

C

EFFECTOS DE LA SOMBRA SOBRE LA CONCENTRACION  
DE ESTOVAS EN THEOBROMA CACAO L.

Por

✓  
LEONARDO CARRERA VILLA

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

TURRIALBA, COSTA RICA

Junio de 1949.

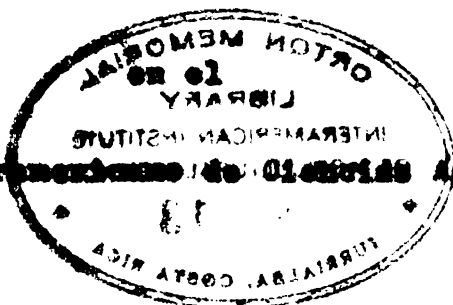
EFFECTOS DE LA SEQUERA SOBRE LA CONCENTRACION DE  
ESTEROS EN THEOBROMA CACAO, L.

T e s i s

Sometida al Comité Facultativo, como cumplimiento par-  
cial de los requisitos para obtener el grado de:

Magister Agricultor

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas



Aprobado:

<i>J. Harvey McLaughlin</i>	Consejero
<i>Geo. Bowman</i>	Comité
<i>E. H. Allen</i>	Comité

Junio de 1919

## AGRADECIMIENTOS

Al llegar a finalizar mis estudios, deseo patentizar mis sinceros agradecimientos a los Sres. que integran el Comité de becas de este Instituto por haberme coneedido el goce de esta beca y con ello la realización del presente trabajo.

Así mismo, agradezco a los Sres. Drs. Geo. F. Bowman, Jefe del Centro del Cáncer, J. H. McLaughlin y L. R. Haldridge, Patólogo y Neólogo del mismo, por las sugerencias y orientaciones tan valiosas que me prestaron para el planeamiento del experimento y la mejor preparación de esta tesis.

Al Sr. Dr. Frederick L. Wellman y Srta. Lucy Hastings, Patólogo y Botánica de este Instituto, por las sugerencias y facilidades que me brindaron en mis trabajos de laboratorio.

## BIOGRAFIA

### Leonardo Cabrera Villa

Nació en la Villa de Tehuitzingo, Puebla, México el 14 de marzo del año 1923.

Comenzó sus estudios primarios en la Escuela Primaria de ese lugar y los terminó en la Escuela Normal de Indicar de Matamoros, Puebla, México.

En el año de 1938 ingresó a la Escuela Prevocacional de Champusco, Puebla, México en la cual hizo sus estudios secundarios ( 1938 - 40 ).

De este plantel educativo, solicitó examen de admisión como aspirante a alumno de la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo, México. Habiendo sido aprobado en dicho examen, ingresó como alumno de ese plantel profesional donde llevó a cabo sus estudios referentes a la carrera de Ingeniero Agrónomo ( 1941 - 47 ).

Finalmente, en los años ( 1948 - 49 ) realizó estudios de especialización sobre el cultivo del cacao, en el Institute Interamericano de Ciencias Agrícolas de Turrialba, Costa Rica.

## CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	2
MATERIALES Y METODOS USADOS.....	3
INVESTIGACIONES.....	10
Recuento de estomas en plantas de semillero....	10
Recuento de estomas en árboles de más de 10 años de edad.....	13
Número de estomas por mm <sup>2</sup> .....	24
Tamaño y forma de los estomas.....	25
Área de un estoma y por mm <sup>2</sup> .....	27
DISCUSION.....	29
SUMARIO.....	30
LITERATURA CITADA.....	33
APENDICE.....	34

## INTRODUCCION

El trabajo que trataré en esta tesis, fué auspiciado por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en su departamento denominado Centro del Cacao.

El día 7 de septiembre del año 1948, se me despertó la curiosidad de ver la forma típica de un estoma de cacao y entonces, para saciar este deseo y adquirir un conocimiento más profundo, tomé 2 hojas, una de ellas que se encontraba bajo sombra y la otra del sol directo. Mi sorpresa más grande, fué ver a través del lente del microscopio, una acumulación notablemente mayor de los estomas en la hoja que provenía de arbolitos sembrados.

