

CONTRIBUCION AL PROBLEMA DEL SOMBRIO EN CACAO

Por Rosendo Chamorro M.*

I.— INVESTIGACIONES SOBRE CRECIMIENTO Y TRANSPIRACION

INTRODUCCION

De las investigaciones agronómicas relacionadas con el mejoramiento del medio en que se desarrolla el cacao, (*Theobroma cacao*), una de las primordiales desde el punto de vista técnico, es la determinación del sombrío conveniente a la planta, para así favorecer su comportamiento fisiológico normal y proporcionarle un "habitat artificial".

Las investigaciones realizadas hasta ahora en todos los países productores de cacao, demuestran la eficiencia del sombrío, su necesidad, no sólo para el crecimiento y desarrollo sino también para su producción y longevidad. Se lo recomienda y protege, pero siempre o casi siempre sin determinar el grado de sombra más aconsejable porque ha sido difícil valorar exactamente el grado de adaptación lumínica del cacao y conocer hasta qué punto puede ser benéfico o perjudicial. Quizá ello se deba a que en su medio natural la planta crece bajo condiciones de luz que varían continuamente en armonía con los diversos factores ambientales y en relación con las distintas reacciones fisiológicas y ecológicas.

Con el propósito de contribuir a resolver parcialmente el extenso problema del sombrío, este trabajo consigna los resultados obtenidos en un estudio llevado a cabo en la Estación Experimental de Palmira, sobre el comportamiento fisiológico de plántulas de cacao bajo tres intensidades de sombrío 90%, 50%, 25% y a plena exposición solar, enfocando el estudio con especialidad al crecimiento y al proceso de la transpiración, con miras a un posible control de la pérdida hídrica de la planta y de la consecuente mengua de humedad sufrida por el suelo.

Siendo el cacao una planta de bosque tropical, se ha tratado de determinar cual es la intensidad de sombra a la que responde favorablemente, aunque actualmente se trata de eliminar el sombrío, (Pound, 1949; Browman, 1949) para adaptar la planta a una auto-defensa contra la insolación.

Considero que una investigación sobre transpiración del cacao,

* Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

es un paso más avanzado en las experiencias tendientes a resolver la incógnita del sombrío y lograr su control, tiene un significado de singular importancia, ya que el normal funcionamiento de la planta depende principalmente de una provisión hídrica óptima, con especialidad cuando se presentan períodos críticos por escasez de humedad atmosférica y edáfica, como es el caso de nuestra zona de estaciones bien definidas: seca y húmeda. Según Stocker (1950), el fin de las investigaciones sobre transpiración debe ser una reducción relativa del proceso y un incremento también relativo de la acumulación de carbohidratos; porque no debe suponerse que la planta esté necesariamente obligada a transpirar, para su normal funcionamiento, una cantidad de agua igual a la que pierde diariamente por este proceso físico, opinión que fue sustentada durante largo tiempo y hoy descartada por autoridades en fisiología y ecología vegetal, (Weaver y Clements, 1944; Maximov, 1936, otros).

De lo anterior puede concluirse que es benéfico entonces un control adecuado y que conviene buscar la manera de influir en la economía del agua, no solamente desde el punto de vista de riesgos, (Tombesi, 1950), sino también en la limitación de la pérdida hídrica, más o menos elevada, durante la transpiración, (Stocker, 1950).

En cacao una manera de influenciar sobre la transpiración puede ser la regulación del sombrío, su graduación en cuanto a intensidad y otra posiblemente, el control por medio de aspersiones fitohormonales.

Al planear esta investigación se consideró a la transpiración como un factor de trascendencia durante todo el crecimiento y desarrollo del cacao, como responsable de toda una serie de procesos afines con los cuales tiene estrecha relación, (Maximov, 1936; Meyer y Anderson, 1946) y como un estudio necesario para un mejor conocimiento de las prácticas de cultivo y producción. Observaciones efectuadas en la Est. Exp. de Palmira comprueban que un "buen sombrío" contribuye al mayor cuajamiento de frutos y a una mejor y más abundante floración, en lo cual debe influir, directa o indirectamente la transpiración, que a su vez está subordinada a condiciones ambientales predominantes, destacándose principalmente la radiación solar, la temperatura y humedad atmosférica, (Meyer y Anderson, 1946; Konis, 1950; Canavillas, 1950 y otros), lo mismo que a condiciones de humedad y aireación del suelo, (Buckman y Lyon, 1943).

La influencia de los factores externos así como su inter-relación, determinan la marcha de la transpiración, la cual puede ser aumentada o disminuída por los continuos cambios metereológicos asociados, que si bien son constantes en algunos días, se irregularizan cuando el tiempo varía. En el estudio de la influencia de estos factores se tuvo en cuenta su acción conjunta e individual, aunque es difícil valorar la influencia de cada uno en particular.

El presente trabajo incluye además algunos experimentos con fitohormonas, porque hoy en día el uso de estas sustancias se está generalizando en las plantaciones de cacao y por considerar su empleo como probable método en la regulación del proceso transpiratorio, pues, existe la posibilidad de intervenir mediante su uso, en el control transpiratorio, (Amlong, 1943; Garafalo, 1947; Ferri y Lex, 1948).

— Contadas son las investigaciones que se han realizado sobre el efecto del sombrío en la fisiología y morfología del cacao. La revisión de literatura informa sobre los siguientes experimentos: Estudio preliminar sobre la transpiración y asimilación del carbono en cacao, (Murray, 1940); efecto deprimente del sombrío vertical en la mortalidad de árboles y frutos de cacao, (Greenwood, 1.943); ventajas de la sombra de bosques naturales en las plantaciones de cacao, (Brouhns, 1.946); concentración de estomas en tres grados de sombra y a pleno sol, ventajas del sombrío y posibles árboles de sombra, (Cabrera, 1.949); crecimiento de plántulas de cacao en relación con la acumulación y pérdida de materia seca y orgánica, asimilación, contenido de agua en las hojas y expansión foliar, (Godall, 1947-1950); flujo del crecimiento en plantas sombreadas y a plena exposición, (Greenwood y Posnette, 1.950).

Sin pensar en posibles conclusiones prácticas, pero convencido de que es un error creer en la posibilidad de producir cacao excelente y en condiciones favorables sin el requisito del sombrío, he constatado la necesidad de colaborar en las investigaciones sobre transpiración de plantas tropicales, especialmente de plantas que necesitan para su crecimiento y producción de la sombra, como en el cacao; calificando el presente trabajo como un aporte modesto en la solución del problema actual sobre sombrío del cacao.

II. METODOS Y MATERIALES

Para la determinación cuantitativa de la transpiración, se emplearon tres métodos, dos de ellos conocidos y un tercero que lo considero como nuevo; caracterizados no sólo por su simplicidad sino también por su alto porcentaje de precisión. Es de anotar que las observaciones se hicieron procurando realizar el experimento en condiciones naturales para así ajustar los resultados a la más posible realidad.

Los métodos que se emplearon son los siguientes;

- a) Medida de la variación ponderal de la planta o método gravimétrico.
- b) Método del papel higrométrico de cloruro de cobalto.
- c) Medida de la pérdida hídrica de la planta en relación con la economía del agua del suelo y del sombrío, denominado provisionalmente "método volumétrico" o "método de la pipeta".

El sistema empleado en el método anterior, es bastante sencillo. Consiste en introducir entre la planta madre y la rama utilizada en el experimento, una columna de agua por medio de un grifo recto de tres vías con tres tubos en un mismo plano. Dos de las vías que siguen en línea recta se conectan mediante tubos de goma con la planta madre y la rama cortada; la vía perpendicular se une también por un tubo de goma, (véase lámina II), con una pipeta graduada en centímetros cúbicos. El sistema se llena de agua cuidando de que en él no entre ninguna burbuja de aire, la cual puede afectar sensiblemente la experimentación. Una vez instalado y tan pronto como se inicie la transpiración, el sistema comienza a funcionar registrándose una disminución volumétrica del agua contenida en la pipeta, diferente según el sombrío y la cantidad de agua disponible en el suelo.

El agua succionada de la pipeta indica:

- 1) El déficit hídrico entre el vapor expulsado en la transpiración y el agua disponible en el suelo que la planta puede absorber y transpirar.
- 2) Las diferencias de la intensidad de transpiración entre los distintos sombríos.

