el 30 de abril de 1953 y transplantadas a las parcelas experimentales y sombra establecida, 46 días después,

lacion nota dentro de invernales; sin embargo, a cam-
 po, estas variaciones no estaban correlacionadas con
 la temperatura. Blackman y Rutter (2) en Sida non-
scripta y Blackman y Wilson (3) en E. annuus, Tropaeolum
esculentum, Trifolium subterraneum, Tropaeolum majus,
Lycopersicon esculentum, Vicia faba, Linum catharticum,
Hordeum vulgare, Solanum dulcamara, y Genium umbellatum, de-
 terminaron el punto de compensacion de las especies de
 hábitos de sol y de sombra, encontrando que aquel varia
 en pedúnculo rango y concluyeron que con esas bases no se
 puede clasificar en plantado sol o de sombra. (4) De-
 terminaron teóricamente las características de una es-
 pecie de sombra, en la cual una reducción en la inten-
 sidad de luz causa un rápido aumento de la tasa de área
 foliar, de un bajo valor a sol.

Este trabajo fue realizado en Turrialba, Costa Ri-
 ca, situada a los 9°56' de latitud norte y 83°31' de
 longitud oeste. Según Holbridge (5), el clima es de
 sub-tropical muy húmedo, por tener una altura de 600
 m., con precipitación anual de 2750 mm. y temperatura
 media anual de 22.7°C.

El material utilizado fue plantas de Coffea
arabica L., var. Bourbon, sembradas en almácigos el
 30 de abril de 1953 y transplantadas a las parcelas
 experimentales y sombra establecidas, 10 días después,

cuando todavía no habían abierto sus hojas cotiledó-
nares (estado llamado en Turrialba "abejón"). Cada
parcela tenía 108 plántulas y en total el experimento
1.728; fueron plantadas en cuadro, a 12 cms. entre
sí. El diseño experimental fué un cuadrado latino
de 4 x 4 con parcelas de 2 x 1 m., espaciadas entre
sí 1 m. (Figura 1).

Para graduar las intensidades de luz, se utili-
zaron capas de alambre tejido (wire gauze) montadas
en bastidores rectangulares de madera de 2.20 x 1.10
m. (Figura 2) a una altura de 50 cms. sobre el suelo.
Los cuatro costados de estos bastidores estaban cu-
biertos de lienzos hasta 40 cms. de altura, para evi-
tar la entrada de los rayos solares oblicuos a la sa-
lida y puesta del sol; con este mismo objeto se orien-
taron las parcelas con la menor dimensión hacia el Es-
te. La luz se midió con un fotómetro (Weston foot-
candle, model 614), en momentos de cielo despejado y
a medio día. Las intensidades fueron:

- (A) 100% de luz. Sin sombra.
- (B) 60% de luz. Una capa de alambre tejido.
- (C) 45% de luz. Dos capas de alambre tejido.
- (D) 30% de luz. Dos capas de alambre tejido pintadas
con pintura asfáltica. Se pintó dos veces durante
el experimento, para restaurar la pintura reseca

cuando todavía no habían abierto sus hojas cotiledó-
 narias (estado llamado en turcúlica "abedón"). Cada
 parcela tenía 100 plántulas y en total el experimento
 1.728; fueron plantadas en cuadro, a 15 cms. entre
 sí. El diseño experimental fue un cuadro latino
 de 4 x 4 con parcelas de 2 x 1 m., espaciadas entre
 sí 1 m. (Figura 1).

Para probar las intensidades de luz, se utilizó
 un cuadro de alambre tejido (wire frame) montado
 en bastidores rectangulares de madera de 2.50 x 1.10
 m. (Figura 2) a una altura de 50 cms. sobre el suelo.
 Los cuatro costados de estos bastidores estaban cu-
 biertos de lino hasta 40 cms. de altura, para evi-
 tar la entrada de los rayos solares oblicuos a la es-
 trada y puesta del sol; con este mismo objeto se orien-
 taron las parcelas con la menor dimensión hacia el Es-
 te. La luz se midió con un fotómetro (Weston foot-
 candle, model 514), en momentos de cielo despejado y
 a medio día. Las intensidades fueron:

- (A) 100% de luz. Sin sombra.
- (B) 60% de luz. Una capa de alambre tejido.
- (C) 40% de luz. Dos capas de alambre tejido.
- (D) 30% de luz. Dos capas de alambre tejido pintadas
 con pintura asfáltica. Se pintó dos veces durante
 el experimento, para restaurar la pintura resaca



Figura 1. Campo experimental mostrando las sombras utilizadas en disposición de un cuadrado latino, 4 x 4.-



Figura 2. Detalle de la sombra utilizada por parcela, mostrando la construcción: un marco de madera cubierto con capas de tejido de alambre. Los costados de estas sombras fueron cubiertos con lienzos hasta los 40 cms. de altura.

Figura 1. Campo experimental mostrando las sombras utilizadas en disposición de un cuadrado latino.
4 x 4.-

Figura 2. Detalle de la sombra utilizada por parcelas, mostrando la construcción; un marco de madera cubierto con capas de tejido de alambre. Los costados de estas sombras fueron cubiertos con lienzos hasta los 40 cms. de altura.

da por el sol, a fin de mantener uniforme la intensidad de luz.

Durante el transcurso del experimento, se pulverizaron las plántulas con el fungicida orgánico SR 406 (Orthocide 50), cada 15 días.

Debido a los claros síntomas de deficiencia de nitrógeno que presentaban las plántulas, se hicieron aplicaciones de urea a media parcela, en solución directamente al suelo, a razón de 10 grs. por m^2 , cada 15 días. Estas aplicaciones se hicieron después del segundo muestreo, o sea 70 días de efectuado el transplante. Se efectuaron 4 colectas o muestreos, tomando 20 plantas las dos primeras veces y 10 por subparcela en las dos últimas a 50 días del transplante la primera, 20, 60 y 114 días una de otra, a partir de la primera, cubriendo un período de 190 días en total, del 30 de Abril al 9 de Noviembre de 1953.

En el muestreo o colecta dentro de parcela se sorteó en líneas no contiguas, para así aumentar el espacio y evitar futuras competencias al aumentar de tamaño.

Tomadas al azar las plántulas en el campo, se trasladaban rápidamente al laboratorio, donde cuidadosamente lavadas se separaban en raíces, tallos y hojas. Después de determinar el área de hojas, se lle-

de por el sol, a fin de mantener uniforme la intensidad de luz.

Durante el transcurso del experimento, se pulverizaron las plantas con el fungicida orgánico SR 406 (Ortoctol 50), cada 15 días.

Debido a los claros síntomas de deficiencia de nitrógeno que presentaban las plantas, se hicieron aplicaciones de urea a media parcela, en solución directamente al suelo, a razón de 10 grs. por m², cada 15 días. Estas aplicaciones se hicieron después del segundo muestreo, o sea 70 días de efectuado el trasplante. Se efectuaron 4 colectas o muestreos, tomando 50 plantas las dos primeras veces y 10 por subparcela en las dos últimas a 20 días del trasplante la primera, 50, 60 y 114 días una de otra, a partir de la primera, cubriendo un período de 190 días en total, del 30 de April al 9 de Noviembre de 1955.

En el muestreo o colecta dentro de parcela se sondeó en líneas no contiguas, para así aumentar el espacio y evitar futuras competencias al aumentar de tamaño.

Tomadas al azar las plantas en el campo, se trasladaban rápidamente al laboratorio, donde cuidadosamente lavadas se separaban en raíces, tallos y hojas. Después de determinar el área de hojas, se lio-

vaba el material a estufa a 80°C por 24 horas, hasta constancia de peso.

Las determinaciones de área se hicieron por impresión en papel oxálico, sensible a la luz, colocando las hojas entre dos láminas de vidrio (Figura 3); luego estas impresiones se recortaban y por peso conocido de su superficie-patrón de papel, se determinaba el área total.

La rata de asimilación neta se calculó con la fórmula de Gregory (26):

$$\text{RAN} = \frac{P_2 - P_1}{A_2 - A_1} \times \frac{\log_e A_2 - \log_e A_1}{T_2 - T_1}$$

donde,

P_1 = Peso seco total de las plantas en el primer muestreo.

P_2 = Peso seco total de las plantas en el segundo muestreo.

A_1 = Área total de las hojas en el primer muestreo.

A_2 = Área total de las hojas en el segundo muestreo.

$T_2 - T_1$ = Intervalo de tiempo entre el primer y el segundo muestreo.

Esta fórmula da en peso seco, la ganancia o aumento atribuible en gran parte a la fotosíntesis, sobre las pérdidas en respiración, en un intervalo de tiempo.

La rata de crecimiento relativo se determinó con la fórmula de Fischer (20):

Se deseca el material a estufa a 80°C por 24 horas, hasta constancia de peso.

Las determinaciones de área se hicieron por impresión en papel oxalico, sensible a la luz, colocando las hojas entre dos láminas de vidrio (Figura 3); luego se imprimieron las impresiones se recortaban y por peso conocido de superficie-patrón de papel, se determinaba el área total. La tasa de asimilación neta se calculó con la fórmula de Gregory (20):

$$AN = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \times \frac{A_2 - A_1}{A_1}$$

donde,

P₁ = Peso seco total de las plantas en el primer muestreo.

P₂ = Peso seco total de las plantas en el segundo muestreo.

A₁ = Área total de las hojas en el primer muestreo.

A₂ = Área total de las hojas en el segundo muestreo.

T₂-T₁ = Intervalo de tiempo entre el primer y el segundo muestreo.

Esta fórmula da en peso seco, la ganancia o aumento

atribuible en gran parte a la fotosíntesis, sobre las

pérdidas en respiración, en un intervalo de tiempo.

La tasa de crecimiento relativo se determinó con

la fórmula de Fischer (20):



Figura 3. Aparato utilizado para "fotografiar" las hojas de cafeto en papel oxálico. En la presente se observa una hoja de papel oxálico ya impresionada.-

Figura 3. Aparato utilizado para "fotografar" las hojas de café en papel oxálico. En la presente se observan una hoja de papel oxálico ya impresionada.

$$\frac{Lg.P_2 - Lg.P_1}{T_2 - T_1}$$

$$T_2 - T_1$$

La rata de área foliar (Blackman y Wilson (4)), se obtuvo dividiendo el área total de las hojas por el peso de las plantas.

Para contar el número de estomas, se utilizó el método de fijar tejidos vegetales de Heben (32). Un disco de aproximadamente 1 cm. de diámetro se mantuvo en 10cc de piridina por 24 horas; la piridina extrajo la clorofila, aunque no totalmente, permitiendo un ligero contraste que facilitó la observación de los estomas.

Antes de montar el disco en el porta-objeto, se mantuvo en agua por 5 minutos, para que el tejido recobrar su flexibilidad, perdida por la deshidratación.

La hoja para extraer el disco se tomó siempre del tercer par, a partir del ápice de la planta, entre la tercera y cuarta nervadura (Figuras 4 y 5); a partir del ápice de la hoja y entre 8 y 10 mm. de la nervadura central, según encontró Cowart (16) en manzano, la frecuencia de los estomas aumenta de la base al ápice de la hoja.

El área de estas hojas se determinó como en el caso anterior, con la variante de no impresionarlas en papel sensible, sino de dibujar las márgenes de las hojas.

Fig. 15 - 16

T-1

La rata de áreas foliar (Blackman y Wilson (1)), se obtuvo dividiendo el área total de las hojas por el peso de las plantas.

Para contar el número de estomas, se utilizó el método de fijar tejidos vegetales de Leber (32). Un disco de aproximadamente 1 cm. de diámetro se mantuvo en 100 cc de piridina por 24 horas; la piridina extraída se clorofila, aunque no totalmente, permitiendo un número contraste que facilitó la observación de los estomas.

Antes de montar el disco en el porta-objetos, se mantuvo en agua por 2 minutos, para que el tejido recobrase su flexibilidad, perdida por la deshidratación.

La hoja para extraer el disco se tomó siempre del tercer par, a partir del ápice de la planta, entre la tercera y cuarta nervadura (Figuras 14 y 15); a partir del ápice de la hoja y entre 8 y 10 mm. de la nervadura central, según encontró Cowart (16) en manzano, la frecuencia de los estomas aumenta al pasar al ápice de la hoja.

El área de estas hojas se determinó como en el caso anterior, con la variante de no impresionarlas en papel sensible, sino de dibujar las márgenes de las hojas.

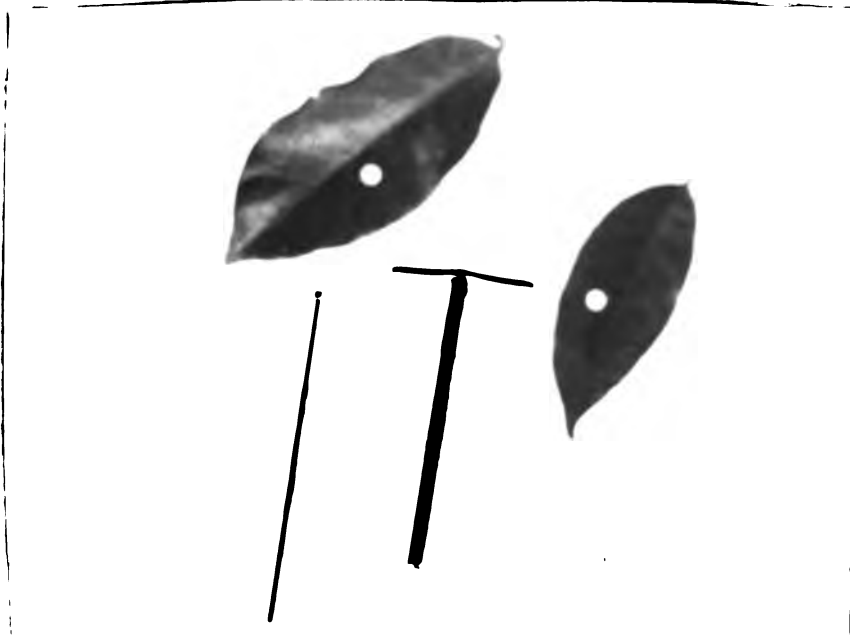


Figura 4. Hojas perforadas y aparato utilizado para cortar los discos de la hoja.



Figura 5. Fotografía mostrando la disposición topográfica del disco extraído: 3er. espacio entre la 3a. y 4a. nervadura y a 8 mm. de la principal.

Figura 4. Hojas perforadas y aparatos utilizados para cortar los discos de las hojas.

Figura 5. Fotografía mostrando la disposición topográfica del disco extrínseco; gen. espacio entre la 3a. y la. nervadura y a 3 mm. de la principal.

Se tomaron 10 discos por sub-parcela, haciendo un total de 40 por tratamiento; en cada disco se hicieron 3 observaciones, cambiando de posición el campo ocular, haciendo un total de 240.

se tomaron 10 líneas por sub-parcela, haciendo un total de 40 por tratamiento; en cada línea se hicieron 3 observaciones, cambiando de posición el campo ocular, haciendo un total de 120.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Efecto de la intensidad de luz en la rata de asimilación neta

Con los cuatro muestreos se consideraron dos períodos, con 20 días de intervalo el primero con 14 el segundo. Los resultados están presentados en la Tabla N°1.