Al encontrarme con esta novedad, me inspiró el deseo de cuantificar esta acumulación de estomas y llegar a determinar de esta manera, las variaciones entre el número mínimo, medio y máximo que pudieran registrarse al variar las condiciones de sombra de un cacotal.

El estudio se llevó a cabo con plantas de cacao; sembradas en almácigos, a las cuales se les proporcionó diferentes grados de sombreamiento. Otra parte del estudio se hizo sobre árboles de cacao de más de 10 años de edad. En ambos casos se fijó la acumulación de los estomas por  $\text{cm}^2$ . Además, se dibujó la forma que presenta un estoma, anotando sus diferentes partes.

Tuve especial interés en seguir este trabajo abri-  
gando la esperanza de encontrar alguna explicación del  
efecto que ejerce la sombra sobre los árboles de cacao.  
De este efecto de la sombra, se ha dicho mucho, por  
quienes se dedicaron a escribir las distintas técnicas  
del cultivo. En su totalidad, explican este efecto, co-  
mo una acción de la sombra sobre el ambiente y sobre el  
suelo; el primero, haciéndolo más uniforme y el segundo,  
enriqueciéndolo por la constante acumulación de materia  
orgánica. Un punto de vital importancia y al cual se le  
ha dado poca atención, es el de buscar el efecto posible  
que pueda ejercer la sombra sobre la constitución y fun-  
cionamiento fisiológico del árbol.

Animado por esta conjetura que existe, de que si  
es conveniente o no, establecer árboles de sombra a nues-  
tros cacaetales, emprendí mi trabajo sobre las cavidades  
estomáticas, de las cuales puede depender la resistencia  
de un árbol al sol.

#### REVISIÓN DE LITERATURA

Al revisar lo que existe escrito sobre los efectos  
de la sombra en la concentración de los estomas; princi-  
palmente en la planta de cacao, vemos que no hay casi  
nada hecho al respecto y solamente los tratados de Fisi-  
ología (1), (2), (3), (4) y de Botánica (6) se refieren  
a la función de los estomas con el medio ambiente.

Se han hecho estudios en otras plantas, tal como el girasol y plantas silvestres en habitat de pradera (7); pero estos no son precisamente estudios comparables, sino que estos se refieren, en el primer caso a una reducción en la distancia de siembra y en el segundo, se estudió la acumulación de estomas que mostraban las hojas del estrato herbáceo, arbustiva y arbóreo. En la planta de girasol, se estudió la concentración de estomas en relación con la densidad de siembra. Se encontró que para una separación de 64 pulgadas entre planta y planta habían 295 estomas por  $\text{mm}^2$ ; para 32 pulgadas, 411 por  $\text{mm}^2$ ; para 16 pulgadas, 411 por  $\text{mm}^2$ ; para 8 pulgadas, 427 por  $\text{mm}^2$  y para 4 pulgadas, 455 estomas por  $\text{mm}^2$ . Lo que pone de manifiesto que, cuando las plantas fueran más juntas, recibían más sombra y por consiguiente, las cavidades estomatales aumentaron al disminuir la distancia de siembra.

#### MATERIALES Y METODOS USADOS

El experimento con arbolitos de semilla se estableció en el campo experimental denominado "El Chino", perteneciente a los campos de este Instituto. Se encuentra a una elevación de 600 m. sobre el nivel del mar, con una precipitación anual de aproximadamente 2,5 m. y una temperatura media anual de más o menos  $23^{\circ}\text{C}$ .

Cuenta con un suelo arcillo limoso, profundo y



de un pH de 6,5. Para los fines de nuestro experimento era aceptable.

Los almórgos se sembraron el día 3 de marzo del año 1948 a una distancia entre planta y planta de 15 cm. Los tratamientos que se hicieron fueron 4 con 2 repeticiones cada uno. Estos tratamientos consistieron en proporcionar a las plantitas de cacao diferentes grados de sombreado, es decir, plantitas sin sombra, con 25%, 50%, y con 90% de sombra. Cada una de estas intensidades de sombra fueron controladas, con ello no queremos decir que sea rigurosamente este grado de sombreado, sino que lo es en forma aproximada.