En los ensayos sobre transpiración por el método gravimétrico se emplearon plántulas de cacao de seis meses de edad, transplantadas en potes de hoja-lata impermeabilizados para evitar la exudación

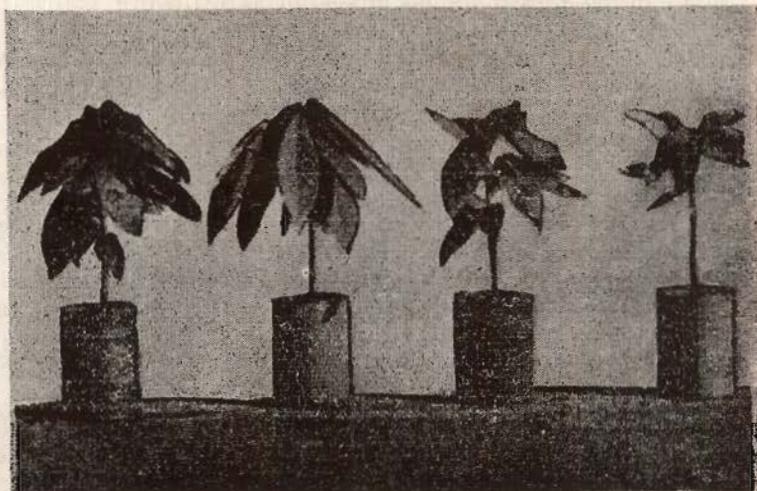


Lámina I

Plántulas de cacao empleadas en los ensayos sobre transpiración por el método gravimétrico.

Izq.-der.: Plántulas crecidas bajo 90, 50, 25 y 00% de sombrío.

y evaporación, (véase lámina I), cubriéndose además la parte superior con una gruesa capa de cera de abeja en el momento de iniciar el experimento. Se usaron balanzas de torsión bastante sensibles y se registró la pérdida de peso a intervalos de una hora y durante 48 horas consecutivas; iniciándose el experimento el 18-V-51. Las condiciones meteorológicas reinantes, se registraron durante los días del experimento.

Podría suponerse que este método está viciado de un error considerable. Algunos fisiólogos tales como Weinmann y Le Roux, (1.946), aseguran que la pérdida de peso en la planta no puede usarse como indicador de la transpiración porque los cambios de peso no sólo dependen de la salida o entrada de agua sino también del aumento o pérdida de materia seca. Diversas observaciones demuestran que el peso del agua perdido por una planta en la unidad de tiempo, es mayor varios cientos de veces al aumento de materia seca, por lo cual, el error derivado de no tomar en cuenta la fotosíntesis y la respiración sea despreciable. (Maximov, 1.936; Kantkar, 1.943; Garafalo, 1.947).

En los experimentos sobre transpiración por el método del papel higrométrico, se emplearon árboles adultos de 5 años de edad aproximadamente, en plena producción y bajo los siguientes porcentajes de sombra: 25, 50, 75 y 90.

El método volumétrico o de la pipeta se utilizó:

- 1) Tanto para las plántulas de cacao bajo los porcentajes de sombra ya especificados, (Cap. I), como en ramas de árboles adultos de dos y cinco años de edad, bajo sombra y a total exposición, procurando que las condiciones de humedad y suelo sean iguales. Para las plántulas se empleó suelo y riego uniforme y en el experimento con árboles adultos fueron seleccionados los individuos crecidos en una misma plantación, variando únicamente el porcentaje de iluminación.
- 2) En plantas adultas bajo sombrero uniforme (50%), cambiando solamente la disponibilidad de agua en el suelo: una en suelo relativamente seco, otra en suelo regado convenientemente.

En todos los ensayos por este método, la posible influencia de corrientes de aire en la disminución del volumen ácuo de la pipeta se determinó mediante otra pipeta también llena de agua pero cerrada en la unión con la goma.

Por considerar que existe una estrecha relación entre el objetivo principal de esta investigación y la morfología y estructura de las hojas, se hicieron además las siguientes observaciones:

- a) Contajes al microscopio del número de estomas, calculando su

frecuencia para la unidad de superficie foliar, según los diferentes grados de sombra.

- b) Crecimiento vegetativo. Se midieron a intervalos no menores de 5 días y durante 5 meses las alturas alcanzadas por las plántulas durante su desarrollo, contándose al mismo tiempo el número de hojas en cada planta y determinando la superficie foliar, según el sombrero, (ensayo hecho en diez replicaciones).
- c) Otras características estructurales y morfológicas.

En los ensayos con fitohormonas se utilizó el ácido alfa-naftilacético a una concentración de 300 p.p.m., verificando dos aplicaciones en cada porcentaje de sombra: una por aspersion al follaje hasta empañarlo completamente, otra por riego al suelo en cantidad de 165 c.c. para cada planta, dejando como testigos plántulas sin tratar. La transpiración se midió por el método gravimétrico después de 24 horas del tratamiento.

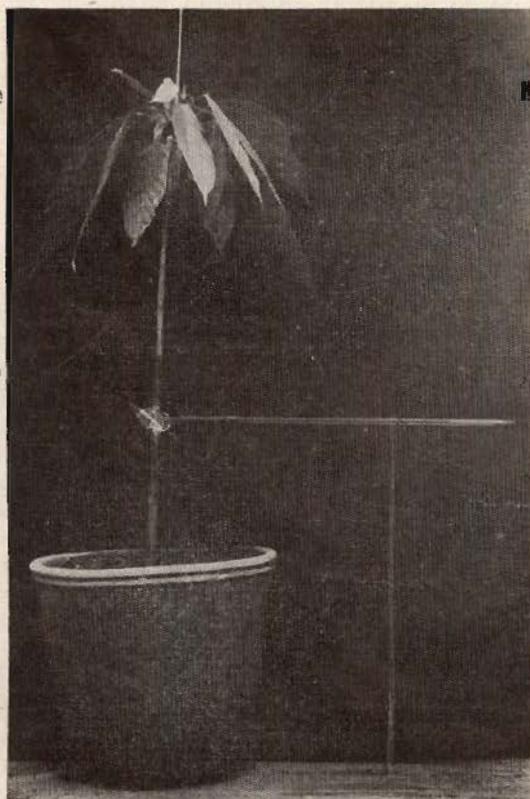


Lámina II

Determinación de la transpiración en una plántula de cacao por el método "volumétrico o de la pipeta".

III. INFLUENCIA DEL SOMBRIO EN EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y MORFOLOGIA DE PLANTULAS DE CACAO

Como se expuso en los capítulos I y II, los primeros experimentos se refieren a observaciones sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao bajo los sombríos especificados anteriormente y en comparación con plántulas crecidas a pleno sol. Los resultados de estos ensayos se muestran en las Tablas N^o 1 y N^o 2.

TABLA No. 1

INFLUENCIA DEL SOMBRIO EN EL CRECIMIENTO DEL CACAO (Promedio de diez replicaciones)

Fecha	90% de Sombra		50% de Sombra		25% de Sombra		00% de Sombra	
	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas	Altura	Hojas
	cm.	Nro.	cm.	Nro.	cm.	Nro.	cm.	Nro.
IV-25	26.09	13.00	26.81	12.50	25.62	12.00	25.40	11.50
IV-30	26.61	13.10	27.15	13.00	26.12	12.30	25.55	12.10
V-14	27.81	15.10	28.83	14.10	27.20	14.40	26.58	13.20
V-25	28.81	16.40	30.63	16.20	28.59	15.10	27.75	14.60
VI- 5	30.77	16.73	32.50	17.00	30.90	15.40	28.66	15.06
VI-12	31.89	17.00	33.22	17.48	31.91	16.20	29.10	16.13
VI-20	33.00	18.00	34.04	18.00	32.50	17.00	29.14	16.52
VI-25	33.73	20.00	34.31	18.90	33.04	18.30	29.91	17.15
VII- 3	35.18	21.18	35.30	20.10	34.04	19.09	30.21	17.66
VII-18	38.40	22.20	36.40	21.00	37.00	20.00	32.00	18.00
VIII- 9	42.62	23.00	39.00	21.33	40.72	22.80	34.27	17.33
VIII-27	47.00	23.50	45.00	23.00	44.39	22.90	35.72	18.00
Incremento	20.91	10.50	18.19	10.50	18.77	10.90	10.32	6.50

De los datos obtenidos puede anotarse que el crecimiento y desarrollo aumentan según el porcentaje de sombrío, aunque la diferencia entre los 3 grados de sombra no es muy notoria especialmente entre individuos del 50 y 90%. Sin embargo, en el crecimiento alcanzado bajo éste, posiblemente intervino el ahilamiento debido a la escasa intensidad de luz.

Las diferencias en crecimiento entre plántulas a pleno sol y las sombreadas, son bastante significativas, resaltando el efecto enanizante de la luz en las plántulas desarrolladas a plena exposición y modificaciones de sus características estructurales.

TABLA No. 2

INFLUENCIA DEL SOMBRIO EN EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DE PLANTULAS DE CACAO

(Promedio de diez replicaciones)

Sombrio %	Altura cm.	Superf. Foliar cm2.	Aumento %	Hojas Nro.	Aumento %
00	35,72	1076	0	18	0
25	44,39	1194	11	22	22
50	45,00	1154	7	23	28
90	47,00	1167	27	24	33

Estos datos desde luego no permiten hasta el momento, establecer conclusiones definitivas sobre el grado óptimo de sombra, pero sí respecto a la necesidad del sombrero para las plántulas durante su crecimiento.