En el primer período la rata de asimilación neta fué aumentando con el aumento de la intensidad luminosa. El gráfico N° 1 presenta la relación lineal entre el logaritmo del porcentaje de luz y la rata de asimilación neta, conforme la teoría de Blackman y Wilson (3).

La mayor rata de asimilación neta se encontró a 100% de luz. Por regresión lineal con la ecuación $Y = 1.305 x - 1.114$, se obtuvo el "Punto de Compensación" o de intensidad mínima de luz necesaria para que la fotosíntesis equilibre las pérdidas por respiración; en este punto no hay aumento ni disminución de peso seco; este punto fué de 7.1% de luz y está entre valores más o menos semejantes encontrados por Blackman y Wilson para otras especies.

En el análisis de variancia (Tabla N° 1), la diferencia entre el tratamiento (A) 100% de luz, es altamente significativa respecto a los tres tratamientos, y el de (B) 60% de luz es significativa respecto a los

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Efecto de la intensidad de luz
en la tasa de asimilación neta

Con los cuatro muestras se consideraron los períodos, con 20 días de intervalo el primero con 14 días - Segundo. Los resultados están presentados en la Tabla No. 1.

En el primer período la tasa de asimilación neta fue aumentando con el aumento de la intensidad luminosa. El gráfico No. 1 presenta la relación lineal entre el logaritmo del porcentaje de luz y la tasa de asimilación neta, conforme la teoría de Blackman y Wilson (3).

La mayor tasa de asimilación neta se encontró a 100% de luz. Por relación lineal con la ecuación $Y = 1.305 \times 1.114$, se obtuvo el "Límite de Compensación" o de intensidad mínima de luz necesaria para que la fotosíntesis equilibre las pérdidas por respiración; en este punto no hay aumento ni disminución de peso seco; este punto fue de 7.1% de luz y está entre valores más o menos semejantes encontrados por Blackman y Wilson para otras especies.

En el análisis de variancia (Tabla No. 1), la diferencia entre el tratamiento (A) 100% de luz, es altamente significativa respecto a los tres tratamientos y el de (B) 60% de luz es significativa respecto a los

otros dos.

La excepcional deficiencia de nitrógeno presentada por las plántulas de cafeto, hizo que se fertilizara el suelo con úrea, pero como el nitrógeno podría influir en la rata de asimilación neta, se dividió cada parcela en dos sub-parcelas. Esto hizo que las determinaciones por subtratamiento en el segundo período se redujeran a 10 plantas. Como se ve en la Tabla N^o 2, las repeticiones tuvieron un gran rango de variación, en contraposición a los valores del primer período, Tabla N^o 1. Los valores de la rata de asimilación neta no fueron comparables al período anterior; la rata disminuye al disminuir la intensidad de luz, pero al llegar a 30% de luz, nuevamente se llevó hasta casi valores como el de plena exposición. En el análisis de variancia, tampoco hubieron diferencias de significación para ningún tratamiento. Esto indicaría que hubo deficiencia de muestreo, que la cantidad de 10 plantas no es suficiente y representativa para las determinaciones.

Efecto de la intensidad de luz

en la rata de crecimiento relativo

Es otra medida relativa de crecimiento siendo el aumento en peso por unidad de peso inicial, en un intervalo de tiempo determinado.

otros dos.

La excepcional deficiencia de nitrógeno presentada por las plantas de café, hizo que se fertilizara el suelo con úrea, pero como el nitrógeno podría disminuir en la rata de asimilación neta, se dividió cada parcela en dos sub-parcelas. Esto hizo que las determinaciones por análisis en el segundo período se referieran a 10 plantas. Como se ve en la Tabla No 2, las repeticiones tuvieron un gran rango de variación, en contraposición a los valores del primer período, Tabla No 1. Los valores de la rata de asimilación neta no fueron comparables al período anterior; la rata disminuyó al disminuir la intensidad de luz, pero al llegar a 30% de luz, nuevamente se llevó hasta casi valores como el de plena exposición. En el análisis de variancia, tampoco hubieron diferencias de significación para ningún tratamiento. Esto indicaría que hubo deficiencia de nitrógeno, que la cantidad de 10 plantas no es suficiente y representativa para las determinaciones.

Efecto de la intensidad de luz

en la rata de crecimiento relativo

Es otra medida relativa de crecimiento siendo el aumento en peso por unidad de peso inicial, en un intervalo de tiempo determinado.

TASA DE ASIMILACION NETA.

2.000

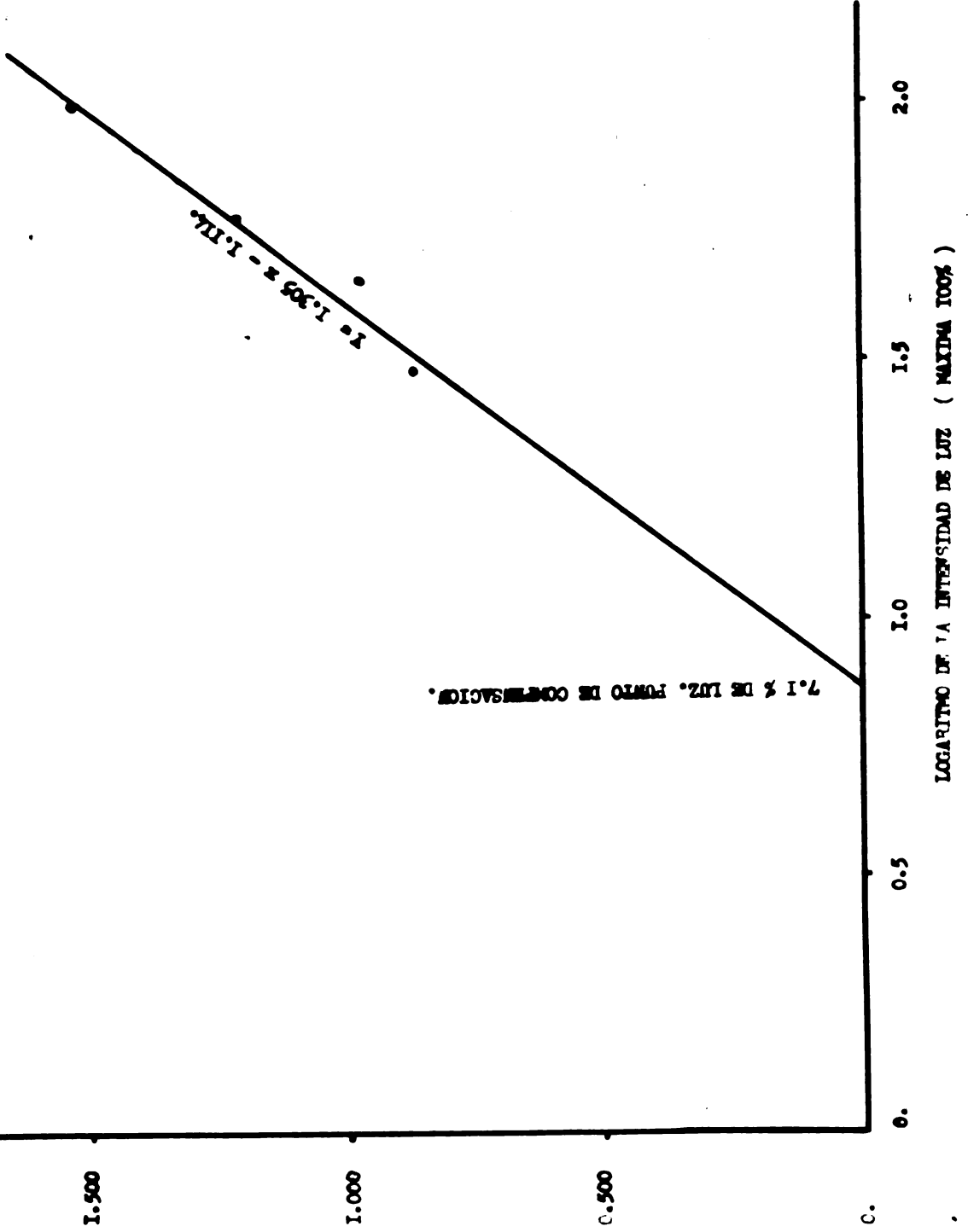
1.500

1.000

0.500

0.

(g / m² / dia)

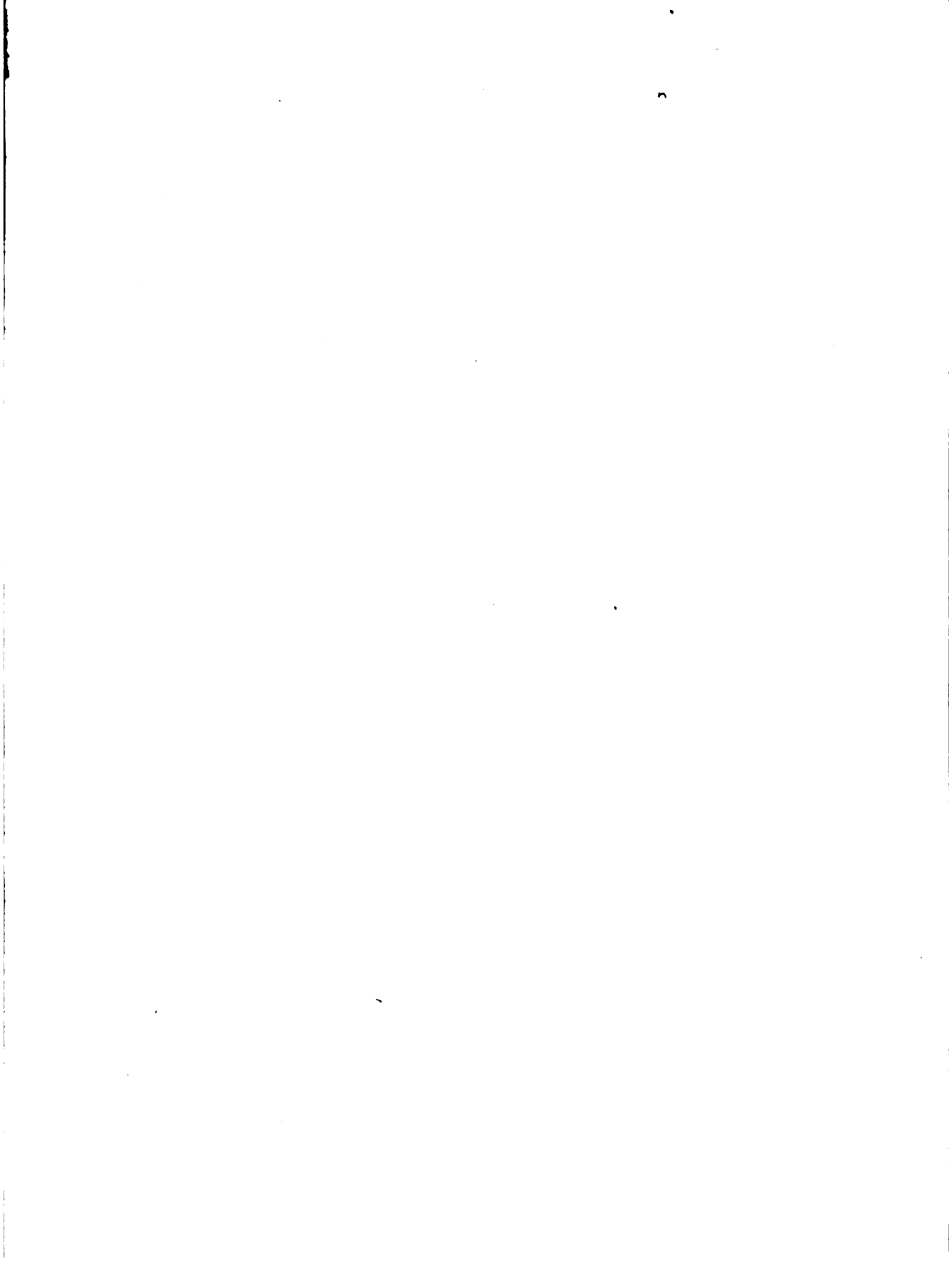


7.1 % DE LUZ. PUNTO DE COMPENSACION.

$$Y = 1.305 X - 1.116$$

LOGARITMO DE LA INTENSIDAD DE LUZ (MAXIMA 100%)

GRAFICO N° 1



Prime

_____:

=====

=====

_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
1100.0	2000.0	1100.0	_____
1100.0	1100.0	1100.0	_____
1100.0	1100.0	1100.0	_____
1100.0	1100.0	1100.0	_____
_____			_____
_____			_____

_____	_____
_____	_____

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

1. 1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1. 1. 1. 1.

(1. 1. 1. 1. 1. 1.)

1. 1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.	(1. 1. 1.)
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.	(1. 1. 1.)
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.	(1. 1. 1.)
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.	(1. 1. 1.)
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.	

1. 1. 1. 1. 1. 1.

1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.
1. 1. 1.	1. 1. 1.	1. 1. 1.

(1. 1. 1.)
(1. 1. 1.)
(1. 1. 1.)

Segundo Pe

Porcentaje

Con Nitroge

Sin Nitroge

de liberación nitrógeno (%)	(%)	(%)
--------------------------------	-----	-----

410.0	210.0	200.0
510.0	310.0	310.0
610.0	410.0	410.0
710.0	510.0	510.0
810.0	610.0	610.0
910.0	710.0	710.0

1110.0	810.0	810.0
1210.0	910.0	910.0
1310.0	1010.0	1010.0
1410.0	1110.0	1110.0
1510.0	1210.0	1210.0

.2

30.5

100

ALMA MATER SOCIETY
(1914-1915)

of the year 1915

(1914)	(1915)	Balance
100.00	100.00	
200.00	200.00	
300.00	300.00	
400.00	400.00	
500.00	500.00	
600.00	600.00	
700.00	700.00	
800.00	800.00	
900.00	900.00	
1000.00	1000.00	
1100.00	1100.00	
1200.00	1200.00	
1300.00	1300.00	
1400.00	1400.00	
1500.00	1500.00	

ALMA MATER SOCIETY

F.V.	G.I.	A.G.
100	12	140.00
200	2	20.00
300	3	30.00
400	4	40.00
500	5	50.00
600	6	60.00
700	7	70.00
800	8	80.00
900	9	90.00
1000	10	1000.00

Es un resultado del producto de la rata de asimilación neta por la rata de área foliar. En el primer período, entre el segundo y tercer muestreo, estuvo positivamente correlacionado con el aumento de la intensidad de luz. Los resultados están presentados en la Tabla N° 3. En el análisis de variancia, se ve que en el tratamiento a plena exposición (A)100% de luz, la diferencia es altamente significativa sobre los demás. En el tratamiento (B)60% de luz, la diferencia fué significativa con respecto a los otros dos.

En el segundo período, con fertilización de nitrógeno, Tabla N° 4, se observan las mismas anomalías que en la rata de asimilación neta: un valor alto, discordante a 30% de luz, en contraposición de lo esperado. Es posible que las causas sean las mismas que en la rata de asimilación neta, a juzgar por los promedios de las repeticiones en el primer y segundo período.

Como la rata de crecimiento relativo es un resultado del producto de la rata de asimilación neta por la rata de área foliar, tratando estas dos

Es un resultado del producto de la tasa de asimilación neta por la tasa de área foliar. En el primer período, entre el segundo y tercer muestreo, estuvo positivamente correlacionado con el aumento de la intensidad de luz. Los resultados están presentados en la Tabla No 3. En el análisis de variancias, se ve que en el tratamiento a plena exposición (A) 100% de luz, la diferencia es altamente significativa sobre los demás. En el tratamiento (B) 30% de luz, la diferencia fue significativa con respecto a los otros dos.