Para proporcionar la cantidad de sombra adecuada a los sembreros, nos valimos de tallos de caña brava (Cyperium sagittatum (Aubl.) Beauv.) de más o menos un mismo diámetro (5cm.) y de hojas de plátano (Musa paradisiaca, Fig. 1 y 2). Esto es, al 50% dimos una separación de 5 cm. entre los tallos de caña brava, al 25% de 10 cm. y al 90% separadas como el 50%, pero además se le añadió hojas de plátano. Los almórgos fueron de 1 m. de ancho por 2.5 m. de largo. En 4 crillas de éstos se clavaron los tallos de caña brava de 1.5 m. de alto, con el espaciamiento descrito, así como en la parte superior del almórgo.

Con el propósito de comprobar la acumulación de

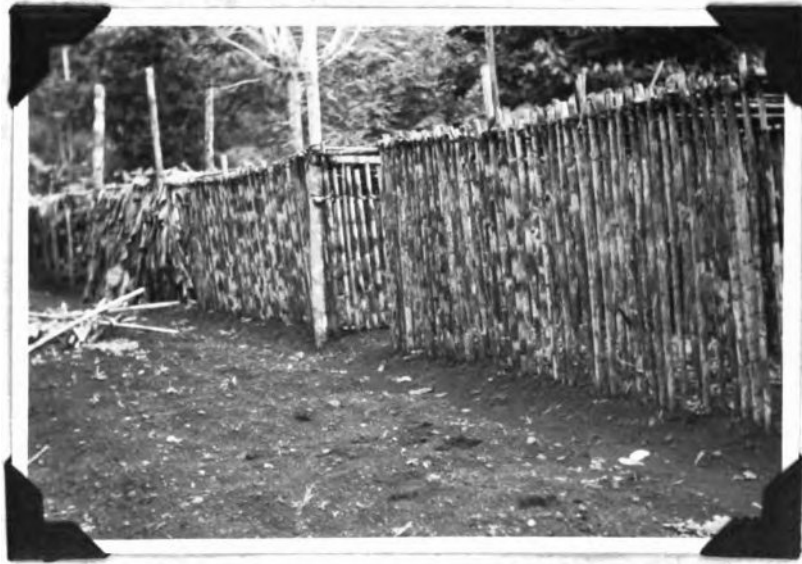


Fig. No. 1.- De izquierda a derecha, Almeigas con 90, 50 y 25% de sombra.



Fig. No. 2.- Arbolitos con 50% de sombra.

los estomas en árboles mayores por efectos de la sombra, se hizo el recuento en árboles de más de 10 años de edad, procedentes de la finca "La Lola" propiedad del Instituto. Allí, comparamos árboles a pleno sol, con árboles bajo sombra permanente proporcionada por plantas leguminosas del género Inga (Fig. 3 y 4).

Para hacer el recuento de estomas, se tomaron hojas a 3 niveles de la planta, es decir, de su parte superior, de la media y de la parte inferior. Desprendidas las hojas, se les depositaba en periódicos húmedos para hacer su traslado al laboratorio en condición fresca, pues así se conseguía que la turgencia de las células estomáticas se conservara; facilitándose de esta manera su observación.

Al principio de mis observaciones traté de decolorar la clorofila, poniendo un pedacito de hoja en alcohol etílico encima de un porta objetos y calentando el último sobre la flama de un mechero. Este tratamiento no resultó bueno, aunque los granos de clorofila se decoloraban, la hoja quedaba muy oscura, haciéndose muy difícil distinguir los estomas.

El sistema que adopté, tanto por su sencillez, como por la claridad con que se ven los estomas es el siguiente:

Considerando la hoja dividida en cuadrantes,



**Fig. No. 3.- Arboles de 10 años o más con sombra de Ingas.**



**Fig. No. 4.- Arboles de 10 años o más desprovistos de  
sombra.**

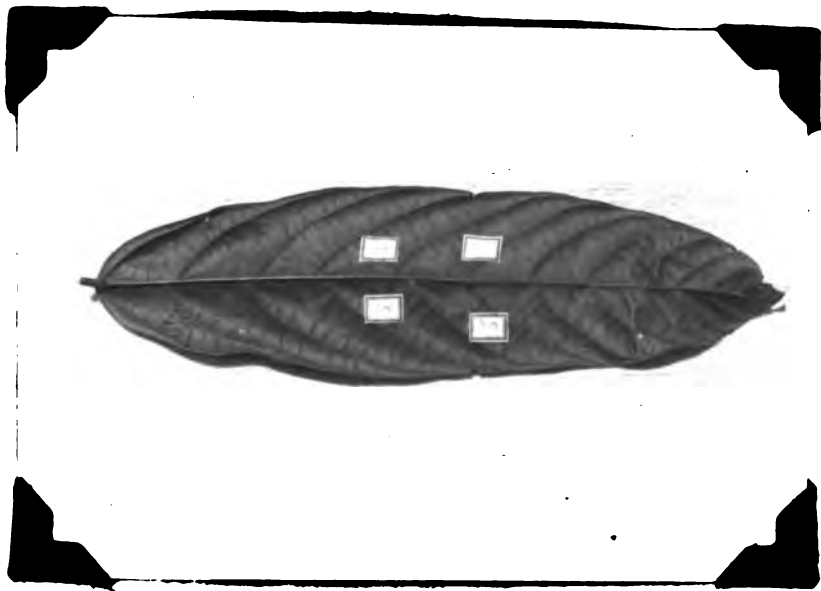


Fig. No. 5.- Hoja de arbolito, dividida en cuadrantes para la toma de muestras.



Fig. No. 6.- Arbolitos de estaca con sombra provisional, de *Musa* sp.

(Fig. 6) de cada una de estas cuatro partes se hace un corte utilizando una hoja de navaja nueva. Este corte debe hacerse con sumo cuidado, de tal manera que no lleve parte del mesófilo, es decir, procurar que únicamente se levante la epidermis del envés de la hoja.

Una vez hecho el corte, se le coloca en un porta objetos muy limpio, se le pone una gota de agua destilada y finalmente un cubre objetos, procurando que al poner éste no queden burbujas de aire. De esta manera queda montada la preparación para ser observada en el microscopio.

El microscopio utilizado fué un binocular de la casa Bausch and Lomb Optical Co. Usamos un objetivo de 43 diámetros y un ocular de 10 X. Para facilitar el recuento de los estomas, colocamos en el ocular dos hilos de seda para formar una retícula y dejar dividido el campo del microscopio en cuadrantes. En cada cuadrante se contó el número de estomas, se sumaban, y el total nos dió la concentración de estomas en todo el campo del microscopio.

De cada una de las hojas se contaron 4 campos, se sumó el número de estomas de cada uno de estos campos y se obtuvo de esta manera el total de los 4 campos, que representó el valor numérico de los estomas contados en una hoja. Finalmente se calculó el promedio por

campo. Estos promedios están presentados en los cuadros numéricos que muestran la variación estomatal.

#### INVESTIGACIONES

Registro de estomas en plantitas de almendra. Ya hemos indicado la forma que usamos para cuantificar las estomas de hojas individuales. Los cuadros numéricos, por 3 de los tratamientos, dan los promedios de 42 hojas contadas, que representan a  $1\frac{1}{2}$  árboles distintos; pero en las plantitas sin sombra solamente se trataron 7 árboles. No se disponía de un número mayor, sin sombra, debido a que la mayor parte murieron a consecuencia de la acción quemante del sol.

En el apéndice de esta tesis, hemos incluido todos los cuadros numéricos que muestran la variación en el número de estomas por campo, el total de 4 campos y el prom. por campo; resultados de cambiar las condiciones de sombra, tanto de un escotal viejo como en plantitas de alméigos.

Agrupados los resultados numéricos en clases, (cuadro No. 1) la mayor frecuencia del número promedio de estomas por campo, en los arbolitos sin sombra se registró en una media de clase de 23, para el 25% en una media de 38, para el 50% en 58 y para el 90% en una media de 53. Se puede notar como la acumulación de estomas fué en aumento con la intensificación de sombra,

hasta llegar a una frecuencia máxima que se encuentre entre 50 y 60, (Fig. No. 7).

Observaciones de los cuadros 2 y 3, muestran que en los tratamientos, los promedios de recuentos de estomas varían mucho más entre arbolitos que entre las posiciones de las hojas en arbolitos individuales.