La Tabla No. 1 indica que las plántulas crecidas bajo un sombrero del 50% adquieren durante los dos primeros meses mejor y más rápido desarrollo y crecimiento que las plántulas a 90 y 25% de sombra; después de este período las del 90% sobrepasan a las del 50 y 25%.

Es interesante anotar que los individuos a pleno sol, exhiben transformaciones morfológicas y estructurales especialmente en las hojas. Se destaca en todas las plántulas una superficie foliar poco desarrollada, hojas de mayor grosor, menos numerosas y susceptibles al ataque de enfermedades y plagas. Es muy probable que por acción de la luz se presenten estos cambios e influya además este factor, en el retardo del crecimiento. La disponibilidad permanente de agua en el suelo, la menor temperatura y menor iluminación, contribuyan igualmente a una expansión foliar superior en las plántulas sombreadas.

TABLA Nro. 3
INFLUENCIA DEL SOMBRIO EN LA CONCENTRACION
DE ESTOMAS

(Promedio de 100 observaciones)

Sombrio	Estomas por Campo	Estomas por cm2.	Aumento %
90%	16,3	280	0.00
50%	18,2	315	12.50
25%	19,3	332	18.70
00%	20,3	350	25.00

Considerando la estrecha relación entre el sombrio y la concentración de estomas, se hicieron además contajes al microscopio del número de estomas para un cm.2 de superficie foliar y para cada uno de los porcentajes de sombra. La Tabla Nro. 3 resume los resultados de estas observaciones.

Con base en los resultados que muestra la Tabla, se advierte una creciente concentración de estomas de acuerdo al mayor sombrio, aunque en concordancia con las observaciones realizadas, el número de estomas no corresponde al tamaño individual de estos, pues, las hojas sombreadas exhiben estomas de mayor tamaño que las no sombreadas.

Los resultados obtenidos en cuanto a concentración de estomas, son totalmente opuestos a los hallados por Cabrera (1949) quien encontró un número de estomas más elevado en plántulas sombreadas. Según Cabrera, el número de estomas para plántulas de 50 y 90% de sombra es el doble y aún más que el perteneciente a hojas a pleno sol. En todos los contajes siempre se obtuvo los mismos resultados y las diferencias entre plántulas sombreadas y a pleno sol, respecto a la cantidad de estomas, no es tan grande como lo anota el citado autor, pues, según la Tabla Nro. 3 las plántulas a pleno sol tienen solamente un 25% de diferencia con las del 90% de sombra.

No se encuentra una explicación satisfactoria entre observaciones tan contradictorias, sin embargo. Las conclusiones de Cabrera no pueden generalizarse para nuestras plantaciones de cacao y para las condiciones ambientales de nuestro medio.

El microscopio revela además diferencias estomatales cuantitativas en una misma hoja de acuerdo a sus diferentes sitios. Así, la concentración de estomas disminuye de la base hacia el ápice y de la nervadura central hacia los bordes, es decir, la región basal de una hoja muestra mayor número de estomas que la apical y la parte próxima a la nervadura media más estomas que la vecina a los bordes. Estas diferencias también se observaron de acuerdo a la posición ocupada por la hoja en la planta. Así, las hojas basales enseñan menor número de estomas que las hojas de la parte apical. Por las razones expuestas anteriormente, todos los contajes se hicieron en la parte media de las hojas y con hojas crecidas en la región central de la planta.

Es muy probable que el menor número de estomas observado en las hojas basales se deba al sombrío proporcionado por las hojas superiores, explicación justificada si se tiene en cuenta el hecho de que plántulas sombreadas tienen menor número de estomas que plántulas a pleno sol.

Las observaciones al microscopio muestran también la presencia de estomas únicamente en el envés o cada inferior de la hoja, concordando en este sentido con las observaciones hechas por Murray (1940)

IV. ENSAYOS SOBRE TRANSPIRACION

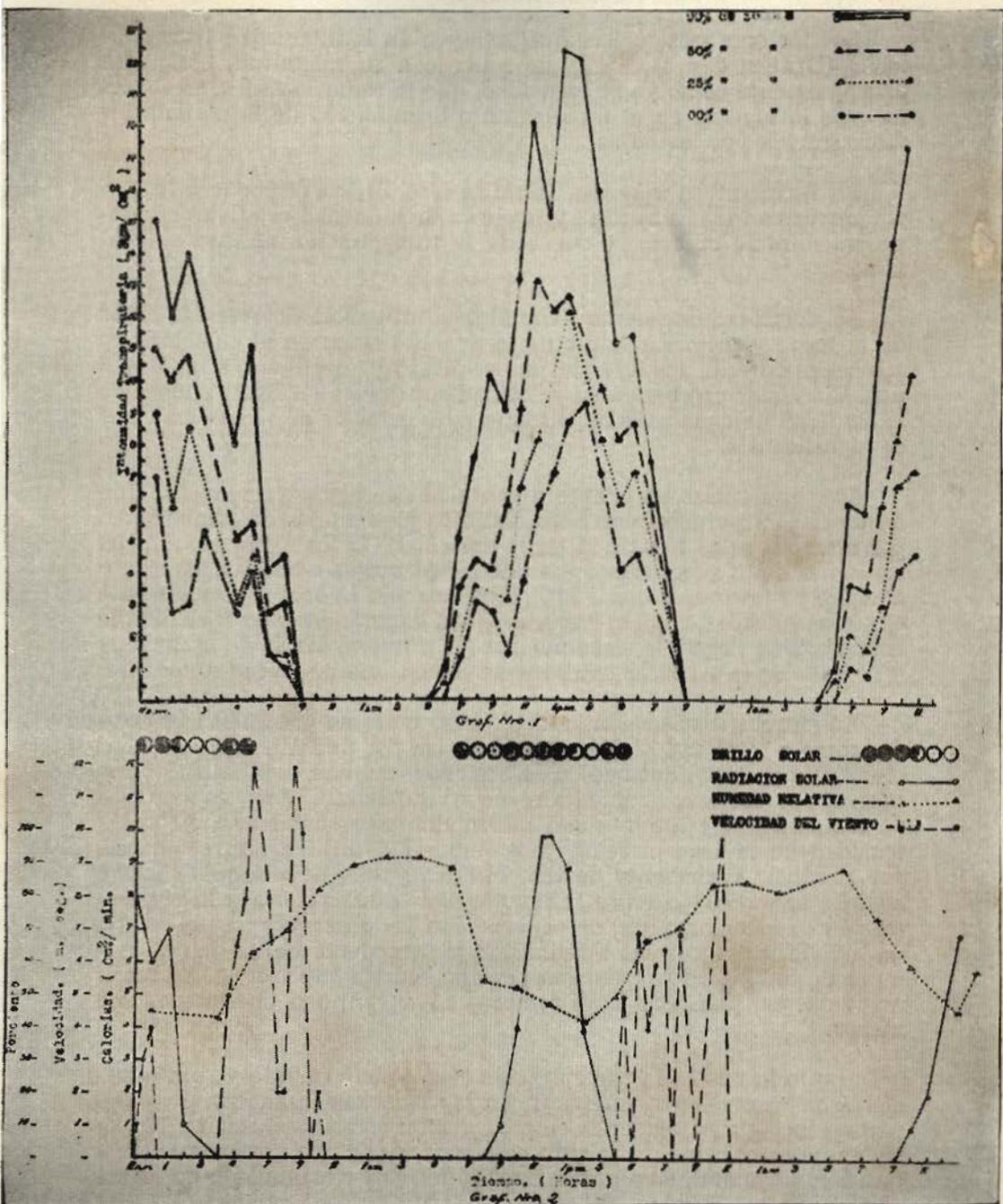
METODOS: GRAVIMETRICO E HIGRONOMETRICO

Los experimentos sobre transpiración por el método gravimétrico, se realizaron con plántulas de 6 meses de edad, crecidas durante este tiempo bajo sombríos de 90, 50, 25% y a total iluminación, observándose el proceso durante 48 horas consecutivas y a intervalos de una hora. La Gráfica Nro. 1, (Lámina III), muestra los valores obtenidos.

Según la Gráfica, las variaciones de la transpiración concuerdan con el grado de sombrío, es decir, la intensidad transpiratoria aumenta cuando el sombrío disminuye; aunque las diferencias no son considerables en los porcentajes de 50 y 90, pero sí se observan valores distintos, comparando estos resultados con los que exhibe la curva a pleno sol.

Las oscilaciones causadas por la radiación solar, (Compárese la Gráfica 1 con la 2), se expresan más o menos marcadas en las cuatro curvas y estas fluctuaciones son casi siempre mayores en la transpiración de plántulas que crecieron a plena iluminación solar.

El máximo de la transpiración se obtiene entre las 10 a.m. y las 3 p.m. y el proceso cesa prácticamente de 7 a 8 p.m. para comenzar de nuevo de 6 a 7 a.m. del día siguiente.