En el segundo período, con fertilización de nitrógeno, Tabla No 4, se observan las mismas anomalías que en la tasa de asimilación neta: un valor alto, discordante a 30% de luz, en comparación de los otros períodos. Es posible que las causas sean las mismas que en la tasa de asimilación neta, a juzgar por los promedios de las repeticiones en el primer y segundo períodos.

Como la tasa de crecimiento relativo es un resultado del producto de la tasa de asimilación neta por la tasa de área foliar, tratando estas dos

ecuaciones como proponen Blackman y Wilson (4), se puede matemáticamente medir el crecimiento; siendo producto de una regresión creciente: $Y = 0.013 x - 0.0112$ (rata de asimilación neta) y de otra decreciente: $Y = 152.9 - 10.7 x$ (rata de área foliar), al aumentar el logaritmo de la intensidad de luz, se tornará curvilíneo, determinando en el punto más alto de esta curva la intensidad de luz óptima para el mayor crecimiento.

En el gráfico N° 2 se observa un ligero descenso al llegar a la intensidad de 100% de luz, que indicaría que la óptima cantidad de luz se halla cercana a 100% de luz.

Efecto de la intensidad de luz
en la rata de área foliar

Se hicieron cuatro determinaciones correspondientes a los cuatro muestreos realizados. Los resultados se encuentran en las Tablas Nos. 5 y 6 y en el gráfico N° 3. Esta relación fué disminuyendo al aumentar la intensidad de luz. El efecto del aumento de luz se manifestó en una reducción del área foliar. Teóricamen-

ecuaciones como proponen Blackman y Wilson (4), se puede matemáticamente medir el crecimiento; siendo producto de una regresión cuadrática: $Y = 0.012 x^2 - 0.011x + 1.529$ (tasa de área foliar), al aumentar el porcentaje de la intensidad de luz, se tornará curvilínea, determinando en el punto más alto de esta curva la intensidad de luz óptima para el mayor crecimiento.

En el gráfico No 2 se observa un ligero descenso al llegar a la intensidad de 100% de luz, que indicaría que la óptima cantidad de luz se halla cerca a 100% de luz.

Efecto de la intensidad de luz en la tasa de área foliar

Se hicieron cuatro determinaciones correspondientes a las cuatro muestras realizadas. Los resultados se encuentran en las Tablas Nos. 5 y 6 en el gráfico No 3. Esta relación fue disminuyendo al aumentar la intensidad de luz. El efecto del aumento de luz se manifestó en una reducción del área foliar. Leóntien-

Primer Perio

<u>Luz</u>	<u>Primer Perio</u>	<u>Primer Perio</u>	<u>Primer Perio</u>
100%(A)	1000.0	1000.0	1000.0
60%(B)	600.0	600.0	600.0
45%(C)	450.0	450.0	450.0
30%(D)	300.0	300.0	300.0

**07.01

* 3.0

U.S. AIR FORCE

STATE OF MISSISSIPPI

(Continued)

Operating Expenses

<u>Item</u>	<u>1950</u>	<u>1951</u>	<u>1952</u>
...	790.0	0.0	(A) 0.0
...	100.0	0.0	(B) 0.0
...	100.0	100.0	(C) 0.0
...	100.0	100.0	(D) 0.0
Total	1890.0	180.0	

STATE OF MISSISSIPPI

<u>Item</u>	<u>1950</u>	<u>1951</u>	<u>1952</u>
Total	1890.0	180.0	
...
...
...
...
...
...
...
Total	1890.0	180.0	

()
 ()
 ()

ANALISIS DE VALORES
(Continúa)

Sección 10

Índice	Valor (A)	Valor (B)	Valor (C)
1	0.010	0.010	0.010
2	0.010	0.010	0.010
3	0.010	0.010	0.010
4	0.010	0.010	0.010
5	0.010	0.010	0.010
6	0.010	0.010	0.010
7	0.010	0.010	0.010
8	0.010	0.010	0.010
9	0.010	0.010	0.010
10	0.010	0.010	0.010
11	0.010	0.010	0.010
12	0.010	0.010	0.010
13	0.010	0.010	0.010
14	0.010	0.010	0.010
15	0.010	0.010	0.010
16	0.010	0.010	0.010
17	0.010	0.010	0.010
18	0.010	0.010	0.010
19	0.010	0.010	0.010
20	0.010	0.010	0.010

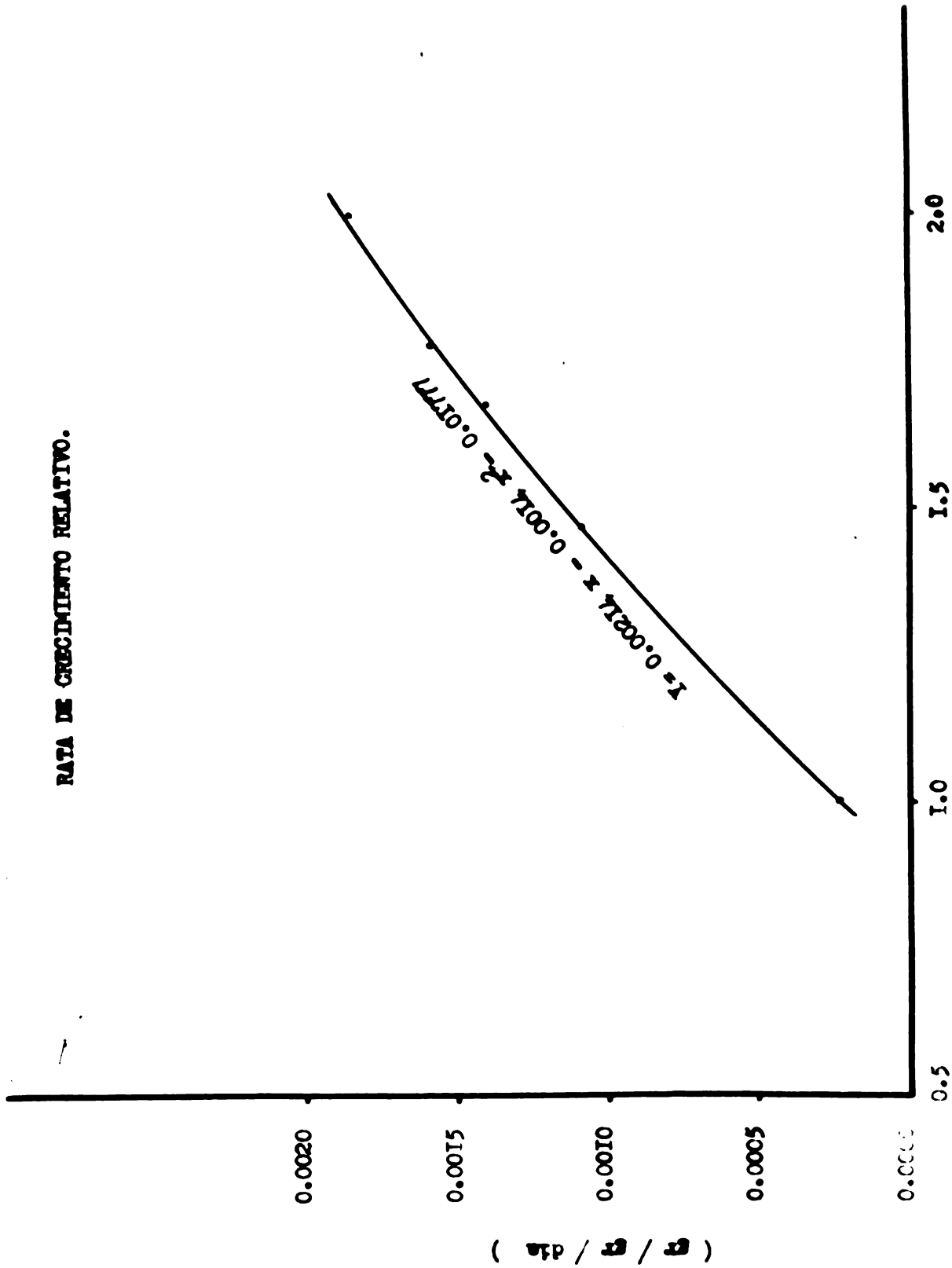
ANALISIS DE VALORES

Índice	Valor (A)	Valor (B)	Valor (C)
1	0.010	0.010	0.010
2	0.010	0.010	0.010
3	0.010	0.010	0.010
4	0.010	0.010	0.010
5	0.010	0.010	0.010
6	0.010	0.010	0.010
7	0.010	0.010	0.010
8	0.010	0.010	0.010
9	0.010	0.010	0.010
10	0.010	0.010	0.010
11	0.010	0.010	0.010
12	0.010	0.010	0.010
13	0.010	0.010	0.010
14	0.010	0.010	0.010
15	0.010	0.010	0.010
16	0.010	0.010	0.010
17	0.010	0.010	0.010
18	0.010	0.010	0.010
19	0.010	0.010	0.010
20	0.010	0.010	0.010

P: 10.10

P: 10.10

RATA DE CRECIMIENTO RELATIVO.



LOGARITMO DE LA INTENSIDAD DE LIZ.

GRAFICO n° 2.

te, según Blackman y Wilson (4), aumentando la intensidad de luz se reducirá el área foliar, hasta llegar a un límite en que el área sea 0. Este punto en que ya no se realiza la fotosíntesis, lo denominan "Punto de Extinción".

Por regresión lineal de la rata de área foliar, se puede obtener este punto teórico. En el caféto fué determinado con los datos del tercer muestreo, en el que se hizo fertilización con nitrógeno y así poder estudiar si éste afectaba el punto de extinción. Con las ecuaciones: $Y = 192.41 - 45.0 x$ y $Y = 201.36 - 47.71 x$ se obtuvieron los valores 4.27 y 4.20 para tratamiento, sin fertilización de nitrógeno y con él, respectivamente. Estos valores son más o menos intermediarios entre los encontrados por Blackman y Wilson para especies de sol. En el gráfico N° 4 se puede observar la reducción de esta relación al aumentar la intensidad luminosa.

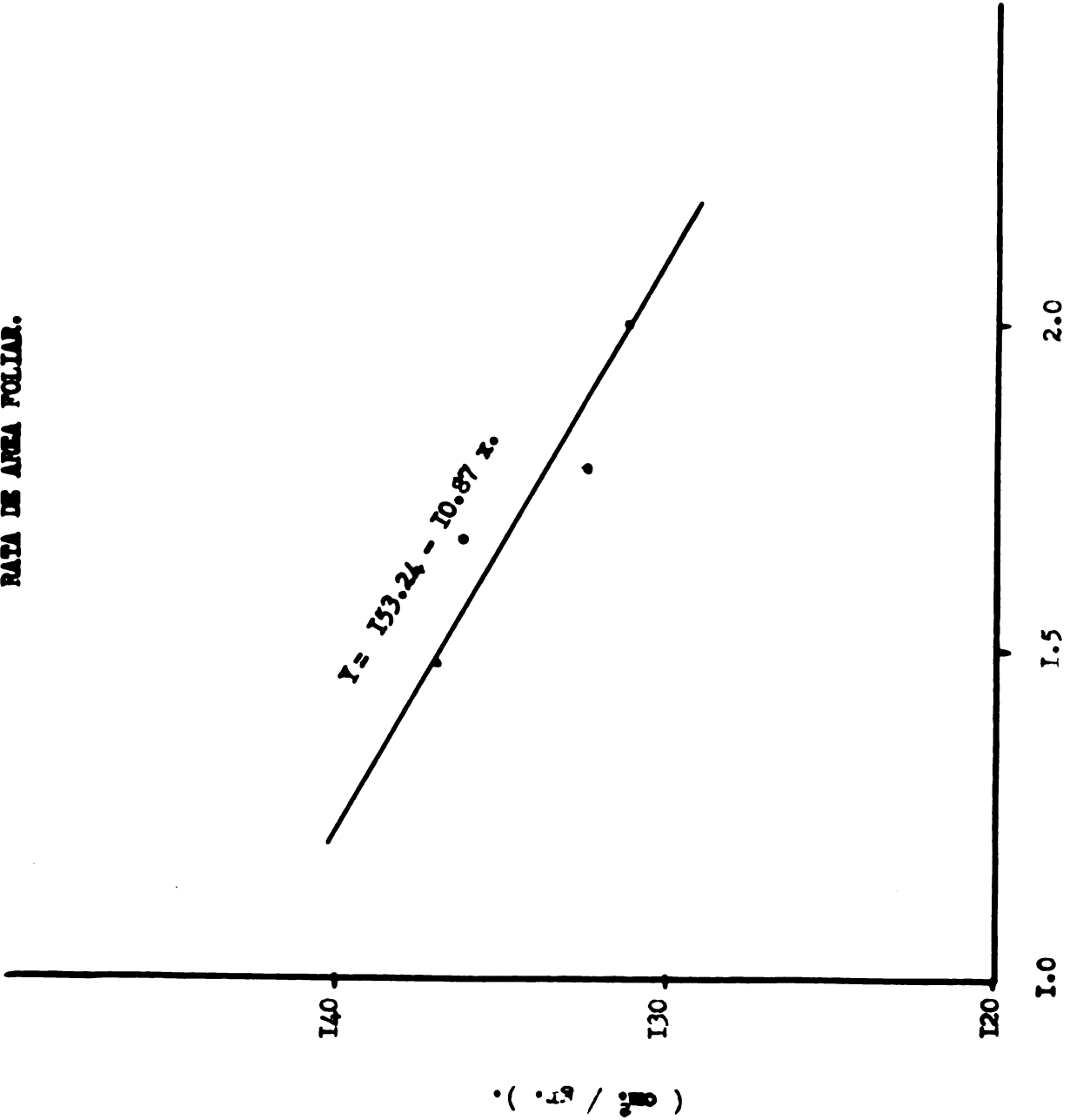
Teóricamente se obtuvo la intensidad de luz óptima para crecimiento máximo; estando en escala logarít-

te, según Blackman y Wilson (4), aumentando la intensidad de luz se reducirá el área foliar, hasta llegar a un límite en que el área sea 0. Este punto en que ya no se realiza la fotosíntesis, lo denominan "Punto de Extinción".

Por regresión lineal de la tasa de área foliar, se puede obtener este punto teórico. En el café fue determinado con los datos del tercer muestreo, en el que se hizo fertilización con nitrógeno y así poder estudiar si éste afecta el punto de extinción. Con las ecuaciones: $Y = 192.11 - 45.0 X$ y $Y = 201.36 - 47.71 X$ se obtuvieron los valores 4.27 y 4.50 para tratamiento sin fertilización de nitrógeno y con él, respectivamente. Estos valores son más o menos intermedios entre los encontrados por Blackman y Wilson para especies de sol. En el gráfico No 4 se puede observar la reducción de esta relación al aumentar la intensidad luminosa.

Teóricamente se obtuvo la intensidad de luz óptima para crecimiento máximo; estando en escala logarítmica.

RATA DE AREA FOLIAR.



LOGARITMO DE LA INTENSIDAD DE LUZ (MAXIMA 100%).

GRAFICO n° 3.



 1er.
 2do.