Entre posiciones, el número de estomas fué casi el mismo, debido a que las hojas que se encuentran en planes inferiores del arbolito eran formadas en iguales condiciones de sombra; o sea, en el punto de crecimiento. La mayor variación en la concentración de los estomas entre arbolitos se debió a la competencia que se libró entre ellos, es decir, mientras unas plantas adquirieron una altura mayor, otras se quedaron a una menor y por consiguiente, estas últimas recibieron la sombra que les hemos puesto más la suministrada por las plantas de mayor tamaño.



**Cuadro No. 1. Distribución de frecuencias del número promedio de estomas por campo del microscopio en e de hoja, bajo diferentes condiciones de sombra. (Datos obtenidos de los alfileros de El Guano).**

Clases del número de estomas	Medio de clase	F r e c u e n c i a s			
		En sombra	25% Sombra	50% Sombra	90% Sombra
16-20	18	4	1		
21-25	23	7	3		
26-30	28	5	2		
31-35	33	4	10	1	
36-40	38	1	12	0	
41-45	43		8	1	4
46-50	48		5	3	9
51-55	53		1	11	13
56-60	58			14	7
61-65	63			10	4
66-70	68			1	3
71-75	73			1	2
<b>Totales</b>		<b>21</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>

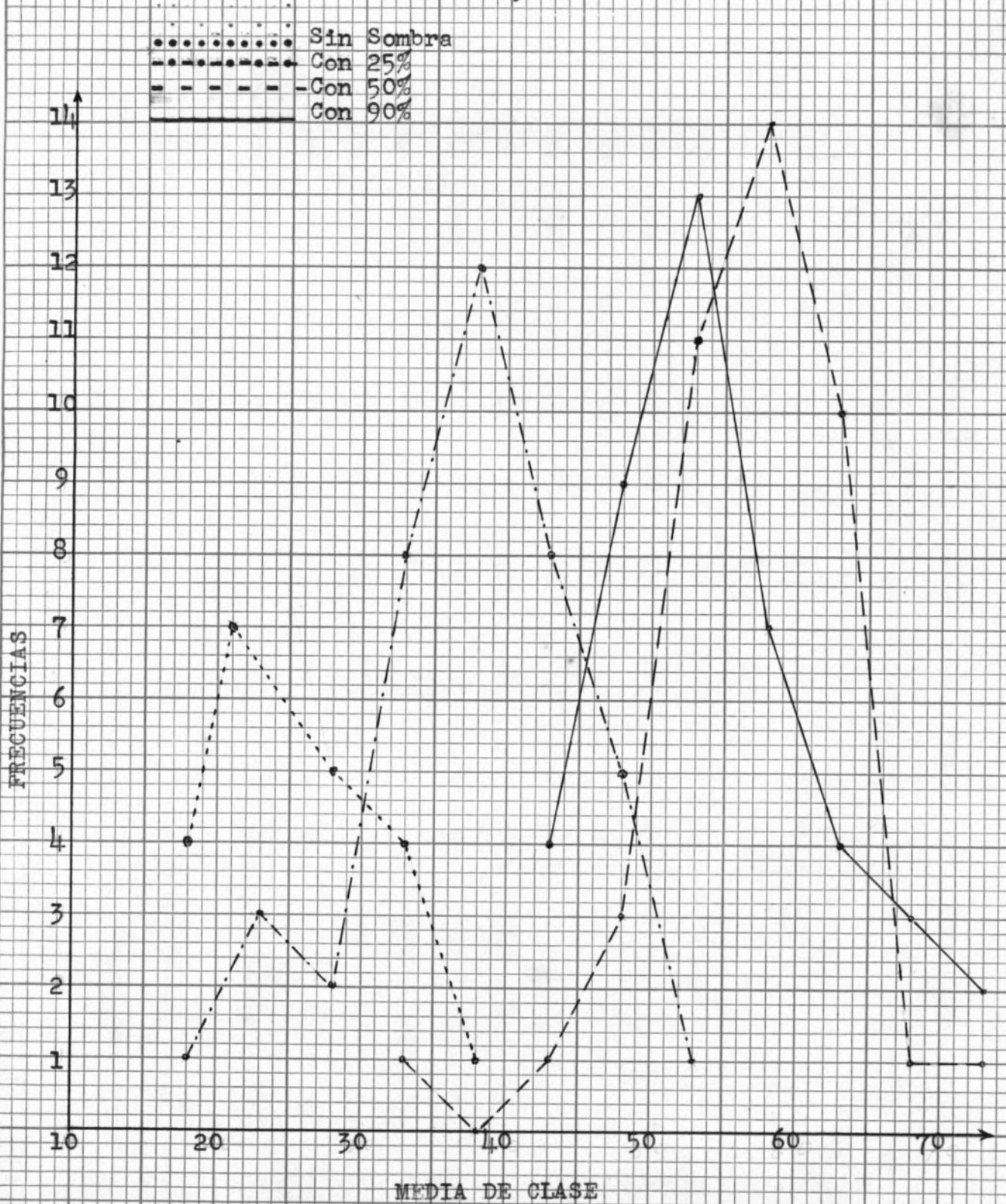


Fig. 7.- Una presentación gráfica de los datos de distribución de frecuencias de promedios, concentrados en el cuadro No. 1.-

CUADRO No. 2 Total del número de estomas, arreglado de acuerdo con la posición de la hoja en el árbol. Los totales para una posición específica en un árbol fueron obtenidas de los cuadros Nos. 15, 16, 17, y 18 del apéndice. (Datos obtenidos de los arbolitos de El Chino.)

No. del Arbol.	Sup. <sup>1</sup>	Med. <sup>1</sup>	Inf. <sup>1</sup>	Sup. <sup>2</sup>	Med. <sup>2</sup>	Inf. <sup>2</sup>	Sup. <sup>3</sup>	Med. <sup>3</sup>	Inf. <sup>3</sup>	Sup. <sup>4</sup>	Med. <sup>4</sup>	Inf. <sup>4</sup>
1	99	123	79	175	167	93	207	243	215	217	200	202