LAMINA III. Gráf. Nro. 1: Transpiración registrada en plántulas sombreadas (90-50-25%) y a pleno sol (00%). Gráf. Nro. 2 Factores mesológicos registrados durante el ensayo.

Los factores mesológicos que influyen en la intensidad transpiratoria, (Gráfica 2 y 3), obran de acuerdo a su magnitud, notándose principalmente como ya se mencionó, que la radiación solar es el factor más influyente en el incremento o disminución de la pérdida hídrica sufrida por las hojas.

La temperatura máxima, (Gráfica Nro. 3), corresponde a la mayor intensidad transpiratoria y la curva de humedad relativa demuestra un mínimo cuando la curva de la transpiración alcanza su máximo.

La velocidad del viento tiene alguna influencia durante las horas de la tarde y primeras horas de la noche, tiempo en el cual hizo su aparición durante los días del experimento es decir entre las 4 y 8 p.m. Cualquier cambio en su velocidad se traduce en fluctuaciones de la cantidad de agua perdida, aunque tales cambios no tienen un valor de significancia.

Las diferencias en cuanto a cantidad de agua transpirada, son bastante considerables entre los distintos porcentajes de sombrío; así por ejemplo, a las tres de la tarde del día 19-V. las plántulas a pleno sol perdieron 3 veces más agua que las plántulas a 90% de sombra y el doble de los individuos a 50%. Esta relación se nota principalmente en horas soleadas, cuando hay una plena exposición solar y cuando la transpiración llega a su máximo. En las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde, los valores no tienen una magnitud notoria.

La marcha diaria de la transpiración tanto en plántulas sombreadas como a total exposición, se caracteriza por una alternancia de incrementos y disminuciones más o menos súbitas, con especialidad cuando los factores ambientales se irregularizan. Así, los cambios de temperatura y luminosidad tienen una correspondencia en la intensidad de la transpiración y la nubosidad influye indirectamente por producir variaciones de temperatura y luz. Seguramente existe además una relación entre la inmensidad transpiratoria y la concentración de estomas, pues, de acuerdo con las observaciones, el follaje de individuos bajo total iluminación y poseedores de un mayor número de estomas, tuvieron una pérdida hídrica superior a la experimentada por plántulas bajo sombra, cuya cantidad de estomas fue menor.

Durante la noche, la transpiración cesó prácticamente y solo se registraron cambios gravimétricas, en las balanzas utilizadas, de 7 a 8 p.m., principalmente cuando se presentaron corrientes de aire. Es posible que estos cambios no sean ocasionados por una verdadera transpiración estomatal, sino por remoción del vapor acumulado en la superficie de las hojas.

Los ensayos sobre transpiración por el método del papel higromé-

trico de cloruro de cobalto, concuerdan con los resultados obtenidos por el método gravimétrico, es decir, una correspondencia entre el menor o mayor grado de sombrío con la mayor o menor transpiración.

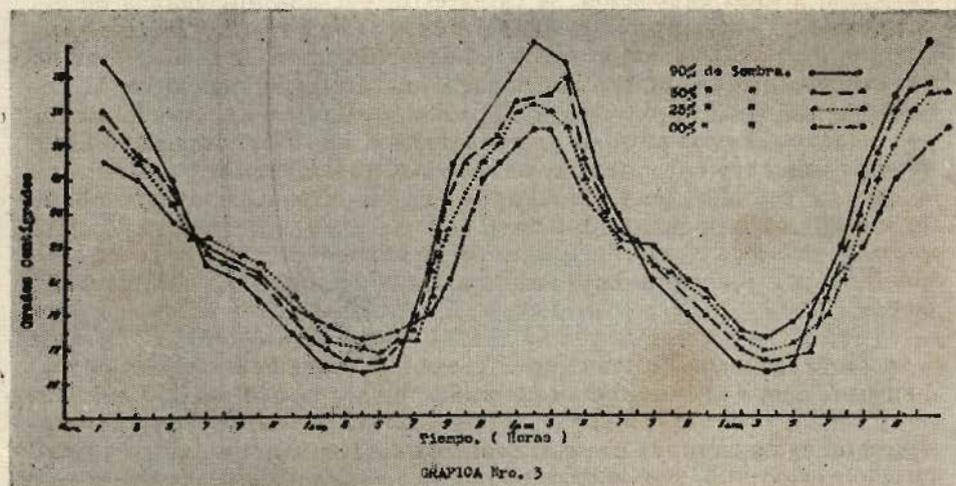
TABLA Nro. 4

INFLUENCIA DEL SOMBRIO SOBRE LA TRANSPIRACION DEL CACAO
METODO HIGROMETRICO.

(Promedio de 30 observaciones)

	Grado de sombrío				
	00%	25%	50%	75%	90%
Tiempo. min-seg.	0—58	1—12	1—15	1—20	1—50

La Tabla Nro. 4 muestra los resultados obtenidos al medir la transpiración en ramas de cacao pertenecientes a árboles bajo diferentes grados de sombra por el método higrométrico.



LAMINA IV. Gráf. Nro. 3: Temperaturas registradas en los distintos sombríos durante el ensayo de transpiración por el método gravimétrico.

Según la Tabla, el tiempo empleado en cambiar de color el papel higrométrico es proporcional al grado de sombrío. Así mientras en hojas pertenecientes a ramas bajo 90% de sombra se registra el cambio de color después de 1 min. y 50 seg., las hojas de ramas a pleno sol emplearon únicamente 58 seg.

V. ENSAYOS SOBRE TRANSPIRACION POR EL METODO VOLUMETRICO O DE LA PIPETA

La disminución transpiratoria en plántulas y árboles de cacao bajo sombra, se puede también demostrar por el método denominado "volumétrico o de la pipeta", ya descrito en el Cap. II.

El sistema se basa en la fuerza sucesora producida por la mayor o menor intensidad transpiratoria y correspondida por una disminución volumétrica proporcional del contenido hídrico de la pipeta.

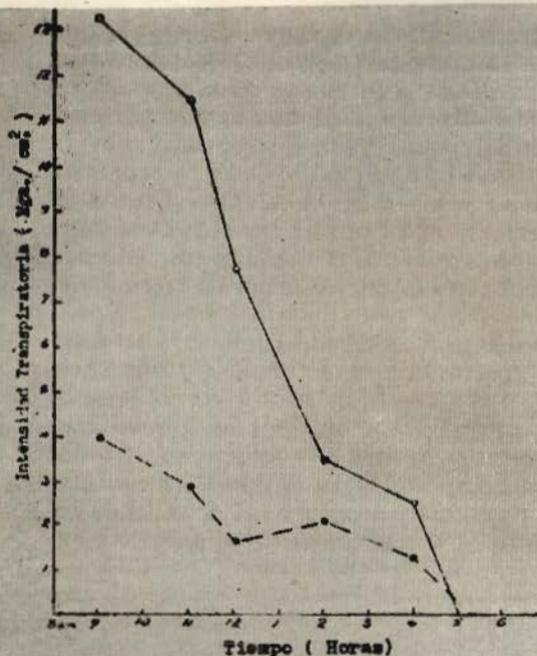
Al realizar un ensayo modelo empleando un atmómetro, (preparado de sulfato de calcio), que sustituye a una rama de cacao, se observó una disminución más o menos rápida del contenido de agua en la pipeta, según la intensidad de evaporación en el aparato. Comparativamente, el agua evaporada durante la transpiración necesariamente debe disminuir, con mayor o menor velocidad, el nivel de agua en la pipeta empleada para la determinación de la pérdida de agua, según la intensidad transpiratoria reinante.

Los ensayos comparativos realizados con plántulas de 6 meses de edad y ramas de árboles adultos, (3-5 años), bajo sol y 50% de sombra, se muestran en las Gráficas Nros.: 4, 5, 6 y 7 (Lámina V).

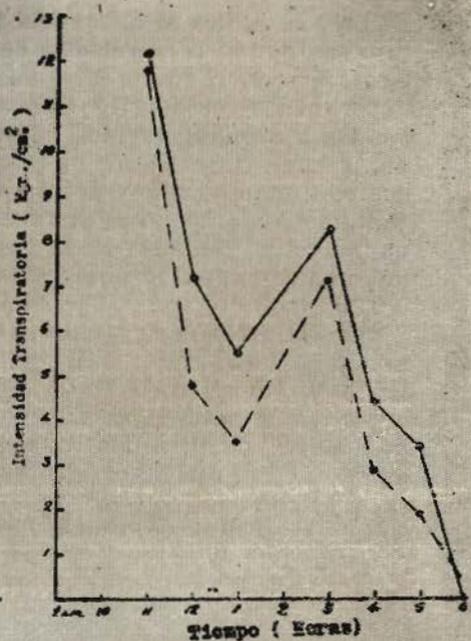
Según la teoría, plántulas y ramas bajo sol deben succionar de la pipeta conectada con la columna de agua un volumen de agua superior al de plántulas y ramas sombreadas, porque los ensayos sobre transpiración por el método gravimétrico, (Cap. IV), comprueban que la intensidad transpiratoria es inversamente proporcional al grado de sombrío. Las Gráficas Nros. 4, 5, 6 y 7 demuestran perfectamente la realidad de lo supuesto.