	(0)201	(0)201
	120.3	120.3
	120.8	120.8

 P.1

Total		11.11	
Hileras		1.02	
Columnas		1.35	
Luz	10.34	1.02	
Error	2.54	1.02	

WARRANT No. 2

WARRANT ON AWA NORT

(on / No.)

POK(B)	100(A)	II FUNDAD DE MIS
138.8	131.8	1er. Muestreo
131.1	130.0	2do. Muestreo

ANALISIS DE VALUACION

1er. Muestreo

F.V.	C.L.	C.O.	C.M.	
Total	12	22.25		
Hilera	3	42.27		
Columna	3	11.32		
Ima	3	21.10	1.40.8	0.30
Brior	6	28.10	1.13.0	

TABLE IV

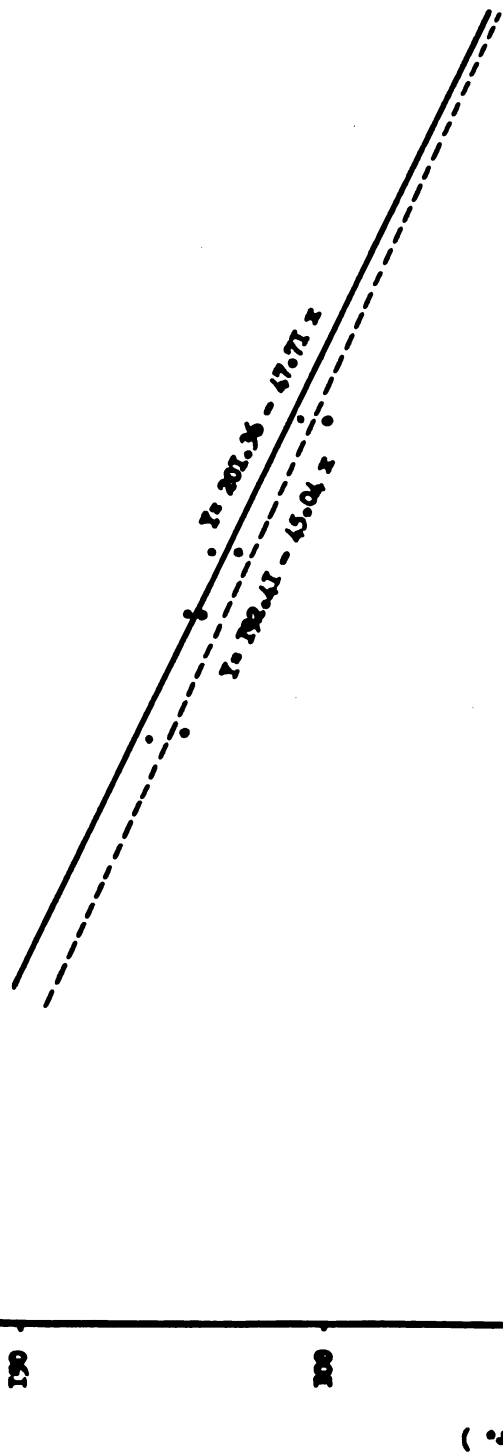
(contd.)

(A)	(B)	(C)	
100.0	100.0	100.0	Con nitrogen
100.1	100.0	100.1	Sin nitrogen
100.0	100.0	100.0	Total
100.0	100.0	100.0	Con nitrogen
100.0	100.0	100.0	Sin nitrogen
100.0	100.0	100.0	Total

F.V.	G.L.	S.O.	S.O.	F.
Total	15	100.00	100.00	
Hilera	3	100.00	100.00	
Columna	3	100.00	100.00	
Int	3	100.00	100.00	100.00
Error (a)	3	100.00	100.00	
Total subparcial	31	100.00	100.00	
Total	15	100.00	100.00	
Nitrogeno	1	100.00	100.00	100.00
Interseccion N/Int	3	100.00	100.00	
Error (b)	10	100.00	100.00	

P - 3-631 (100.00)
 (100.00)
 (100.00)
 (100.00)

REACTIVACION DE AREA FOLIAR



7.1 \$ PUNTO DE COMPENSACION.

126 \$, INTENSIDAD DE LUZ OPTIMA PARA
MAYOR CROCIENTO.

LOGARITMO DE LA INTENSIDAD DE LUZ (MEDIDA ECOS).

• ——— CON NITROGENO.

• - - - SIN NITROGENO.

GRAFICO N° 4.

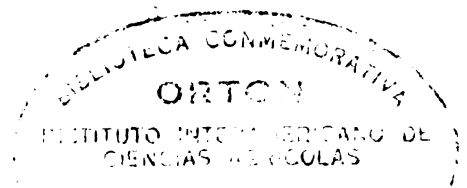
mica, intermedio entre el punto de compensación y el punto de extinción. Fué determinado en 128% de luz cercano al encontrado para la rata de crecimiento relativo.

Efecto de la intensidad de luz
en el peso seco

Se puede considerar como otra medida de crecimiento, ya que es el resultado de la síntesis de los hidratos de carbono, más una pequeña cantidad de minerales absorbidos por las raíces. En los resultados del tercer y cuarto muestreo, presentados en las Tablas Nos. 7 y 8, se puede observar que los pesos secos van aumentando regularmente de la menor intensidad de luz a la de plena exposición.

Por los análisis de variancia, se ve que la diferencia entre el tratamiento de sol en el tercer muestreo fué altamente significativa, y fué significativa en el cuarto muestreo, con respecto a los tratamientos de sombra.

Dentro de un mismo tratamiento, el peso seco fué mayor con la fertilización de nitrógeno; el efecto de éste fué decisivo, aumentando casi en el doble los pesos de los tratamientos sin nitrógeno. En los análisis de variancia, las diferencias dieron significación a favor del tratamiento de sol, respecto a los de sombra.



El medio entre el punto de comparación y el punto de extinción. Fue determinado en IBSI de los ceranos al encontrado para la tasa de crecimiento relativo.

Efecto de la intensidad de luz

en el peso seco

Se puede considerar como otra medida de crecimiento, ya que es el resultado de la síntesis de los hidratos de carbono, más una pequeña cantidad de minerales absorbidos por las raíces. En los resultados del tercer y cuarto muestreo, presentados en las Tablas Nos. 7 y 8, se puede observar que los pesos secos van aumentando regularmente de la menor intensidad de luz a la de plena exposición.

Por los análisis de variancias, se ve que la diferencia entre el tratamiento de sol en el tercer muestreo fue altamente significativa, y fue significativa en el cuarto muestreo, con respecto a los tratamientos de sombra.

Dentro de un mismo tratamiento, el peso seco fue mayor con la fertilización de nitrógeno; el efecto de este fue decisivo, aumentando casi en el doble los pesos de los tratamientos sin nitrógeno. En los análisis de variancias, las diferencias dieron significación a favor del tratamiento de sol, respecto a los de sombra.



Estos resultados están expuestos en el gráfico No. 5.

Los datos anteriores dieron una idea de la gran carencia de nitrógeno del campo experimental.

Efecto de la intensidad de luz
en el área de hoja

La disminución de la intensidad de luz, ocasionada por el sombreamiento, no ha tenido efecto en el aumento del área total por tratamiento y por planta; estos resultados del tercer y cuarto muestreo están expuestos en la Tabla No. 9. En ellos se observa un aumento de área con la disminución de la luz, pero sin que las diferencias llegaran a alcanzar niveles de significación para ningún tratamiento.

La fertilización con nitrógeno tuvo efecto en el aumento de área foliar por planta, respecto a las no fertilizadas, pero entre los tratamientos fertilizados no hubieron diferencias significativas. La presentación esquemática de estos resultados se encuentran en el gráfico No. 5.

Efecto de la intensidad de luz
en el número de hojas

En los cuatro muestreos realizados, el número de hojas fué aumentando al aumentar la intensidad de luz.

Estos resultados están expuestos en el gráfico No. 5.
Los datos anteriores dieron una idea de la gran
carencia de nitrógeno del campo experimental.

Efecto de la intensidad de luz
en el área de hojas

La disminución de la intensidad de luz, ocasiona
nada por el sombreadamiento, no ha tenido efecto en el
aumento del área total por tratamiento y por plantas;
estos resultados del tercer y cuarto cuarteles están
expuestos en la Tabla No. 9. En ellos se observa un
aumento de área con la disminución de la luz, pero sin
que las diferencias llegaran a alcanzar niveles de sig-
nificación para ningún tratamiento.

La fertilización con nitrógeno tuvo efecto en
el aumento de área foliar por planta, respecto a las no
fertilizadas, pero entre los tratamientos fertilizados
no hubieron diferencias significativas. La presenta-
ción experimental de estos resultados se encuentran en
el gráfico No. 5.

Efecto de la intensidad de luz
en el número de hojas

En los cuatro cuarteles realizados, el número de
hojas fue aumentando al aumentar la intensidad de luz.

Cuarto Muest

<u>INTE</u>
Con nitrogen
Sin nitrogen
Total

INTE	(%)	(%)
Con nitrogen	70.47	100.00
Sin nitrogen	29.53	100.00
Total	100.00	100.00

--	--

**I .00	100.00
0.00	100.00
	100.00
	100.00
**I .00	100.00
0.00	100.00
	100.00
	100.00

(100-100000)

(Total amount for all districts)

Quinto Mesa report

Item	Amount	Percentage
Construction	100.00	100.00%
Maintenance	100.00	100.00%
Total	200.00	100.00%

Summary of items

Item	Amount	Percentage
Construction	100.00	100.00%
Maintenance	100.00	100.00%
Construction	100.00	100.00%
Maintenance	100.00	100.00%
Construction	100.00	100.00%
Maintenance	100.00	100.00%
Construction	100.00	100.00%
Maintenance	100.00	100.00%
Construction	100.00	100.00%
Maintenance	100.00	100.00%
Construction	100.00	100.00%
Maintenance	100.00	100.00%

Tercer Mues

	10.00	(1) 05	(1)
	10.00	10.00	10.00
	10.00	10.00	10.00
	10.00	10.00	10.00
	10.00	10.00	10.00
	10.00	10.00	10.00

Cuarto Muest

F.V.

Total
 Hileras
 Columnas
 Luz
 Error (a)
 Total subparc
 Total
 Nitrogeno
 Interaccion N
 Error (b)

	10.00	10.00	10.00
			10.00
			10.00
			10.00
	10.00	10.00	10.00
		10.00	10.00
			10.00
	**10.00	10.00	10.00
	10.00	10.00	10.00
		10.00	10.00

P : 3-6 gl.

1950

(1950) 1000000

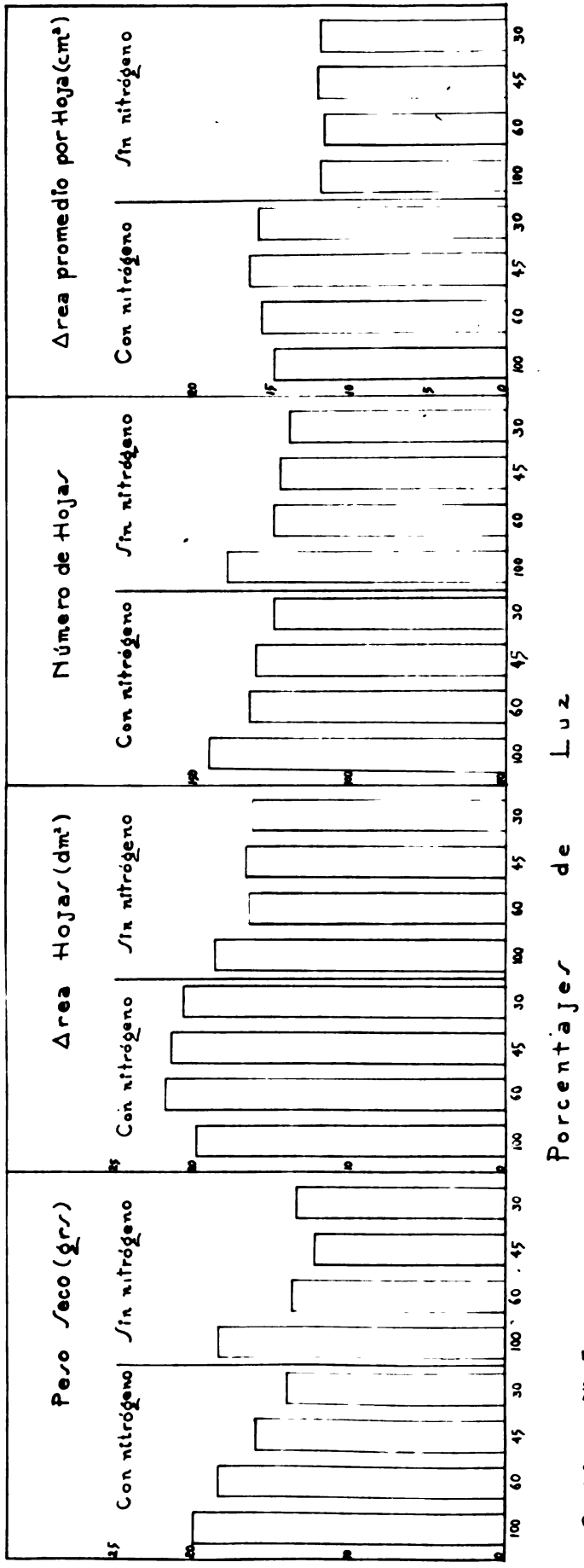
(Total 1000000)

Item	(A)	(B)
First	1000000	1000000
Second	1000000	1000000
Third	1000000	1000000
Fourth	1000000	1000000
Fifth	1000000	1000000
Sixth	1000000	1000000
Seventh	1000000	1000000
Eighth	1000000	1000000
Ninth	1000000	1000000
Tenth	1000000	1000000
Total	10000000	10000000