2	69	87	69	86	153	130	253	243	239	255	200	212
3	80	85	100	126	95	66	289	130	174	164	180	210
4	116	92	91	149	167	151	192	202	244	166	212	188
5	117	129	126	147	173	152	217	274	229	239	196	239
6	112	122	144	156	193	145	257	221	223	179	202	292
7	121	114	93	129	150	196	223	244	223	203	242	204
8				157	196	191	225	215	243	195	210	225
9				143	137	134	193	225	234	274	249	275
10				176	136	163	210	220	244	246	272	290
11				144	195	202	234	244	219	194	220	203
12				130	120	108	239	239	234	183	201	196
13				171	138	156	236	206	247	235	230	226
14				164	130	139	253	204	233	210	219	258
Total	714	752	702	2053	2150	2026	3238	3090	3151	2940	3033	3220
Promedio	102	107	100	147	154	145	231	221	225	210	217	230

I. Sup., superior; Med., Media; Inf., inferior.

Cuadro No. 3.- Número total de estomas contadas en un árbol y número promedio de estomas por campo en un árbol, sin tomar en cuenta la posición de hoja en el árbol. (Datos obtenidos de los arbolitos de El Chino).

No. del	Sin sombra	25%	50%	90%				
Arbol,	Total.	Prom.	Total.	Prom.	Total.	Prom.	Total	Prom.
1	501	25	435	36	665	55	619	52
2	225	19	569	32	755	61	647	54
3	265	22	287	24	593	49	554	46
4	299	25	467	39	638	53	566	47
5	372	31	472	39	720	60	674	56
6	378	32	494	41	681	57	673	56
7	328	27	475	40	690	58	649	54
8			544	45	715	59	650	55
9			414	35	602	50	798	67
10			475	40	674	56	808	67
11			542	45	677	56	617	51
12			358	30	712	59	980	48
13			465	39	689	57	692	58
14			433	36	690	58	687	57
<b>Total</b>	<b>2168</b>		<b>6229</b>		<b>9479</b>		<b>9193</b>	
<b>Prom.</b>	<b>310</b>		<b>445</b>		<b>677</b>		<b>657</b>	

Como no disponíamos de un diseño experimental adecuado, agrupamos nuestras observaciones dentro de cada tratamiento para la comparación de grupos y prueba de t. (Snedecor, 1946). Los datos para este análisis provienen del cuadro No. 3

Cuadro No. 4. Resumen de las estadísticas para la comparación de los tratamientos dos a dos.