Las diferencias obtenidas son bastante grandes, especialmente en el día 16-VIII-51, para plántulas y en los días 22 y 23 del mismo mes para ramas. Así por ejemplo, la rama a plena exposición consumió de la pipeta, entre las 9 a.m. y las 2 p.m., un volumen 3 veces mayor al consumido por la rama sombreada. Lo mismo puede decirse para las plántulas a total iluminación solar, en comparación con las sombreadas. Menos expresadas son las diferencias correspondientes a la Gráf. Nro. 5, pues, el día del ensayo se mostró bastante nublado, factor que trae consigo una marcada disminución de la transpiración en general.

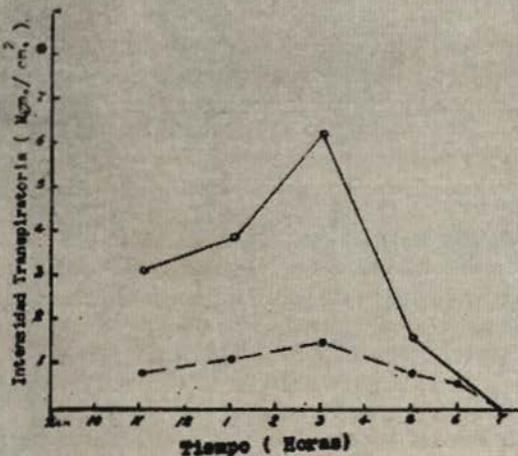
Por ensayos posteriores se pudo comprobar además que el méto-



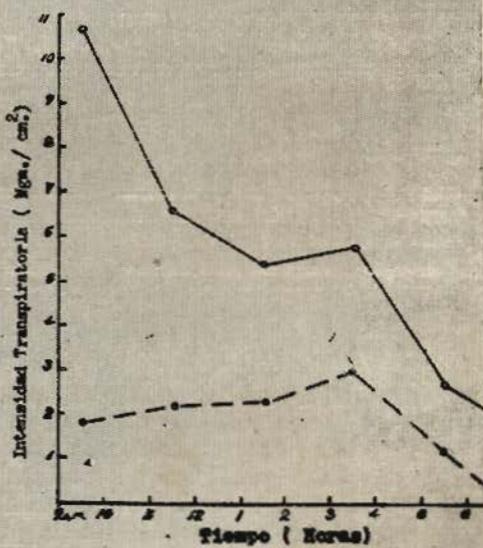
GRAFICA No. 4



GRAFICA No. 5



GRAFICA No. 6

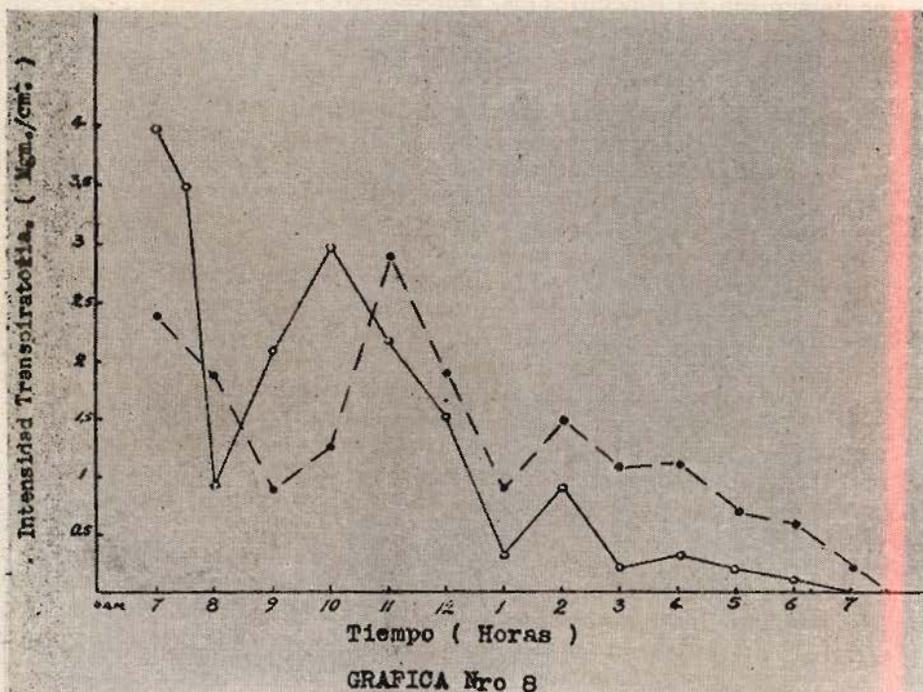


GRAFICA No. 7

LAMINA V. Medida de la transpiración por el método "volumétrico o de la pipeta", en ramas (Gráf. Nros: 4-5) y en plántulas de cacao (Gráf. Nros.: 6-7: bajo sombra o— — o y a pleno sol. o—o—o)

do no sólo indica la diferencia transpiratoria en relación con el sombrío sino también en relación con la humedad disponible del suelo. La Graf. Nro. 8, (Lámina VI), muestra las diferencias obtenidas en un experimento comparativo sobre transpiración de dos ramas pertenecientes a árboles crecidos bajo un mismo grado de sombrío, (50%), una misma clase de suelo, (arcilloso-franco), pero distinta humedad edáfica: una en suelo prácticamente seco y otra en suelo con suficiente humedad, (regado el día anterior). Al observar las curvas se nota que la rama del árbol en suelo tomó durante la mañana un volumen de agua casi igual al doble del consumido por el árbol en suelo seco.

De la relación existente entre la humedad del suelo y la transpiración se sabe, según trabajos experimentales, (Yuncker, 1916; Shreve, 1924; Niemann, 1932; Griep, 1940; Tombesi, 1949 y otros) que al aumentar la humedad del suelo, la transpiración también aumenta en intensidad, siempre dentro de ciertos límites y condiciones, (suelos saturados no aumentan significativamente la intensidad transpiratoria si se compara con otro suelo de humedad óptima). Los mismos resultados se obtuvieron en los ensayos por el método volumétrico, ex-



LAMINA VI. Gráf. Nro. 8: Transpiración registrada en ramas de cacao bajo 50% de sombra y diferente humedad del suelo: suelo seco o—o jas: o—.—.—o control: . — . — . — .

cepto durante las horas de la tarde, en que la transpiración es algo mayor en las plantas no regadas, las cuales disponen de un suelo algo húmedo en sus capas inferiores debido a la proximidad del nivel freático.

En experimentos con plántulas sembradas en macetas, en las cuales se puede regular la humedad del suelo, se observó un consumo mayor del agua de la pipeta por las plántulas en suelo húmedo, conformando así los resultados obtenidos por otros autores.

VI. LAS HORMONAS Y SU INFLUENCIA SOBRE LA TRANSPIRACION EN CACAO

Como se mencionó en el Cap. I, los experimentos sobre transpiración tienen como objetivo principal encontrar las posibles formas de influir en su control. Atendiendo a tal propósito y en consideración de que el uso de las sustancias hormonales se está generalizando hoy en día, principalmente en las plantaciones de cacao, (Naundorf y Villamil 1949-1950; Naundorf y Gardner, 1950), se realizaron algunos ensayos sobre la influencia de las fitohormonas en la transpiración de plántulas de cacao crecidas a total insolación y en los tres porcentajes de sombra ya especificados, teniendo en cuenta además su probada influencia sobre el proceso transpiratorio (Amlong, 1943; Ferri y Lex, 1948).