Total 1000000

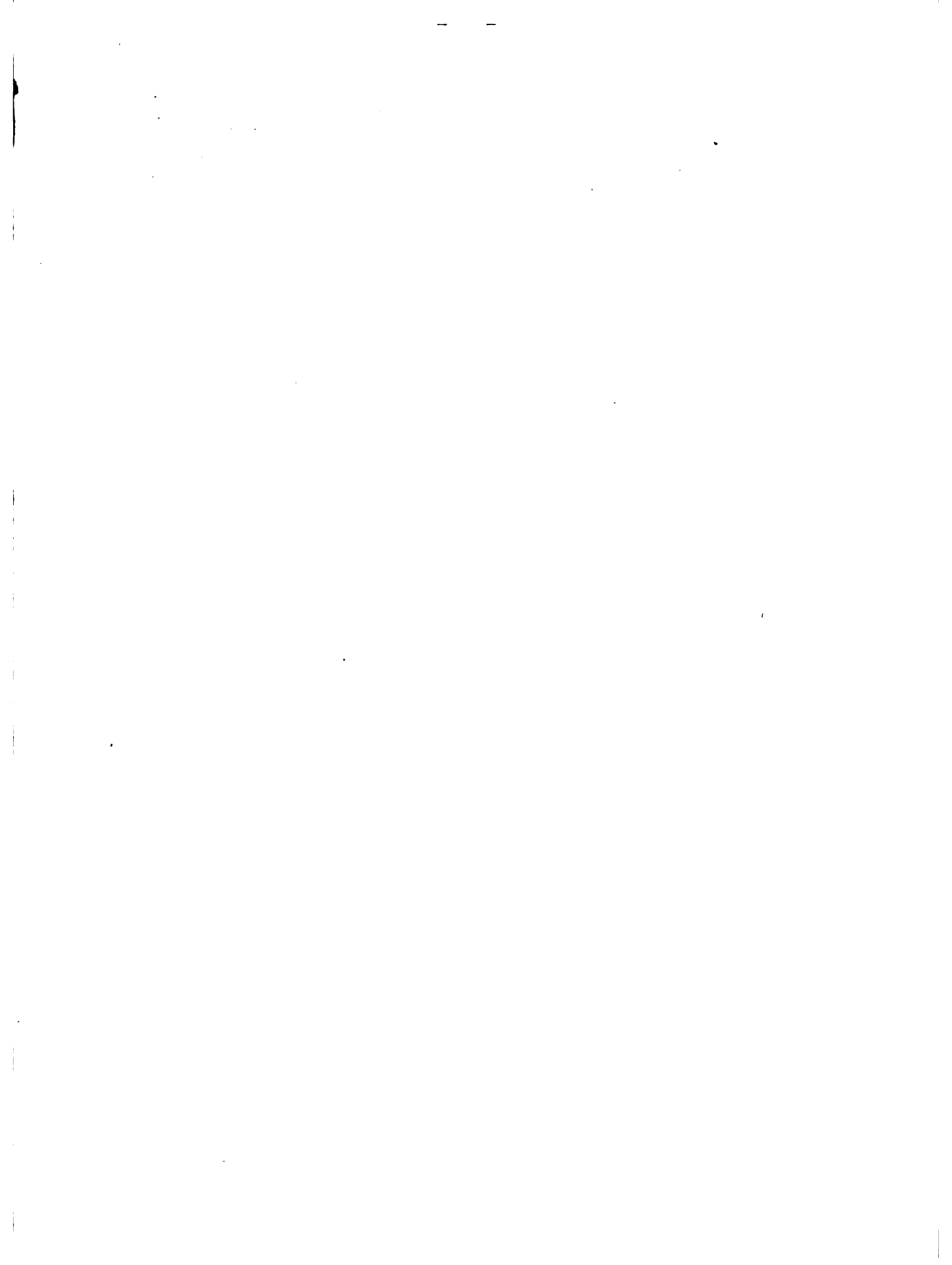
Item	(A)	(B)
First	1000000	1000000
Second	1000000	1000000
Third	1000000	1000000
Fourth	1000000	1000000
Fifth	1000000	1000000
Sixth	1000000	1000000
Seventh	1000000	1000000
Eighth	1000000	1000000
Ninth	1000000	1000000
Tenth	1000000	1000000
Total	10000000	10000000

Total 10000000



Porcentajes de Luz

Grafico Nº 5



Estos resultados están expuestos en las Tablas Nos. 10 y 11, y en el grafico No. 5. En los análisis de variancia, la diferencia entre el tratamiento de sol fué altamente significativa, con respecto a los tratamientos de sombra.

La fertilización con nitrógeno después del segundo muestreo, no tuvo influencia en el aumento del número de hojas por tratamiento, pero en el cuarto muestreo la diferencia fué de alta significación entre el tratamiento de sol y los de sombreado. Las plantas empezaron a perder sus hojas primarias (cotiledónares) desde el segundo muestreo y es posible que el efecto de la fertilización de nitrógeno sea más bien el de evitar el desprendimiento de estas de la planta, que el de tener efecto en una mayor formación de hojas.

Efecto de la intensidad de luz

en la rata Parte aérea/Sistema radicular

Esta relación es el resultado de dividir los pesos secos de la parte aérea: hojas más tallos, por el peso seco de la raíz. Estas determinaciones se hicieron una en el segundo muestreo y la otra en el tercero; en esta última para estudiar la influencia de la fertilización con nitrógeno. Los resultados están expuestos en la Tabla No. 12.

Estos resultados están expuestos en las Tablas Nos. 10 y 11, y en el gráfico No. 5. En los análisis de variancia, la diferencia entre el tratamiento de sol y el tratamiento de sombra, con respecto a los tratamientos de sombra.

La fertilización con nitrógeno después del segundo muestreo, no tuvo influencia en el aumento del número de hojas por tratamiento, pero en el cuarto muestreo la diferencia fue de alta significación entre el tratamiento de sol y los de sombra. Las plantas empezaron a perder sus hojas primarias (cotiledónes) desde el segundo muestreo y es posible que el efecto de la fertilización de nitrógeno sea más bien el de evitar el desprendimiento de estas de la planta, que el de tener efecto en una mayor formación de hojas.

Efecto de la intensidad de luz en la tasa aérea/Sistema radicular

Esta relación es el resultado de dividir los pesos aéreos de la parte aérea: hojas más tallos, por el peso seco de la raíz. Estas determinaciones se hicieron una en el segundo muestreo y la otra en el tercer y en esta última para estudiar la influencia de la fertilización con nitrógeno. Los resultados están expuestos en la Tabla No. 12.

(continued from previous page)

<u>INTE</u>	1950	(1)	(2)
Primer Mu	100.1	100	
Segundo M	100.1	100	

<u>F.V</u>	1950	1951	1952
Total			100.6
Hileras			100
Columnas			100
Luz	100.1	100	100.6
Error		0	0.1

P : 5%

1.0.1.1

TABLE 1

(2) Total number of...

	1000 (A)	500 (B)
Primer (Moles)	448	410
Secondary lines (Moles)	577	480

TABLE 2

Primer (Moles)

	0.0	0.5	1.0	1.5	Total
Primer (Moles)					1.378
Secondary lines (Moles)					1.0
Columns					3
Lines					3
Error					3

1.378 1.0 3 3 3

(Conti. ...)

INTE
Tercero M

Factor	(4) E	(5)
1.00	2.00	
2.00	2.00	
3.00	2.00	
4.00	2.00	
5.00	2.00	
6.00	2.00	
7.00	2.00	
8.00	2.00	
9.00	2.00	
10.00	2.00	

Cuarto M

... ..

F

Total			8,008.
Hileras			4.
Columnas			1,88
Las			1,000.1
AxBxD	8,100.1		8,100.1
BxCxD	2,00		2,00
CxD	2,00		2,00
Error (e)			2,00
Total s			2,000
Total			8,100.1
Nitrogen	8,100.1		8,100.1
Interacc	1,00		1,00
Error (f)	1,00		4,000

P :

INT
Segundo Mues
Tercero Mues

Total	(D) 0.08	(E)
71.00	27.51	43.49
72.50	28.11	44.39
71.70	28.01	43.69
71.40	27.91	43.49

F.V.
Total
Hileras
Columnas
Luz
AxBCD
BxOD
CxD
Error (a)
Total subpas
Total
Nitrogeno
Interaccion
Error (b)

Total Muestra		
F.	M.	D.
		80.
		17.0
		21.1
		40.0
**0.01	43.0	37.0
	21.0	21.0
	22.0	22.0
	21.0	28.0
		41.1
		88.0
**0.01	2.0	21.0
	21.0	25.0
	21.0	00.1

ANEXO I

ANEXO I - ANÁLISIS DE COSTOS

(en \$)

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Segundo Muestreo	10.10			10.10
2	Tercero Muestreo	10.10			10.10
3	Quinto Muestreo	10.10			10.10
Total				30.30	30.30

ANEXO I - ANÁLISIS DE COSTOS

Segundo Muestreo

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Material	10.10			10.10
2	Mano de obra	10.10			10.10
3	Equipo	10.10			10.10
4	Transporte	10.10			10.10
5	Alquiler	10.10			10.10
6	Seguros	10.10			10.10
7	Impuestos	10.10			10.10
8	Interés	10.10			10.10
9	Beneficio	10.10			10.10
10	Total	100.00			100.00

En el análisis de variancia la diferencia fué al tamente significativa entre el tratamiento de sol y los tratamientos de sombra.

La fertilización con nitrógeno tuvo en la diferencia de las no tratadas, un nivel de alta significación.

Efecto de la intensidad de luz
en el número de estomas

De las 30 observaciones por tratamiento de intensidad de luz, se obtuvieron promedios de estomas por cm^2 ; éstos están expuestos en la Tabla No. 13 y en el gráfico No. 6.

El número de estomas aumentó con el aumento de la intensidad de luz, hasta casi doblar el número con respecto a 30% de luz.

En el análisis de variancia las diferencias fueron de alta significación entre uno y otro tratamiento de luz. La fertilización con nitrógeno, respecto a las no tratadas, dió una diferencia de alta significación.

Obtenido el promedio de área por hoja, de las 12 hojas en las que se tomaron los discos para el recuento, se multiplicó éste por el número observado por cm^2 para obtener el número de estomas por hoja.

En el análisis de variancia la diferencia fue altamente significativa entre el tratamiento de sol y los tratamientos de sombra. La fertilización con nitrógeno tuvo en la diferencia de las no tratadas, un nivel de alta significación.

Efecto de la intensidad de luz
en el número de estomas

De las 30 observaciones por tratamiento de intensidad de luz, se obtuvieron promedios de estomas por cm²; éstos están expuestos en la Tabla No. 13 y en el gráfico No. 6. El número de estomas aumentó con el aumento de la intensidad de luz, hasta casi doblar el número con respecto a 30% de luz. En el análisis de variancia las diferencias fueron de alta significación entre uno y otro tratamiento de luz. La fertilización con nitrógeno, respecto a las no tratadas, dio una diferencia de alta significación. Obtenido el promedio de áreas por hoja, de las 12 hojas en las que se tomaron los discos para el recuento, se multiplicó éste por el número observado por cm² para obtener el número de estomas por hoja.

Del mismo modo, en la Tabla N° 14 se encuentra el promedio de área por hoja en cada tratamiento, obtenido al dividir el área total por el número total de hojas por tratamiento.

Aunque no se hizo tratamiento estadístico de los datos, en la Tabla N° 15 se ve que la intensidad de luz tiene influencia en el tamaño de los estomas, siendo éstos menores a sol. El nitrógeno aumentó el tamaño de los estomas.

Del mismo modo, en la Tabla No. 11 se encuentran el promedio de área por hoja en cada tratamiento, obtenido al dividir el área total por el número total de hojas por tratamiento.

Aunque no se hizo tratamiento estadístico de los datos, en la Tabla No. 12 se ve que la influencia de las dosis de nitrógeno en el tamaño de las estomas, siendo éstas menores a sol. El nitrógeno aumentó el tamaño de las estomas.

INTER

Con Nitrogen

Sin Nitrogen

Year	(1)	(2)
	017,01	017,01
	2,104	2,104
	01,80	01,80
	27,90	27,90
	000,01	000,01
	1,112	1,112
	2,104	2,104
	01,80	01,80

1

**2,104

**0,30

**0,30

**0,30

1,112

2,104

01,80

Table 1

Table 1. (continued)

(continued)

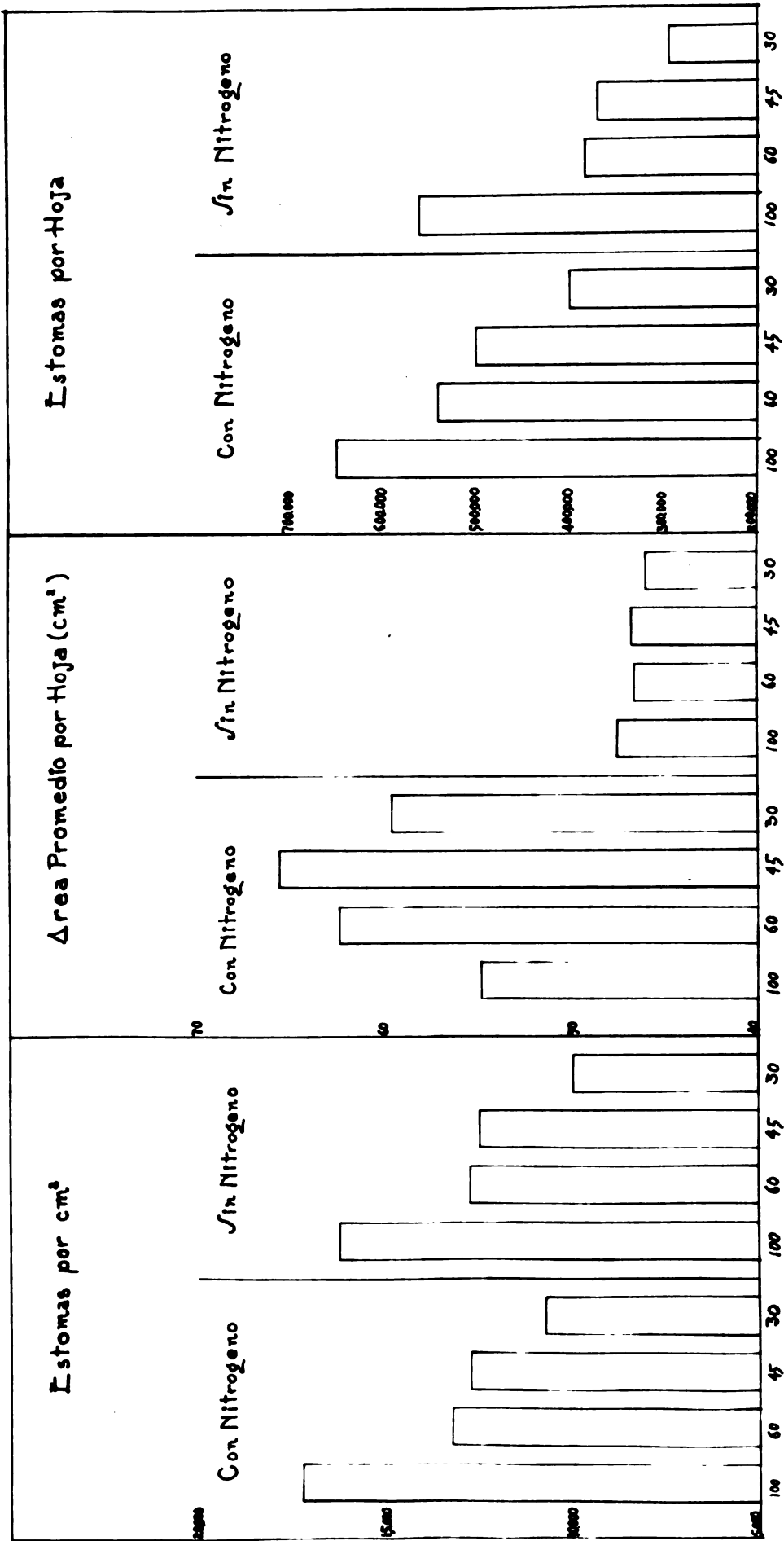
(continued)

1.1	1.1	1.1
1.2	1.2	1.2
1.3	1.3	1.3

(continued)

(continued)