En el experimento se empleó el ácido alfa-naftil-acético en dos tratamientos diferentes: aspersión del follaje y regando el suelo; aplicaciones hechas 24 horas antes de iniciar el ensayo sobre transpiración. Para ambos tratamientos se utilizó la misma concentración empleada por Ferri y Lex y ya mencionada en el Cap. II. Los resultados de estos ensayos se muestran en las curvas correspondientes a las Graf. Nros: 9, 10, 11 y 12, (Lámina VII). De acuerdo con los valores obtenidos se observan los siguientes fenómenos:

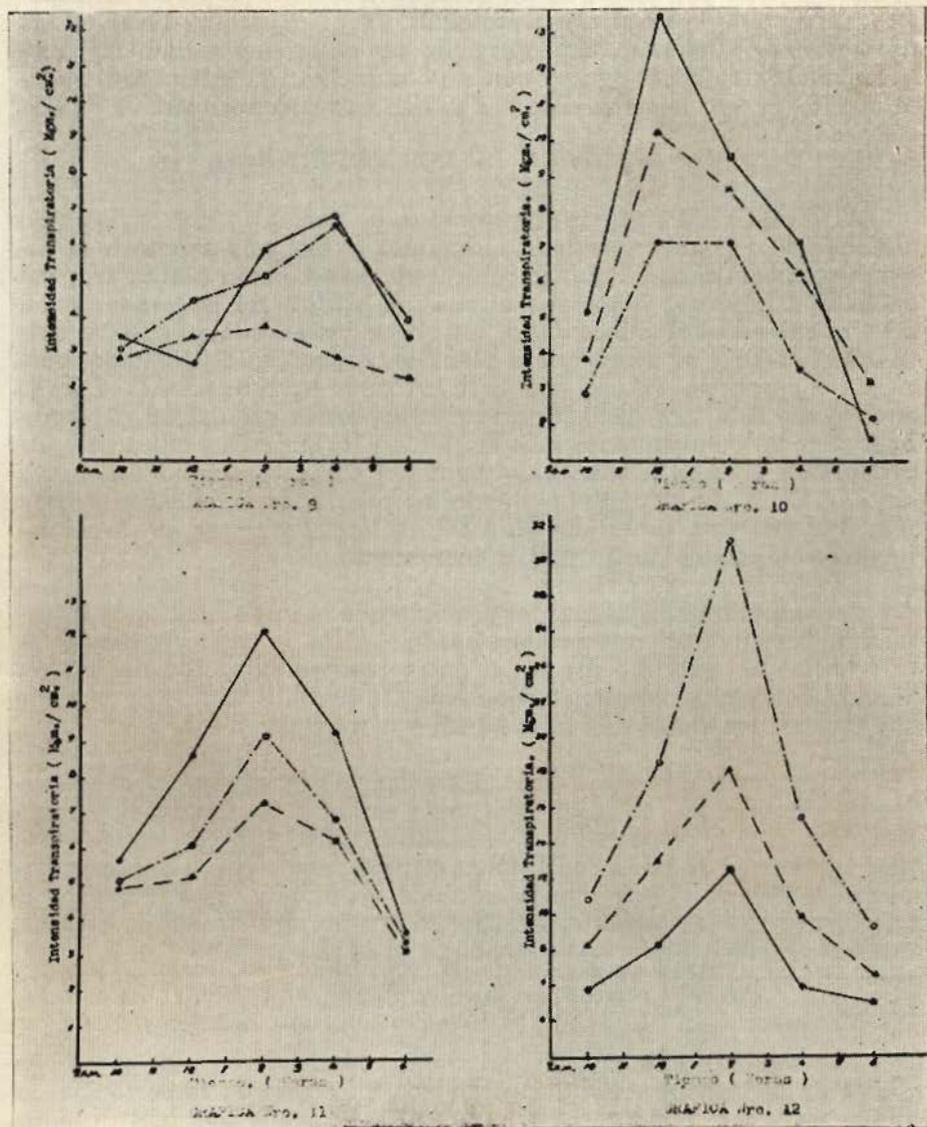
- 1º) En plántulas de cacao bajo 90% de sombrío la transpiración es aumentada en los dos tratamientos, siendo las diferencias entre el control y las plántulas hormonizadas, bastante considerables. Se nota además que el máximo de la transpiración, comúnmente presentado de 10 a.m. a 3 p.m. cambia su frecuencia en las plántulas tratadas de 12 m. a 4 p.m.
- 2º) Haciendo los mismos ensayos con plántulas que crecieron bajo sombrío del 50%, se observó que en el tratamiento del suelo aumenta la transpiración con diferencias no muy grandes pero sí marcadas; mientras que el tratamiento a las hojas disminuyó considerablemente la intensidad del proceso. Respecto al cambio del máximo, no se encuentran diferencias notables, pero en el tratamiento a las hojas se presentó un descenso en la transpiración 2 horas más tarde que en el testigo y en el tratamiento del suelo.

- 39) Comparando las tres curvas pertenecientes a plántulas del 25% se observó nuevamente el mismo caso presentado con plántulas del 90%, es decir, un aumento de la transpiración en los dos tratamientos, con el máximo a la misma hora y con fluctuaciones idénticas a las del control.
- 49) Las plántulas crecidas a total insolación muestran efectos inversos a las del 50%, es decir, una rata transpiratoria ampliamente superior a la del control, en las plántulas cuyo follaje se hormonizó; mientras que los individuos cuyo suelo se había tratado, disminuyeron la pérdida de agua. Los resultados obtenidos, al compararlos con los de plántulas del 50%, son totalmente opuestos, pues, en estas últimas el tratamiento sobre las hojas disminuye la transpiración, mientras el del suelo la aumenta.
- 59) Al parangonar las cuatro gráficas entre sí, se observa que los dos tratamientos en plántulas del 90% y 25%, responden con un aumento de la intensidad transpiratoria, en plántulas tratadas del 50% y pleno sol, la aumentan o disminuyen según el tratamiento, ya que mientras la hormonización del suelo hace aumentar el proceso en plántulas del 50%, lo disminuye en plántulas a todo sol e inversamente, el tratamiento del follaje disminuye la transpiración en individuos del 50% de sombra y aumenta a total exposición.

Según el trabajo de Ferri y Lex, en *Tropeolum majus* con suelo hormonizado, la disminución de la transpiración presentada se explica por el cierre total o parcial de los estomas, que normalmente acarrear una pérdida hídrica menor. El mismo fenómeno se observó en plántulas de cacao crecidas a pleno sol y con suelo tratado con el alfa-naftil-acético; pero en plántulas bajo los tres porcentajes de sombra los ensayos responden al tratamiento en forma inversa, excepto en la hormonización foliar de plántulas del 50%. El experimento comprueba que la explicación sobre el control transpiratorio por el cierre estomatal es satisfactorio, en el caso del cacao, únicamente para plántulas crecidas bajo sol y con suelo hormonizado. Se sabe que plántulas de cacao crecidas a plena exposición no viven en su ambiente normal, por lo cual, es posible se presenten irregularidades en todos los procesos vitales. Así, puede cambiar perfectamente el cociente de la respiración y con esto, la respuesta fisiológica a una hormonización.

La transpiración aumentada en plántulas bajo sombra probablemente se deba a una duración prolongada de la abertura estomatal, porque se observó como ya queda explicado, un cambio del máximo de la transpiración. Es posible que sean muchos otros factores más los que influyen en el aumento transpiratorio en plántulas tratadas con fitohormonas y bajo sombra. Uno de estos factores puede ser por ejemplo, el aumento del poder absorbente de las raíces.

Por los trabajos de Benner, (1933); Bose, (1945); Kelly, Sally y Avery, (1949), se sabe que las fitohormonas, especialmente las sustancias de crecimiento y las auxonas, aumentan en ciertas concentra-



LAMINA VII. Fluctuaciones de la transpiración en plántulas de cacao bajo sombríos de: 90-50-25-00% (Gráf. Nros.: 9-10 11 y 12 respectivamente). Hormonización: al suelo o a las hojas. Tratamientos: suelo: o—o ho- bajo 50% de sombra y diferente humedad de suelo: suelo seco

ciones, la rata de respiración y que la respiración influye especialmente en la transpiración. Se ha demostrado además que la absorción del agua de una planta en transpiración, la cual puede medirse exactamente por medio de un potetómetro, no depende de la transpiración sino de la respiración radicular, (Frey-Wyssling, 1949). Si las fitohormonas aumentan la respiración radicular, indirectamente aceleran la absorción del agua y con esto, aumentan la intensidad transpiratoria, ya que los tres procesos tienen estrecha relación.

VII. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Al discutir los resultados obtenidos, es necesario enfocarlos bajo dos aspectos: primero, refiriéndose única y exclusivamente a la investigación del proceso transpiratorio en cacao, como planta tropical de habitat boscoso, factor por el cual, el estudio de la transpiración presenta resultados diferentes a los obtenidos en cualquier otro cultivo que crece y se desarrolla a plena exposición solar; segundo, buscar la manera de influir, con base en estas investigaciones y otras anteriores. (Murray, 1940; Cabrera, 1949) en la regulación del sombrío para un conocimiento más amplio en las prácticas culturales, de producción y de la economía del agua del suelo, especialmente en los cultivos de la zona del Valle, donde las plantaciones de cacao cubren más o menos una superficie de 8.000 hectáreas y tienen en la actualidad posibilidades de un mayor incremento.

Los experimentos realizados enseñan que la intensidad de la transpiración es inversamente proporcional al grado de sombrío, siendo las diferencias de bastante magnitud entre plantas bajo 50% de sombra y plantas a plena exposición, que entre individuos con 50 y 90% de sombra, en los cuales las diferencias son muy pequeñas.

La mayor o menor intensidad transpiratoria, según los porcentajes de sombrío investigados, ocasionan cambios estructurales y morfológicos de las plántulas con especialidad en las hojas, como órganos de transpiración. Se constató en contraposición con las observaciones de Cabrera, (1949) que la cantidad de estomas disminuye de acuerdo al grado de sombrío, alcanzando una amplitud máxima de 25%, que desde luego es un valor bastante grande para explicar las diferencias encontradas al medir la transpiración en los distintos sombríos.