1.1	1.1	1.1
1.2	1.2	1.2
1.3	1.3	1.3
1.4	1.4	1.4
1.5	1.5	1.5
1.6	1.6	1.6
1.7	1.7	1.7
1.8	1.8	1.8
1.9	1.9	1.9
1.10	1.10	1.10
1.11	1.11	1.11
1.12	1.12	1.12
1.13	1.13	1.13
1.14	1.14	1.14
1.15	1.15	1.15
1.16	1.16	1.16
1.17	1.17	1.17
1.18	1.18	1.18
1.19	1.19	1.19
1.20	1.20	1.20
1.21	1.21	1.21
1.22	1.22	1.22
1.23	1.23	1.23
1.24	1.24	1.24
1.25	1.25	1.25
1.26	1.26	1.26
1.27	1.27	1.27
1.28	1.28	1.28
1.29	1.29	1.29
1.30	1.30	1.30
1.31	1.31	1.31
1.32	1.32	1.32
1.33	1.33	1.33
1.34	1.34	1.34
1.35	1.35	1.35
1.36	1.36	1.36
1.37	1.37	1.37
1.38	1.38	1.38
1.39	1.39	1.39
1.40	1.40	1.40
1.41	1.41	1.41
1.42	1.42	1.42
1.43	1.43	1.43
1.44	1.44	1.44
1.45	1.45	1.45
1.46	1.46	1.46
1.47	1.47	1.47
1.48	1.48	1.48
1.49	1.49	1.49
1.50	1.50	1.50
1.51	1.51	1.51
1.52	1.52	1.52
1.53	1.53	1.53
1.54	1.54	1.54
1.55	1.55	1.55
1.56	1.56	1.56
1.57	1.57	1.57
1.58	1.58	1.58
1.59	1.59	1.59
1.60	1.60	1.60
1.61	1.61	1.61
1.62	1.62	1.62
1.63	1.63	1.63
1.64	1.64	1.64
1.65	1.65	1.65
1.66	1.66	1.66
1.67	1.67	1.67
1.68	1.68	1.68
1.69	1.69	1.69
1.70	1.70	1.70
1.71	1.71	1.71
1.72	1.72	1.72
1.73	1.73	1.73
1.74	1.74	1.74
1.75	1.75	1.75
1.76	1.76	1.76
1.77	1.77	1.77
1.78	1.78	1.78
1.79	1.79	1.79
1.80	1.80	1.80
1.81	1.81	1.81
1.82	1.82	1.82
1.83	1.83	1.83
1.84	1.84	1.84
1.85	1.85	1.85
1.86	1.86	1.86
1.87	1.87	1.87
1.88	1.88	1.88
1.89	1.89	1.89
1.90	1.90	1.90
1.91	1.91	1.91
1.92	1.92	1.92
1.93	1.93	1.93
1.94	1.94	1.94
1.95	1.95	1.95
1.96	1.96	1.96
1.97	1.97	1.97
1.98	1.98	1.98
1.99	1.99	1.99
2.00	2.00	2.00



Porcentajes de Intensidad de luz

Gráfico N° 6

TABLA No. 15

DIMENSIONES DE ESTOMAS (micra)

<u>INTENSIDAD DE LUZ:</u>	<u>100%(A)</u>	<u>60%(B)</u>	<u>45%(C)</u>	<u>30%(D)</u>
Con nitrogeno	27.8 x 17	29.5 x 17	30.6 x 17	29.2 x 17
Sin nitrogeno	28.9 x 17	28.2 x 17	28.5 x 17	28.9 x 16.5

Promedios de 10 observaciones por tratamiento.

1.0. 1944

()

(a)	(c)	(d)	(e)	: 1944
1944	1944	1944	1944	1944
1944	1944	1944	1944	1944

Procedimientos de IO operacionales por el personal.

DISCUSION

En los cuatro tratamientos de luz, la mayor rata de asimilación neta y la rata de crecimiento relativo, han correspondido a cafetos a sol. Ambas ratas están logarítmicamente relacionadas con el porcentaje de luz.

Los pesos secos, resultado final de la síntesis de los hidratos de carbono por la fotosíntesis, han sido mayores a 100% de luz, o sea en los cafetos a sol, estando los pesos secos de los demás tratamientos en orden decreciente con la disminución de la intensidad de luz. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Winters (63) en Cinchona ledgeriana, quien reportó mayores pesos secos en altos niveles de luz.

No se encontró diferencia significativa en área de hojas total por tratamiento y por planta; aunque la fertilización con nitrógeno ha tenido un efecto de alta significación en el aumento de área respecto a las no tratadas.

Watson (60) encontró que el aumento de peso fué debido a un aumento de área de las hojas por planta, y en contradicción con él, se ha encontrado en las plantas jóvenes de cafeto, que la rata de asimilación neta aumenta, lo mismo que el peso seco, en el tratamiento de 100% de luz, cuando el área foliar disminuye o por lo menos no se encontró en el análisis de variancia, dife-

DISCUSION

En los cuatro tratamientos de luz, la mayor rata de asimilación neta y la rata de crecimiento relativo han correspondido a cafeos a sol. Ambas ratas están lógicamente relacionadas con el porcentaje de luz. Los pesos secos, resultado final de la síntesis de los hidratos de carbono por la fotosíntesis, han sido mayores a 100% de luz, o sea en los cafeos a sol, estando los pesos secos de los demás tratamientos en orden decreciente con la disminución de la intensidad de luz. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Winters (65) en Cinchona ledgeriana, quien reportó mayores pesos secos en altos niveles de luz.

No se encontró diferencia significativa en áreas de hojas total por tratamiento y por plantas; aunque la fertilización con nitrógeno ha tenido un efecto de alta significación en el aumento de áreas respecto a las no tratadas.

Watson (66) encontró que el aumento de peso fue debido a un aumento de área de las hojas por planta, y en contradicción con él, se ha encontrado en las plantas jóvenes de cafeo, que la rata de asimilación neta es la misma que el peso seco, en el tratamiento de 100% de luz, cuando el área foliar disminuye o por lo menos no se encontró en el análisis de variancia, dife-

ferencia en área foliar en los cuatro tratamientos de luz.

El aumento de peso seco y de la rata de asimilación neta, estuvo correlacionado con el aumento de la intensidad de luz. Por lo tanto, a igualdad de área foliar, hubo más fotosíntesis en cafetos a sol que en los sombreados.

Estos resultados no están de acuerdo con los de Nutman (41), quien encontró una mayor fotosíntesis en los cafetos sombreados. Esta discordancia de datos se debe encontrar talvez, en el procedimiento empleado: Nutman midió la fotosíntesis aparente, o sea la absorción de anhídrido carbónico por la hoja en una cámara especial, trabajando con plantas adultas. Es posible que este método no alcance exactitud en condiciones naturales, teniendo en cuenta que la hoja, o la planta entera encerradas en la cámara no están expuestas a la luz normal, ya que la intensidad y la calidad están alteradas por las paredes de la cámara; tampoco la humedad relativa y la concentración de anhídrido carbónico es la misma que en el medio circundante.

La determinación de la fotosíntesis por el método del dosaje del anhídrido carbónico debería ser efectuada en condiciones naturales a las cuales la planta

ferencia en áreas foliar en los cuatro tratamientos de luz.

El aumento de peso seco y de la tasa de asimilación neta, estuvo correlacionado con el aumento de la intensidad de luz. Por lo tanto, a igualdad de áreas foliar, hubo más fotosíntesis en cafetos a sol que en los sombreados.

Estos resultados no están de acuerdo con los de Nutman (11), quien encontró una mayor fotosíntesis en los cafetos sombreados. Esta discordancia de datos se debe encontrar tal vez, en el procedimiento empleado; Nutman midió la fotosíntesis aparente, o sea la absorción de anhídrido carbónico por la hoja en una cámara especial, trabajando con plantas adultas. Es posible que este método no alcance exactitud en condiciones naturales, teniendo en cuenta que la hoja, o la planta entera encerradas en la cámara no están expuestas a la luz normal, ya que la intensidad y la calidad están alteradas por las paredes de la cámara; tampoco la humedad relativa y la concentración de anhídrido carbónico es la misma que en el medio circundante.

La determinación de la fotosíntesis por el método del gasaje del anhídrido carbónico debería ser exacta en condiciones naturales a las cuales la planta

esté morfológica y fisiológicamente adaptada.

Matelhasi (37) encontró que la temperatura aumentaba la fotosíntesis hasta los 25°C., aumentando más la primera, se producía rápida disminución de la segunda. Es posible que en la cámara la temperatura aumente, no obstante la corriente de aire, respecto a la del medio circundante y disminuya la fotosíntesis.

Nutman (42) también determinó que la intensidad de luz directa tiene efecto sobre el cierre de los estomas, relacionado este cierre con la no penetración de anhídrido carbónico dentro de la hoja y la disminución de la fotosíntesis. Alvim y Havis (1) encontraron también que la luz intensa tiene efecto en el cierre de los estomas, aunque éste no es total.

Por los resultados experimentales se vió que el efecto de la intensidad de luz ha sido un aumento del número de estomas por cm^2 , y que este aumento se debió a una mayor diferenciación de los tejidos y mayor formación de estomas por unidad de superficie; resultando los cafetos a sol con un mayor número de estomas por hoja que los sombreados, estando este aumento paralelo con el aumento de la intensidad de luz.

La influencia de la intensidad de luz en la diferenciación de los tejidos meristemáticos, está de acuerdo con lo encontrado por Isanogle (31), quien de

estas morfológicas y fisiológicas abastadas.

Matehuel (37) encontró que la temperatura aumentaba la fotosíntesis hasta los 25°C., aumentando más la primera, se produce rápida disminución de la segunda. Es posible que en la cámara la temperatura ambiente, no obstante la corriente de aire, respecto a la del medio circundante y disminuya la fotosíntesis.

Nutman (42) también determinó que la intensidad de luz directa tiene efecto sobre el cierre de los estomas, relacionado este cierre con la no penetración de anhídrido carbónico dentro de la hoja y la disminución de la fotosíntesis. Alvin y Havia (1) encontraron también que la luz intensa tiene efecto en el cierre de los estomas, aunque éste no es total.

Por los resultados experimentales se vio que el efecto de la intensidad de luz ha sido un aumento del número de estomas por cm², y que este aumento se dio a una mayor diferenciación de los tejidos y mayor formación de estomas por unidad de superficie; resultando los efectos a sol con un mayor número de estomas por hoja que los sombreados, estando este aumento paralelo con el aumento de la intensidad de luz.

La influencia de la intensidad de luz en la diferenciación de los tejidos meristemáticos, está de acuerdo con lo encontrado por Lashole (31), quien de

terminó ésta en la mayor división longitudinal de las células meristemáticas.

Se podría suponer que si bien es cierto que se produce un cierre parcial de los estomas por efecto de la mayor intensidad luminosa, esto no disminuyó la absorción de anhídrido carbónico, puesto que hubo más fotosíntesis a sol.

La disminución de la abertura estomatal probablemente fué compensada por el mayor número de estomas a sol. Esto estaría de acuerdo con lo encontrado por Freeland (25), quien relacionó la mayor fotosíntesis con la mayor frecuencia de los estomas por unidad de superficie.

La determinación del punto de compensación, 7.1% de intensidad de luz; del punto de extinción y de la intensidad de luz óptima para máximo crecimiento de 128% de luz, punto intermedio en escala logarítmica, entre el punto de compensación y el punto de extinción, mostraron que el cafeto tuvo un máximo crecimiento a sol directo. La relación parte aérea/sistema radicular, fué siempre mayor a sol; la fertilización con nitrógeno tuvo una diferencia de alta significación respecto a las no fertilizadas. Curtiss y Clark (17), y Meyer y Anderson (39), encontraron una relación contraria, es decir, mayor a sombra.

terminó ésta en la mayor división longitudinal de las células meristemáticas.

Se podría suponer que si bien es cierto que se produce un cierre parcial de los estomas por efecto de la mayor intensidad luminosa, éste no disminuyó la absorción de anhídrido carbónico, puesto que hubo más fotosíntesis a sol.

La disminución de la apertura estomatal probable- mente fue compensada por el mayor número de estomas a sol. Esto estaría de acuerdo con lo encontrado por Freehand (25), quien relacionó la mayor fotosíntesis con la mayor frecuencia de los estomas por unidad de superficie.

La determinación del punto de compensación, 7.1% de intensidad de luz; del punto de extinción y de la intensidad de luz óptima para máximo crecimiento de 128% de luz, punto intermedio en escala logarítmica, entre el punto de compensación y el punto de extinción, mostraron que el café tuvo un máximo crecimiento a sol directo. La relación parte aérea/sistema radicular, fue siempre mayor a sol; la fertilización con ní- trogeno tuvo una diferencia de alta significación res- pecto a las no fertilizadas. Curtis y Clark (17), y Meyer y Anderson (29), encontraron una relación contra- ria, es decir, mayor a sombra.

Es posible que siendo los carbohidratos un factor principal en el crecimiento de las raíces, ya que éstas aumentan el crecimiento cuando hay exceso de los primeros en la parte aérea, cualquier tratamiento (en el caso presente fué la mayor intensidad luminosa) que tienda a aumentar la fotosíntesis, aumentara esta relación. respecto a otro tratamiento en que la parte aérea sintetice menos carbohidratos debido al sombreamiento.

Aunque los pesos secos de las raíces no se analizaron con métodos estadísticos, hubo poca variación en los cuatro tratamientos de luz.

Las raíces de los cafetos a sol fueron más largas y de mayor crecimiento, estando compensadas en peso seco con las de sombra, ya que éstas tuvieron mayor ramificación, concordando con lo reportado por Sylvain (52).

Es posible que siendo los carbohidratos un factor principal en el crecimiento de las raíces, ya que éstas aumentan el crecimiento cuando hay exceso de los primeros en la parte aérea, cualquier tratamiento (en el caso presente fue la mayor intensidad luminosa) que tienda a aumentar la fotosíntesis, aumentará esta relación respecto a otro tratamiento en que la parte aérea sintetice menos carbohidratos debido al sombreado. Aunque los pesos secos de las raíces no se analizaron con métodos estadísticos, hubo poca variación en los cuatro tratamientos de luz. Las raíces de los cafetos a sol fueron más largas y de mayor crecimiento, estando compensadas en peso seco con las de sombra, ya que éstas tuvieron mayor ramificación, concordando con lo reportado por Sylvain (52).

CONCLUSIONES

La reacción fisiológica de la planta joven de ca-
feto ante el estímulo de la máxima intensidad de luz
o de sol directo, se consideraría como la de una plan-
ta de sol, ya que la fotosíntesis y la rata de creci-
miento relativo fueron gradualmente aumentando al au-
mentar la intensidad de luz. De reaccionar como una
planta de sombra, la rata de asimilación neta y la ra-
ta de crecimiento relativo deberían alcanzar un máximo
y luego permanecer constante o disminuir antes de al-
canzar la máxima intensidad de luz. Según Rawitscher
(44) se puede distinguir fisiológicamente entre plan-
tas de sol y las de sombra por sus adaptaciones a di-
versas intensidades de luz; la fotosíntesis tiene que
ser mayor en plantas sombreadas si éstas son de sombra.

La determinación hecha según el criterio de Black-
man y Wilson (4), de la intensidad de luz óptima para
máximo crecimiento en 128% de luz, se consideraría otra
indicación como planta de sol, valor más alto que el
de plantas consideradas típicas de sol, como Helianthus
annuus (71%) y Fagopyrum esculentum (95% de luz).

Los resultados indican que bajo las condiciones
de Turrialba, los viveros se deben hacer a sol direc-
to, aunque se debe tener en cuenta el control de las

CONCLUSIONES

La reacción fisiológica de la planta joven de ca-
feto ante el estímulo de la máxima intensidad de luz
o de sol directo, se consideraría como la de una plan-
ta de sol, ya que la fotosíntesis y la tasa de creci-
miento relativo fueron gradualmente aumentando al au-
mentar la intensidad de luz. De reaccionar como una
planta de sombra, la tasa de asimilación neta y la re-
ta de crecimiento relativo deberían alcanzar un máximo
y luego permanecer constante o disminuir antes de di-
cuntar la máxima intensidad de luz. Según Rawlitcher
(14) se puede distinguir fisiológicamente entre plan-
tas de sol y las de sombra por sus adaptaciones a di-
versas intensidades de luz; la fotosíntesis tiene que
ser mayor en plantas sombreadas si éstas son de sombra.
La determinación hecha según el criterio de Black-
man y Wilson (15), de la intensidad de luz óptima para
máximo crecimiento en luz de sol, se consideraría otra
indicación como planta de sol, valor más alto que el
de plantas consideradas típicas de sol, como Helianthus
annuus (72) y Eragrostis esculentum (92) de luz).
Los resultados indican que bajo las condiciones
de Turrialba, los viveros se deben hacer a sol direc-
to, aunque se debe tener en cuenta el control de las

enfermedades como el Colletotrichum y la Cercospora, las cuales parecen ser más severas a sol.

La mayor fotosíntesis y el mayor crecimiento, asociados con posibles producciones futuras, se encontraron en los cafetos a sol, no habiendo razón lógica para pensar que cambie esta relación al tornarse adultas las plantas. Entretanto, desde el punto de vista económico, otros problemas como: regulación de la producción, control de las enfermedades, crecimiento de malas yerbas, conservación de suelos, disponibilidad de agua, y sobre todo la fertilidad del suelo, envuelve el problema del sombrero y solamente pueden ser estudiados en plantas adultas.

Es necesario por lo tanto que se realicen estudios sobre este aspecto antes de poder decidir las ventajas o desventajas del cultivo sin sombra en una determinada región.

enfermedades como el Colletotrichum y la Cercospora, las cuales parecen ser más severas a sol.

La mayor fotosíntesis y el mayor crecimiento, asociados con posibles producciones futuras, se encuentran en los cultivos a sol, no habiendo razón lógica para pensar que cambie esta relación al tornarse aquí las las plantas. Entretanto, desde el punto de vista económico, otros problemas como: regulación de la producción, control de las enfermedades, crecimiento de malas yerbas, conservación de suelos, disponibilidad de agua, y sobre todo la fertilidad del suelo, envuelven el problema del sombrero y solamente pueden ser estudiados en plantas aquí.

Es necesario por lo tanto que se realicen estudios sobre este aspecto antes de poder decidir las ventajas o desventajas del cultivo sin sombrero en una determinada región.

RESUMEN

El efecto de la intensidad de luz en la eficiencia asimilatoria y el crecimiento del cafeto fué estudiada en 4 intensidades de luz, 100% (sin sombra), 60%, 40% y 30%.

El diseño experimental fué el de un cuadrado latino en parcelas divididas, con dos niveles de fertilización nitrogenada. Aplicando el criterio de Blackman y Wilson se determinaron la rata de asimilación neta, la rata de crecimiento relativo, la rata de área foliar los puntos de compensación y de extinción y la cantidad de luz óptima para máximo crecimiento.

La rata de asimilación neta y la rata de crecimiento relativo fueron mayores a 100% de luz, aumentando con el aumento de la intensidad de luz. Por regresión lineal de la rata de asimilación neta, se determinó el punto de compensación.

La rata de área foliar fué disminuyendo con el aumento de la intensidad de luz; por regresión lineal se determinó el punto de extinción.

Se determinó en 128% de luz, la cantidad óptima para crecimiento máximo. Fué determinado como el punto intermedio entre el punto de compensación y el de extinción.

Los pesos secos en los cuatro tratamientos fueron aumentando con el aumento de la intensidad de luz y con

RESUMEN

El efecto de la intensidad de luz en la eficiencia de asimilación y el crecimiento del café fue estudiado en 10 intensidades de luz (100% (sin sombra), 80%, 60% y 40%).

El diseño experimental fue el de un cuadro factorial en parcelas divididas, con dos niveles de fertilización nitrogenada. Aplicando el criterio de Blackman y Wilson se determinaron la tasa de asimilación net, la tasa de crecimiento relativo, la tasa de área foliar los puntos de compensación y de extinción y la cantidad de luz óptima para máximo crecimiento.

La tasa de asimilación net y la tasa de crecimiento relativo fueron mayores a 100% de luz, aumentando con el aumento de la intensidad de luz. Por relación lineal de la tasa de asimilación net, se determinó el punto de compensación.

La tasa de área foliar fue disminuyendo con el aumento de la intensidad de luz; por relación lineal se determinó el punto de extinción.

Se determinó en 100% de luz, la cantidad óptima para crecimiento máximo. Fue determinado como el punto intermedio entre el punto de compensación y el de extinción.

Los pesos secos en los cuatro tratamientos fueron aumentando con el aumento de la intensidad de luz y con

la fertilización nitrogenada. El número de hojas por tratamiento y por planta aumentó significativamente con el aumento de la intensidad luminosa. El nitrógeno no tuvo influencia en el número de hojas. No se encontraron diferencias significativas en las áreas totales de hojas en los cuatro tratamientos, pero la fertilización nitrogenada tuvo influencia significativa en el aumento de área foliar. En igualdad de área foliar hubo más fotosíntesis en las plantulas de cafeto a plena exposición.

El número de estomas por unidad de área de hoja, aumentó con el aumento de la intensidad luminosa.

La mayor fotosíntesis y el mayor crecimiento, se encontraron en las plántulas de cafeto a pleno sol. La reacción fisiológica del cafeto ha sido la de una planta de sol.

Bajo las condiciones de Turrialba, los resultados indicaron que los viveros se deben hacer a plena exposición, teniendo en cuenta el factor de control de enfermedades, como la Cercospora y el Colletotrichum, que son más severos a pleno sol.

En estos estudios se hicieron pulverizaciones con SR 406 (Orthocide 50), cada 15 días.

La fertilización nitrogenada. El número de hojas por
tratamiento y por planta aumentó significativamente
con el aumento de la intensidad luminosa. El número
no no tuvo influencia en el número de hojas. No se en-
contraron diferencias significativas en las áreas so-
tales de hojas en los cuatro tratamientos, pero la
fertilización nitrogenada tuvo influencia significativa
en el aumento de área foliar. En la medida de área
foliar hubo más fotosíntesis en las plantas de café
to a plena exposición.

El número de estomas por unidad de área de hojas,
aumentó con el aumento de la intensidad luminosa.
La mayor fotosíntesis y el mayor crecimiento, se
encontraron en las plantas de café a pleno sol.
La reacción fisiológica del café ha sido la de una
planta de sol.

Bajo las condiciones de Florida, los resulta-
dos indican que los viveros se deben hacer a plena
exposición, teniendo en cuenta el factor de control

de enfermedades, como la Oospora y el Colletotrichum,
que son más severos a pleno sol.

En estas estudios se hicieron plantaciones con

SR 106 (Orthocida 50), cada 15 días.

SUMMARY

The effect of light intensity on the assimilation and growth of coffee was studied under four intensities of light, 100 per cent light (without shade), 60, 40, and 30 per cent.

The experimental design used was the Latin Square, with two levels of nitrogen (none and 10 grams urea per square meter). The Blackman and Wilson method was used to determine the net assimilation rate, the relative growth rate, leaf-area ratio, the compensation and extinction points and the optimum light for maximum growth.

The net assimilation rate and relative growth rate increased with light intensity, full light being the most effective. The compensation point was determined by a lineal regression of the net assimilation rate.

The leaf-area dry weight ratio decreased with an increase of light intensity; the extinction point was determined by lineal regression.

By determining an intermediate point between the compensation and extinction points, it was found that 128 per cent was the theoretical light intensity for optimum growth.

The dry weight increased as light intensity and nitrogen fertilization increased. The number of leaves

SUMMARY

The effect of light intensity on the assimilation and growth of coffee was studied under four intensities of light, 100 per cent light (without shade), 60, 40, and 20 per cent.

The experimental design used was the Latin Square, with two levels of nitrogen (none and 10, mg. per square meter). The flask and Allison method was used to determine the net assimilation rate, the relative growth rate, leaf-area ratio, the compensation and extinction points and the maximum light for maximum growth.

The net assimilation rate and relative growth rate increased with light intensity, full light being the most effective. The compensation point was determined by a linear regression of the net assimilation rate. The leaf-area dry weight ratio decreased with an increase of light intensity; the extinction point was determined by linear regression.

By determining an intermediate point between the compensation and extinction points, it was found that 130 per cent was the theoretical light intensity for optimum growth.

The dry weight increased as light intensity and nitrogen fertilization increased. The number of leaves

per treatment and per plant increased significantly with increased light intensity. The Number of leaves was unaffected by nitrogen. No significant differences were obtained in the total leaf areas of the four light treatments, but the application of nitrogen produced a significant increase in leaf area. Per unit of leaf area, there was more photosynthesis in coffee plants grown in full light than in shade. As light intensity increased, the number of stomata per unit of leaf area increased.

Better growth and more photosynthesis occurred in sun grown plants than in shaded plants. However, under the conditions of these experiments, foliage diseases, especially *Cercospora* and *Colletotrichum* were much more severe in full sun than in shade unless an adequate disease control program was followed. In these studies the plants were sprayed every 15 days with Orthocide 50 per disease contro.

per treatment and per plant increased significantly with increased light intensity. The number of leaves was unaffected by nitrogen. No significant differences were obtained in the total leaf area of the leaf light treatments, but the application of nitrogen produced a significant increase in leaf area. In coffee plants grown in full light than in shade. As light intensity increased, the number of stomata per unit of leaf area increased.

Better growth and more photosynthesis occurred in sun grown plants than in shaded plants. However, under the conditions of these experiments, foliar diseases, especially Cercospora and Colletotrichum were much more severe in full sun than in shade unless an adequate disease control program was followed. In these studies the plants were sprayed every 15 days with Orthocide 50 per disease control.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, PAULO DE T. & HAVIS, J. R. An improved infiltration series for studying stomatal opening as illustrated with coffee. *Plant Physiology* 29(1):97-98. Jan. 1954.
2. BLACKMAN, G. E. & RUTTER, A. J. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. III. The interaction between light intensity and mineral nutrient supply in leaf development and in the net assimilation rate of the bluebell (Scilla non-scripta). *Annals of Botany (n.s.)* 11(45):1-26. Jan. 1948.
3. _____ & WILSON, G. L. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. VI. The constancy for different species of a logarithmic relationship between net assimilation rate and light intensity and its ecological significance. *Annals of Botany (n.s.)* 15(57):63-94. Jan. 1951.
4. _____ & WILSON, G. L. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. VII. An analysis of the differential effects of light intensity and the net assimilation rate, leaf area ratio, and relative growth rate of different species. *Annals of Botany (n.s.)* 15(59):373-408. July 1951.
5. BLACKMAN, V. H. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany* 33:353-360. 1919. (Original no disponible para consultar; compendiado en *Botanical Abstracts* 3:424. Jan-June 1920).
6. CABRERA, L. Efectos de la sombra sobre la concentración de estomas en Theobroma cacao L. Tesis sin publicar. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1949. 39 p.
7. CAMARGO, ROGERIO DE. Reerguimento da lavoura cafeeira de Sao Paulo pelo sombreamento. Superintendencia dos Servicos do Café, Sao Paulo, Brasil. *Boletim* 23 (255:319-322) (257):

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, PAULO DE T. & HAVIS, J. R. An improved infiltration series for studying stomatal opening as illustrated with coffee. *Plant Physiology* 29(1): 97-98. Jan. 1954.
2. BLACKMAN, G. E. & RUTHER, A. J. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. III. The interaction between light intensity and mineral nutrient supply in leaf development and in the net assimilation rate of the bluebell (*Scilla non-scripta*). *Annals of Botany* (n.s.) 11(45): 1-26. Jan. 1948.
3. _____ & WILSON, G. I. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. VI. The constancy for different species of a logarithmic relationship between net assimilation rate and light intensity and its ecological significance. *Annals of Botany* (n.s.) 15(27): 63-94. Jan. 1951.
4. _____ & WILSON, G. I. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. VII. An analysis of the differential effects of light intensity and the net assimilation rate, leaf area ratio, and the relative growth rate of different species. *Annals of Botany* (n.s.) 15(29): 373-408. July 1951.
5. BLACKMAN, V. H. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany* 33: 353-360. 1919. (Original no disponible para consulta; compendiado en Botanical Abstracts 3: 444. Jan-June 1920).
6. CABRERA, L. Efectos de la sombra sobre la concepción de estomas en *Theophrasta cacao* L. Tesis sin publicar. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1954. 39 p.
7. CAMARGO, ROGÉRIO DE. Reserçimento de lavours cafeira de São Paulo pelo sombreamento. Superintendencia dos Serviços do Café, São Paulo, Brasil. *Boletim* 23 (255: 319-322) (257):

468-474; (258):536-542; (260):678-684; (261):
741-750; 24(263):11-16; (265):176-183; (266):
248-255; (267):322-331; (268):390-396; Maio,
Julho, Agosto, Out., Nov. 1948; Jan., Mar.,
Abril, Maio, Jun. 1949.

8. CAMARGO, ROGERIO DE. O sombreamento dos cafezais; dificuldades opostas a iniciativa, avores indicados, os resultados. Sao Paulo, Brasil (Estado) Secretaria da Agricultura. Notas Agrícolas 7:38-41. 1949.
9. _____ Sombreamento dos cafezais; a luta entre os cafezais sombreados e os ensolarados. Sao Paulo, Brasil (Estado) Secretaria da Agricultura. Notas Agrícolas 7:41-43. 1949.
10. _____ Sombrio o cielo abierto? Revista Cafetera de Colombia 8(114):3246-3247. Mar. 1947.
11. CHAMORRO M., R. Contribución al problema del sombrío en cacao. Acta Agronómica 2(1):23-48. Enero 1952.
12. CLEMENTS, F. C., MARTIN, E.V. & LONG, F. L. Adaptation and origin in the plant world; the role of environment in evolution. Waltham, Mass., Chronica Botanica Col, 1950. 332 p.
13. CONCEICAO, CARLOS. Producao de cafés finos. DNC (Departamento Nacional do Café, Brasil) Revista (año 11) 20(115):45-54. Jan. 1943.
14. COOK, O. F. Efecto de la sombra en la calidad del café. Revista de Agricultura de Puerto Rico. 11(6):7-10. Dic. 1923.
15. _____ Shade in coffee culture. U. S. Department of Agriculture. Division of Botany. Bulletin no. 25. 1901. 79 p.
16. COWART, F. F. Apple leaf structure as related to position of the leaf upon the shoot and to type of growth. American Society for Horticultural Science. Proceedings 33:145+148. 1935. (1936).
17. CURTISS, O. F. & CLARK, D. G. An introduction to plant physiology. New York, McGraw-Hill Book Co., 1950. 752 p.