Los factores que al lado del sombrío intervienen en la marcha diaria de la transpiración del cacao, son en orden de importancia: la radiación solar, temperatura, humedad relativa y cantidad de agua presente en el suelo. Secundariamente figuran los vientos, que en nuestra zona del Valle aparecen casi siempre en las últimas horas de la tarde, tiempo en el cual se verifica el cierre estomatal. Durante la noche, la transpiración cesa prácticamente y si se registraron cambios, fueron únicamente producidos por la transpiración cuticular.

La cantidad de agua perdida por transpiración, oscila según el grado de sombrío, entre medio litro y un litro por metro cuadrado de superficie foliar y por día. La Tabla Nro. 5 exhibe estos resultados y demuestra especialmente la gran diferencia de agua perdida en los distintos tipos de sombrío.

Calculando en 15 metros cuadrados la superficie foliar de un árbol de tamaño "standard", de 4-5 años de edad, la cantidad de agua perdida, según el sombrío (9p%-00%), varía entre 8,7 y 17,5 litros por día, que dan cifras para el año, calculando en 625 árboles por hectárea de 2.000.000 y 4.000.000 de litros. En nuestra zona, con una precipitación pluvial de 9.000.000 de litros por hectárea, repartida prácticamente en dos períodos no uniformes y cortos durante el año, esta cantidad es insuficiente si se tiene en cuenta las pérdidas sufridas por percolación, evaporación del suelo y escorrentía, que alcanzan a 70-80% de la precipitación pluvial, (Lyon y Buckman 1943).

De acuerdo con el cálculo, las plantaciones de cacao a plena exposición solar, con un gasto de 4.000.000 de litros al año por transpiración, se encuentran con un déficit hídrico enorme, por lo cual prácticamente en el Valle del Cauca, las plantaciones de cacao no pueden cultivarse ni deben cultivarse sin sombrío por lo menos durante 5-8 años, si se desea una producción buena y uniforme.

TABLA Nro. 5

INFLUENCIA DEL SOMBRIO EN LA TRANSPIRACION DEL CACAO

Sombra	Intensidad Transpiratoria			
	Gm.-dm ² .-hora	Litro-m ² .-día	Litro-árbol-día	Litro-m ² .-mes
90%	0.244	0.585	8.775	17.568
50%	0.309	0.742	11.130	22.248
25%	0.320	0.768	11.520	23.040
00%	0.513	1.231	18.465	36.936

Las investigaciones presentadas en este trabajo, demuestran que se puede influir directamente, mediante la regulación del sombrío, en el control de la pérdida de agua sufrida por la planta durante la

transpiración, además de prevenir la evaporación del agua presente en el suelo. Los ensayos demostraron que puede disminuirse perfectamente en un 50% la pérdida de agua por transpiración.

Por los trabajos de Aarland, (1949), se sabe que plantas con una intensidad transpiratoria muy alta, rinden menos cosecha y durante menos tiempo que plantas con una transpiración restringida. Para este autor es deseable una disminución de la transpiración sin una consecuente merma de la cosecha.

La transpiración menos intensa se registró en plantas bajo 90% de sombra, pero esta disminución tan pronunciada, no es deseable por influir en la atenuación de la fotosíntesis a causa de la poca intensidad lumínica disponible y por favorecer la propagación de enfermedades fungosas y de plagas, por lo cual, se cree conveniente proporcionar a las plantaciones de cacao un sombrío comprendido entre el 50% y 25%, pues, los resultados obtenidos en la experimentación coinciden con los que exhibe la experiencia obtenida en cultivos bajo estos grados de sombra, mejor conformados y de excelente producción.

En los ensayos con fitohormonas, se encontró que las aspersiones hechas sobre el follaje, son otro factor que interviene en el control de la transpiración, además del sombrío, y puede tener aplicación cuando se presenten períodos largos de sequía, tan frecuentes en el Valle del Cauca.

VIII. RESUMEN

En el presente trabajo, el autor describe principalmente, sus investigaciones sobre transpiración del cacao bajo distintos grados de sombrío. Empleó para su estudio dos métodos conocidos, (gravimétrico e higrométrico) y ha introducido un nuevo método denominado "volumétrico o de la pipeta", ampliamente descrito en el texto.

Mediante la utilización de estos tres métodos se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1º) Con la disminución del sombrío, aumenta la intensidad transpiratoria.
- 2º) Plantas a pleno sol evaporan y transpiran un 50% más de agua, aproximadamente, que plantas bajo un sombrío del 90%.
- 3º) La transpiración llega a su máximo de 10 a.m. a 3 p.m. y es baja tanto en las primeras horas del día como en las últimas.
- 4º) Prácticamente durante la noche cesa la transpiración estomatal.
- 5º) Según el grado de sombrío, se presentan cambios morfológicos

y estructurales, principalmente en las hojas.

- 6º) Con el aumento de sombrío, disminuye la cantidad de estomas por unidad de superficie foliar.
- 7º) Plantas en suelo húmedo, exhiben una intensidad de transpiración mayor que plantas en suelo seco.
- 8º) El sombrío es uno de los factores principales para controlar directamente la pérdida de agua por transpiración, factor aún más importante que el control del proceso por medio de fertilizantes.
- 9º) Según el porcentaje de sombrío y según el tratamiento, (follaje o suelo), las fitohormonas aumentan o disminuyen la transpiración. En las aplicaciones más usuales en el Valle, aspersión del follaje, disminuyó la transpiración en árboles bajo 50% de sombra.
- 10º) Para las plantaciones de cacao del Valle, no es recomendable prescindir del sombrío ni mantenerlo en un grado superior a 50%; debe regularse más bien en un término medio comprendido entre 25 y 50%.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. Aarland, A. (U. Leizig): Acker und pflanzenbaulich Kulturmassnahmen in neuen Blickfelde. Ein weg zur steigerung der Ertrage der Kulturpflanzen. Pharmazie 4 (4): 190-192. 1949. (Biol. Abst. 43: 29092 1951).
2. Amlong, H. U. Ueber der Einfluss der Hormonisierung auf der Transpiration der Pflanze. Naturwiss, 44-45.1943.
3. Bellefraid, V de. La Culture du Cacaoyer au Congo Belge. Etude sur le Travaux d' enrichment du Sol a Lukolela. Bull. Agric. Congo Belge. 37 (3): 554-585. 1946.
4. Bondar, G. Efeito das condicoes meteoricas nas plantacoes de cacau. Bahía. Rur. 2: 346-347. ilustr. III-1935. 92B 142.
5. Breazeale, E. L., Mac George, W. T. Breazeale, J. F. (U. Arizona): Moisture Absorption by plants from an atmosphere of high humidity. Plant Physiol. 25 (3): 413-419. 1950. (Biol. Abst. 44: 34236. 1950)
6. Brouhns, G. Le cacaoyer et son ombrage. Bull. Agric. Congo Belge. 37 (3): 822-828. 1946.
7. Buckman, H. O. and Lyon T. L. The Nature and Properties of Soil. 2ª ed. Mac. Millan Co. 1943.
8. Cabrera, L. I. La Sombra y la Concentración de Estomas en Cacao. 2. Ventajas del sombrío. Bol. Informativo del Cacao. Turrialba, C. Rica. 15, 16 y 17. (1). 1949.
9. Canavillas, Rodríguez. L. Estudio de Transpiración Vegetal. Expe-