- April, Maio, Jun. 1949.
 Julho, Agosto, Out., Nov. 1948; Jan., Mar.,
 Maio, Setembro, Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro, Dezembro. (251)
8. CAMARGO, ROGERIO DE. O sompimento das cafezeiras;
 dificuldades operadas a iniciativas, avores
 indicadores, os resultados. Sao Paulo, Brasil
 (Estado) Secretaria de Agricultura. Notas A-
 grícolas 7:38-47. 1949.
9. _____
 Sompimento das cafezeiras; a luta entre
 as cafezeiras sompentes e os encolados. Sao
 Paulo, Brasil (Estado) Secretaria de Agricultu-
 ras. Notas Agrícolas 7:41-47. 1949.
10. _____
 Sompimento o efeito da cafezeira? Revista Cafezeira
 de Colombia 8(114):324-347. Mar. 1947.
11. CHAMORRO M., R. Contribución al problema del som-
 pimento en cacao. Acta Agronómica 2(1):45-48.
 Enero 1952.
12. CLEMENTS, F. C., MARTIN, E. V. & LONG, F. L.
 Adaptation and origin in the plant world; the
 role of environment in evolution. Waltham,
 Mass., Chronica Botanica Co., 1950. 332 p.
13. CONCEICAO, CARLOS. Producao de cafe timos. DMC
 (Departamento Nacional do Cafe, Brasil) Re-
 vista (ano 11) 20(12):45-54. Jan. 1943.
14. COOK, O. F. Efecto de la sombra en la calidad del
 cafe. Revista de Agricultura de Puerto Rico.
 11(6):7-10. Dic. 1937.
15. _____
 Shade in coffee culture. U. S. Depart-
 ment of Agriculture, Division of Botany,
 Bulletin no. 25. 1901. 79 p.
16. GOWART, F. F. Apple leaf structure as related to
 position of the leaf upon the shoot and to
 type of growth. American Society for
 Horticultural Science. Proceedings 33:142-148.
 1935. (1936).
17. CURTIS, O. F. & CLARK, D. G. An introduction to
 plant physiology. New York, McGraw-Hill Book
 Co., 1950. 752 p.

18. **NAVIES, D. S. & NYE, G. W.** Uganda Department of Agriculture. Annual reports 1934... (Original no disponible para consultar; compendiado en Greene, L. Abstracts of some of the literature pertaining to coffee. II. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 1953. pp. 9-14).
19. **DESENVOLVE - se em Cacapava uma clássica experiencia de sombreamento de cafezais.** Superintendencia dos Servicos do Café, Sao Paulo, Brasil. Boletim 26(297):944-948. Nov. 1951.
20. **FISHER, R. A.** Some remarks on the methods formulated in a recent article on the quantitative analysis of plant growth. Annals of Applied Biology 7(4):367-372. 1921. (Original no disponible para consultar; compendiado en Experiment Station Record 45:819. 1921).
21. **FRANCO, C. M.** A agua do solo e o sombreamento dos cafezais na America Central. Bragantia 11(4-6):99-119. Abril-Junho. 1951.
22. _____ O problema do sombreamento dos cafezais em Sao Paulo. Revista Ceres 8(43):37-51. Out.-Dez. 1948.
23. _____ & **INFORZATO, R.** Quantidade de agua transpirada pelo cafeeiro cultivado ao sol. Bragantia 10(9):247-257. Set. 1950.
24. _____ & **INFORZATO, R.** Quantidade de agua transpirada pelo cafeeiro sombreado e pelo ingazeiro. Bragantia 11(4-6):121-125. Abril-Junho 1951.
25. **FREELAND, R. O.** Photosynthesis in relation to stomatal frequency and distribution. Plant Physiology 23:595-600. 1948.
26. **GREGORY, F. G.** Physiological conditions in cucumber houses. In Cheshunt (England) Experimental and Research Station. 3d Annual report, 1917. p. 19. (Citado por Blackman, G. E. & Wilson, G. L., véase cita no. 4.)

18. HAVIES, D. S. & NYE, G. W. Uganda Department of Agriculture. Annual reports 1954. (Original no disponible para consultar; compendiado en Greene, I. Abstracts of some of the literature pertaining to coffee. II. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 1953. pp. 9-14).
19. DESMOLIVE - se em Cacaças uma clássica experiência de sombreamento de cafeais. Superintendencia dos Serviços do Café, São Paulo, Brasil. Boletim 26(257):244-248. Nov. 1951.
20. FISHER, R. A. Some remarks on the methods formulated in a recent article on the quantitative analysis of plant growth. Annals of Applied Biology 7(4):367-372. 1951. (Original no disponible para consultar; compendiado en Experiment Station Record 45:819. 1951).
21. FRANCO, C. M. A água do solo e o sombreamento dos cafeais na América Central. Bragança 11(4-6):99-119. April-Junho. 1951.
22. _____ O problema do sombreamento dos cafeais em São Paulo. Revista Ceres 8(43):37-51. Out.-Dec. 1948.
23. _____ & INFORMATO, R. Quantidade de água transpirada pelo cafeeiro cultivado ao sol. Bragança 10(9):247-257. Set. 1950.
24. _____ & INFORMATO, R. Quantidade de água transpirada pelo cafeeiro sombreado e pelo inzeiro. Bragança 11(4-6):121-125. April-Junho 1951.
25. FREELAND, R. O. Photosynthesis in relation to stomatal frequency and distribution. Plant Physiology 23:595-600. 1948.
26. GREGORY, F. G. Physiological conditions in cucumber houses. In Chestnut (England) Experimental and Research Station. 3d Annual report, 1917. p. 19. (Citado por Blackman, G. E. & Wilson, G. L., véase cita no. 4.)

27. **GUISCAFRE ARRILLAGA, J. & GOMEZ, L. A.** Effect of solar radiation intensity on the vegetative growth and yield of coffee. Puerto Rico. University. Journal of Agriculture 26(4): 73-90. Oct. 1942.
28. **HEATH, O. V. S.** The effect of age on net assimilation and relative growth rates in the cotton plant. Annals of Botany (n.s.) 1(3):565-566. July 1937.
29. _____ & **GREGORY, F. G.** The constancy of the mean net assimilation rate and its ecological importance. Annals of Botany (n.s.) 2(8): 811-818. Oct. 1938.
30. **HOLDRIDGE, L. R.** Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105(2727):367-368. April 4, 1947.
31. **ISANOGLU, ISABEL THOMPSON.** Effects of controlled shading upon the development of leaf structure in two deciduous tree species. Ecology 25(4): 404-413. Oct. 1944.
32. **LEBEN, CURT.** A method for clearing leaves. Phytopathology 42(7):352. July 1952.
33. **MCCLELLAND, T. B. & OTHERS.** Reduction of shading increased coffee yields." Puerto Rico (Mayagüez) Agricultural Experiment Station. Report, 1936: 71. 1937.
34. **MACHADO, A.** Influencia del sombrero, el suelo y las prácticas de cultivo en el desarrollo del cafeto en sus primeros meses de vida propia; experimento preliminar. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo 1(1):1-32. Nov. 1946.
35. _____ El sombrero como factor interactuante en la producción del cafeto (Coffea arabica L.) Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo 2(16):21-33. Abril 1951.
36. **MAIDMENT, W. T. O.** Mulch and shade demonstration plots of Ugandica coffee at Bulindi. Uganda Department of Agriculture. Annual report,

27. GUISCARE ARRIAGA, J. & GOMEZ, L. A. Effect of solar radiation intensity on the vegetative growth and yield of coffee. *Instituto Risco University Journal of Agriculture* 26(4): 73-90. Oct. 1945.
28. HEATH, O. V. S. The effect of age on net assimilation and relative growth rates in the cotton plant. *Annals of Botany (n.s.)* 1(3): 255-266. July 1937.
29. _____ & GREGORY, F. G. The constancy of the mean net assimilation rate and its ecological importance. *Annals of Botany (n.s.)* 2(8): 81-818. Oct. 1938.
30. HOLDRIDGE, L. R. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105(2727): 367-368. April 4, 1947.
31. ISANOGIE, ISABEL THOMSON. Effects of controlled shading upon the development of leaf structure in two deciduous tree species. *Ecology* 25(4): 404-413. Oct. 1944.
32. LEBEN, CURT. A method for clearing leaves. *Phytopathology* 45(7): 322. July 1952.
33. McCLELLAND, T. B. & OTHERS. Reduction of shading increased coffee yields. *Puerto Rico (Mayaguez) Agricultural Experiment Station Report*, 1936: 71. 1937.
34. MACEDO, A. Influencia del sombrero, el suelo y las prácticas de cultivo en el desarrollo del café en sus primeros meses de vida propia; experimento preliminar. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. *Boletín Informativo* 1(1): 1-32. Nov. 1946.
35. _____ La producción del café (Coffea arabica L.) Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. *Boletín Informativo* 2(16): 21-33. April 1951.
36. MALDMUTH, W. T. O. Mulch and shade demonstration plots of shade coffee at Buitoni. *Granda Department of Agriculture. Annual report*.

- 1945:58. (Original no disponible para consultar; compendiado en Greene, L. Abstracts of some of the literature pertaining to coffee. II. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 1953. p.21).
37. MATTHAEI, F. L. C. Experimental researches in vegetable assimilation and respiration. III. On the effect of temperature on carbon-dioxide assimilation. Royal Society of London. Philosophical Transactions B197:47-105. 1904. (Citado por Gurtiss, O. F. & Clark, D. G., véase cita no. 17.)
38. MELVILLE, A. R. Coffee shade. Coffee Board of Kenya Monthly Bulletin 17(193):8. Jan.1952.
39. MEYER, B. S. & ANDERSON, D. B. Plant physiology. 2d. ed. New York, D. Van Nostrand Co., 1952. 784 p.
40. MONTEALEGRE, MARIANO. Estudios sobre el café; de la sombra. Instituto de Defensa del Café de Costa Rica. Revista 6(42):263-273; (43):359-372. Abril, Mayo 1938. ✓
41. NUTMAN, F. J. Studies of the physiology of Coffea arabica. I. Photosynthesis of coffee leaves under natural conditions. Annals of Botany (n.s.) 1(3):353-367. July 1937.
42. . Studies of the physiology of Coffea arabica. II. Stomatal movements in relation to photosynthesis under natural conditions. Annals of Botany (n.s.) 1(4):681-693. Oct. 1937.
43. PENFOUND, W. T. Plant anatomy as conditioned by light intensity and soil moisture. American Journal of Botany 18(7):558-572. July 1931.
44. RAWITSCHER, F. K. Problemas de fotoecología com consideracoes especiais sobre o Brasil meridional. Sao Paulo, Brasil. Universidade. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Boletim 41:9-153. 1944. (Botánica no. 4).
45. REED, H. S. & HIRANO, E. The density of stomata in citrus leaves. Journal of Agricultural Research 43(3):209-222. 1931.

1945:58. (Original no disponible para consulta; comprendido en Greene, L. Apparatus of some of the literature pertaining to coffee. II. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 1955. p.21).

37. MATHIAS, F. L. C. Experimental researches in vegetable assimilation and nutrition. III. On the effect of temperature on carbon-dioxide assimilation. Royal Society of London. Philosophical Transactions. B197:47-105. 1904. (Citado por Guttas, O. F. & Clark, D. G., visao cit. no. 17).

38. MELVILLE, A. R. Coffee shade. Coffee Board of Kenya Monthly Bulletin 17(1953):8. Jan. 1953.

39. MEYER, B. S. & ANDERSON, D. B. Plant physiology. 2d. ed. New York, D. Van Nostrand Co., 1952. 784 p.

40. MONTALEGRE, MARIANO. Estudios sobre el café; de la sombra. Instituto de Defensa del Café de Costa Rica. Revista 6(12):263-273; (13): 359-372. April, Mayo 1958.

41. NUTMAN, F. J. Studies of the physiology of coffee arabica. I. Photosynthesis of coffee leaves under natural conditions. Annals of Botany (n.s.) 1(3):353-367. July 1937.

42. Studies of the physiology of coffee arabica. II. Stomatal movements in relation to photosynthesis under natural conditions. Annals of Botany (n.s.) 1(4):461-493. Oct. 1937.

43. PENFOUND, W. T. Plant anatomy as conditioned by light intensity and soil moisture. American Journal of Botany 18(7):550-572. July 1931.

44. RAWI SOHN, B. K. Problemas de fitotecnia com consideracoes especiais sobre o Brasil meridional. Sao Paulo, Brasil. Universidade. Faculdade de Filosofia, Ciencias e Letras. Boletim 41:9-153. 1944. (Botanica no. 4).

45. REED, H. S. & HIRANO, E. The density of stomata in citrus leaves. Journal of Agricultural Research 43(3):209-222. 1931.

46. RIPPERTON, J. C., GOTO, Y.B. & PAHAU, R. K. Coffee cultural practices in the Kona district of Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin no. 75. 1935. 64 p.
47. RODRIGUEZ R., MARIO. Observaciones sobre la frecuencia de la temperatura en los cafetales sombreados. Instituto de Defensa del Café de Costa Rica. Revista 2(8):95-105. Jun. 1935. ✓
48. SALISBURY, E. J. On the causes and ecological significance of stomatal frequency, with special reference to the woodland flora. Royal Society of London. Philosophical Transactions B215(431):1-65. 1927. (Original no disponible para consultar; compendiado en Biological Abstracts 2(9-11):1500. Sept.-Nov. 1928).
49. SHADED and unshaded coffee. East African Agricultural Journal 3:166. Nov. 1937. (Original no disponible para consultar; compendiado en Greene, L. Abstracts of some of the literature pertaining to coffee. II. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 1953. p. 76.)
50. STUDER, E. F. Coffee shade. Indian Coffee Board Monthly Bulletin 15(9):177-180. Sept. 1951.
51. STURDY, D. Observation on coffee under artificial shade at Solian Coffee Estate, Arusha, 1931-1935. East African Agricultural Journal 1:135-139. 1935.
52. SYLVAIN, P. G. Effect of shade upon growth and differentiation of coffee seedlings as expressed by physical measurements and chemical composition. Unpublished report. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1952. 15 p. (miemographed).
53. TANADA, T. Utilization of nitrates by the coffee plant under different sunlight intensities. Journal of Agricultural Research 72:245-258. April 1946.

54. THOMAS, A. S. Shade trees in Uganda and their relation to the cultivation of coffee and tea. East African Agricultural Journal 5:287-293. 1940.
55. THOROLD, C. A. Elgon die-back disease of coffee East African Agricultural Journal 10(4):198-206. 1945.
56. _____ A study of yields, preparation out-turns, and quality in Arabica coffee. I. Yields. Empire Journal of Experimental Agriculture 15(58):96-106. April 1947.
57. URHAN, MARGARET. El sombrero en el cultivo del cafeto. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo 3(33):27-30. Sept. 1952.
58. VAZQUEZ BELLO, L. La sombra protectora del cafeto y efectos del sol sobre la planta. Instituto de Defensa del Café de Costa Rica. Revista 8(55):199-202. Mayo 1939.
59. WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Annals of Botany (n.s.) 11(41):41-76. Jan. 1947.
60. _____ Comparative physiological studies on the growth of field crops. II. The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leaf area. Annals of Botany (n.s.) 11(44):375-407. Oct. 1947.
61. _____ The physiological basis of variation in yield. Advances in Agronomy 4:101-145. 1952.
62. WILLIAMS, R. F. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. Annals of Botany (n.s.) 10(37):41-72. Jan. 1946.
63. WINTERS, H. F. & LOUSTALOT, A. J. The effect of light and nitrogen levels on growth and alkaloid content of young plants of Cinchona ledgeriana. Plant Physiology 27(3):575-582. July 1952.