- riencias en lisímetros con cultivos de maíz. *Anales Inst. Esp. Edaf., Ecol. y Fisiol. Vegetal.* 6 (1): 129-144. 1947. (*Biol. Abst.* 41: 25308. 1948).
10. ———y **Ma. Dolores Angulo**. Estudio de Transpiración Vegetal. I Experiencias con lisímetros en cultivos de judías. *Anales Inst. Esp. Edaf.; Ecol. y Fisiol. Vegetal.* 5 (1): 65-92. 1946.
 11. ———y **Valiás Gómez, E.** Avance de las Experiencias sobre el Riego de Tomate tardío. *Bol. del Inst. Nal. de Invest. Agro.* 23 (x). 1950 (Orig. no visto).
 12. **Cartellieri, E.** Uber Transpiration und Kohlensaureassimilation an einen hochalpinen Standort. *Akad. Niss. Wien. Math. Nat. Kl. Sitzungsber. Abt. 1.* 149: 95-143. 1949. (*Biol. Abst.* 42: 5095. 1948).
 13. **Ferri, Mario. G.** and **Lex, A.** Estomatal behavior as influenced by treatment with B-naphthoxyacetic acid. *Contr. Boyce Thompson Inst.* 15 (5): 283-290. 3 fig. 1948.
 14. **Flint, Lewis. H.** and **Moreland Charles, F.** A study of stomata in sugarcane. *Amer. Jour. Bot.* 33 (1): 80-82. 1946.
 15. **Freeland, R. O.** Photosynthesis in relation to stomatal frequency and distribution. *Plant. Physiol.* 23 (4): 595-600. 1948.
 16. **Garafalo, F.** (U. Palermo). L'influenza de la Sulfamididi sulla Transpirazione delle foglie. *Arch. Sco. Biol.* 32 (1): 5-9. 1947. (*Biol. Abst.* 43: 30137. 1949).
 17. **Goodall, D. W.** Diurnal Changes in the Area of Cacao leaves. *Ann. Bot. (London)* 1: 449-451. Oct. 1947.
 18. ——— (West Africa Cacao Res. Sta. Tafo Gold Coast). A quantitative study of the early development of the seedling of cacao. *Ann. Bot.* 13 (49): 1-22. 1949. (*Biol. Abst.* 43: 19544. 1949).
 19. **Greenwood, M.** and **Posnette, A. F.** The Growth flushes of cacao. *Jour. Hort. Sci.* 25 (3): 164-174. 1950 (*Biol. Abst.* 44: 37528. 1950).
 20. ——— Report on the Central Cocoa Res. Tafo. 1938-42. *Rept. Dept. Agric., Gold Coast Colony* 1943: 63. 1943. (*Biol. Abst.* 41: 1741. 1947).
 21. **Griep, Woefgang.** Uber den fluss von Aussenfaktoren auf die Transpiration der Pflanzen. *Zeitschr. Bot.* 36 (1): 1-54. 1940. (*Biol. Abst.* 42: 1955. 1948).
 22. **Hagan, R. M.** (U. Calif. Davis). Soil aeration as a factor in water absorption by root of Transpiring plant. *Plant. Physiol.* 25 (4): 748-762. 1950 (*Biol. Abst.* 45: 11897. 1951).
 23. **Humphries, E. C.** Wilt of cacao fruit. I-An investigation into the causes. II-A preliminary survey of the carbohydrates metabolism, with special reference to wilt susceptibility. *Ann. Bot.* 7 (25): 31-44, 45-61. 1943.
 24. ——— Dormancy of cacao buds. I-II. *Trop. Agri. (Trinidad) Cacao Res. Rept.* (1941-43) 11: 28-38 Ref. 1944.
 25. **Kamtkar, N. V. B.** and **Gokhale, D. H.** Water requirement of rabi

- jowar (*Andropogon sorghum*) in the scarcity trats of the Bombay Ducan. *Indian Jour. Agr. Sci.* 13 (3): 235-251. 1943.
26. **Kelly, S. and Avery, G. S. Jr.** The effect of 2-4-dichlorophenoxy-acetic acid and other physiologically active substances on respiration. *Amer. Jour. Bot.* 36, 421-26. 1949.
 27. **Konis, E.** (U. de Jerusalén). The effect of leaf temperature on transpiration. *Ecology.* 31 (1): 147-148. 1950. (*Biol. Abst.* 44: 25060. 1950).
 28. **Krishnaiyenger, C. V.** Reversible Change in the Weight of a Plant. *Jour. Indian Bot. Soc.* 25 (4): 151-161. 1946. (*Biol. Abst.* 42: 83498. 1948).
 29. **Llano Gómez, E.** Cultivo del Cacao. *Minist. de la Economía Nal.* Bogotá: 83-98. 1947.
 30. **Manzoni, L. e Puppo, A.** Ricerche sulla traspirazione e sur consumo hidrico delle piante, 410 p. Anónimo. Grafiche, S. A. Bologne (1947). (*Biol. Abst.* 42: 25309. 1948).
 31. **Maximov, N. A.** The Plant in Relation to Water, 1^a ed. Edit. by R. H. Yapp. George Allen and Unwin. London. 1929.
 32. ———— *Plant Physiology.* 2^a ed. Mc. Graw-Hill Book Co. Inc. New York and London. 1938.
 33. **Mendel, K.** Orange leaf transpiration under orchard condition. II. Soil moisture content decreasing Palestine. *Jour. Bot. Sco. Ser. R* 5 (1): 59-85 1945. (*Biol. Abst.* 40: 11132. 1946).
 34. **Meyer, B. S. and Anderson, D. B.** *Plant Physiology.* 2^a ed. D. Van Nostrand Co. New York. 1946.
 35. **Montoya, D. G.** Las horas diarias de luz solar y su efecto sobre algunas plantas tropicales. *Rev. Agric., P. Rico.* 1949. 39, 181-4, bibl. 7.
 36. **Mc. Laughlin, J. H.** Observaciones sobre las plantaciones de cacao en Colombia. *Bol. Infor. del Cacao.* Turrialba, C. Rica. 6 (2): 1-2. 1950.
 37. **Miller, E. C.** *Plant Phisiology,* 2^a ed. Mc. Graw-Hill Book Co., Inc. New York and London. 1938.
 38. **Monttfort, C. and Gerda Zoellner.** Bertandigkeit in Blatt Reaktionstypen bei Bestrahlung nuit Sonnerlicht. *Bot. Arch.* (Leizig. 43: 393-460. 1942. (*Biol. Abst.* 42: 8806. 1948).
 39. **Murray, D. B.** Some preliminary studies of the transpiration and carbon assimilation in cacao. *Trop. Agr. (Trinidad).* 17: 166-168. Ref. Sep. 1940.
 40. **Nauderf, G. y Villamil, F.** Contribución al Estudio de la Fisiología del Cacao. Tratamiento con fitohormonas y su influencia sobre la caída prematura y marchitamiento de frutos jóvenes. *Notas Agronómicas. Est. Exp. de Palmira* Col. 1 (3): 87-90. En.-Abr. 1950.
 41. ———— y **Gardner, V. R.** Contribución al Estudio de la Fisiología del Cacao. Influencia de las diversas fitohormonas sobre caída prematura y marchitamiento de los frutos jóvenes. *Notas Agronómicas. Est. Exp. de Palmira.*

- Col. 3 (3): 185-187. Nov.-Dic. 1950.
42. **Niemann, W.** Über Beziehungen zwischen Blattgröße in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit. Sonderdruck Angew. Bot., 14: Heft. 1932.
43. **Pratonlago, U.** L'economia dell'acqua. La traspirazione e i consumi idrici della vegetazione. Italia Agric. 83 (2): 93-95. 1946. (Biol. Abst. 42: 14938. 1948).
44. **Pyke, E. E.** The Physiology of Cacao. I. General Observations of growth, flowering and Fruiting. Imp. Coll. Trop. Agr. (Trinidad). Cacao Res. Ann. Rept. (1932). 2: 37-40. 1933.
45. **Ringoet A.** La transpiration des vegetaux en relation avec L'humidité du sol. Bull. Agric. Congo Belg. 40 (1): 762-774 1949. (Biol. Abst. 44: 25062. 1950).
46. **Saton, T.** Effect of wind on transpiration of new and old leaves of some trees. Bull. Tokyo. Univ. Forests. 36. 30-34. 1948. (Biol. Abst. 44: 105 33. 1950).
47. **Stoker, O.** Probleme der pflanzlichen Dürresistenz. Biologie., 67,370.1950.
48. **Thorold, C. A.** (C. Dept. Agric. Trinidad) Observations on a trial of tree as shade of cacao. Tropic. Agric. (Trinidad). 22 (11): 203-206. 1945.
49. **Tombesi, L.** Fotosintesi, respirazione e traspirazione e funzione del regime idrico. Ann. Sperim. Agrar. (Roma). 3 (4): 759776. 1949. (Biol. Abst. 44: 34239. 1950).
50. ——— Fotosintesi, quoziente respiratorio, traspirazione, attività catalasica ed ossida ed ossidasi di alcune specie vegetali in rapporto alle disponibilità idriche del suolo. Nota I. e Nota II. Ann. Sper. Agrar. 4, 481-535. 1950.
51. **Veihmeyer, F. J.** and **Hendrickson, A. H.** How much water does a fruit tree need?. Amer. Fruit Gr., 70, 6, 12. 1950.
52. **Weimann, H.** and **Le Roux, M.** A critical study of the torsion balance (method), of measuring transpiration. S. Afri Jour. Sci. 147-153. 1946. (Biol. Abst. 41: 7176. 1947).
53. **Wilson, K.** (Birkbeck Coll. London) Transpiration a saturated atmosphere. Nature (London). 164: 1013-1014. 1949. (Biol. Abst. 44: 34241. 1950).
54. **Williams, W. T.** (U. London) Studies in stomatal behavior. III. The sensibility of stomata to mechanical shock. Ann. Bot. 13 (51): 309-328. 1949 (Biol. Abst. 43: 22084. 1949).
55. **Wyssling, A. Frey.** Stoffwechsel der pflanzen. 1^a ed. Buchergilde Gutenberg. Zürich. 1949.
56. **Yuncker, T. G.** A study of the relation of soil moisture to transpiration and photosynthesis in the corn plant. Plant World, 19: 151-161. 1916.