Tratamiento	No. de Plots.	Promedio	N - 1	SSd <sup>2</sup>
Sin Sombra	7	310	6	18244
Con 25%	14	445	13	64345
Con 50%	14	677	13	22587
Con 90%	14	657	13	74459

Cuadro No. 5. Comparación de los tratamientos dos a dos.

Tratamiento Comparado.	Varianza Combinada	Error Standard	t
50% con 90%	3732.53	23.09	0.866
50% con 25%	3343.50	21.85	10.618 **
50% con sin sombra	2149.00	21.46	17.101 **
90% con 25%	5338.61	27.61	7.678 **
90% con sin sombra	4879.10	32.33	10.733 **
25% con sin sombra	4346.80	30.52	4.423 **

\*\* significación al nivel del 1%.

Haciendo la comparación entre dos tratamientos a la vez mediante la comparación de grupos, a base de la hipótesis de nulidad; se determinó que entre los tratamientos 50% y 90% de sombra no había diferencia significativa. Estos 2 mostraron significación al 1% respecto al 25% y sin sombra, lo que quiere decir que el número de estomas es más abundante al grado muy significativo en el 50% y 90% de sombra. Finalmente el 25% mostró significación al 1% comparado con las plantitas a sol directo, registrándose por lo tanto mayor concentración de estomas en el 25% de sombra, (cuadro No. 5).

Estos resultados nos hacen concluir, que el cacao tiene un límite máximo en la concentración de estomas, pues hemos visto que dando más sombra a las plantitas ya no fué posible obtener un aumento significativo en el número de estomas con más de 50% de sombra. Esto nos indicaría que empezando con árboles sin sombra e ir aumentando la sombra gradualmente, siempre se obtendría un aumento en el número de estomas hasta alcanzar un máximo más o menos cerca al 50%. A partir de este 50% si nosotros aumentamos la sombra ya no se obtendría un aumento en el número de estomas y se conservaría más o menos el máximo a la vecindad del 50% de sombra.

También se ha podido observar, cuando se cambió la sombra: (a) de 25% a 90% y (b) de 90% a 25%, que las

plantitas del caso (a) sufrieron mucho más que aquellas del caso (b). En las plantitas del caso (a), se cayeron las hojas, pues al mes y medio de efectuado el cambio de sombra, se hizo el recuento de hojas tanto en el caso (a) como en el testigo. Se encontró en el caso (a), que 38 plantitas exhibían en promedio 15 hojas por planta, en tanto que las del testigo mostraban 22 hojas por planta en un total de 26 plantitas; además, los brotes nuevos se secaron y muchas de las ramitas que contienen las yemas de crecimiento se murieron. En cambio, las hojas de las plantas del caso (b) aunque muchas sufrieron fuertes quemaduras del sol, no se cayeron y con el tiempo la parte de la hoja y todas aquellas no quemadas, lograron adaptarse al nuevo medio y las plantas siguieron emitiendo nuevos brotes y creciendo muy luxuriosas. *¿ porque? cómo lo explica?*

Recuento de Estomas en árboles de más de 10 años.

Las hojas que utilizamos para hacer este recuento, se tomaron entre los árboles que constituyen la finca "La Lela". Las hojas se cortaron también a 3 niveles diferentes del árbol.

Los recuentos dados en los cuadros 19 y 20 del Apéndice provinieron por una parte de árboles que siempre han tenido sombra proporcionada por Ingas; y por la otra de árboles desprovistos en lo absoluto de sombra.

Al agrupar en clases (Cuadro No. 6) el número de

estomas de árboles viejos, la mayor frecuencia en árboles sombreados se registró en una media de clase de 68; en tanto que en los árboles no sombreados, la frecuencia máxima se encontró en una media de 43. Observando la Fig. No. 8, se puede apreciar una distribución más uniforme de los estomas en los árboles que recibieron sombra proporcionada por Ingas.

En estos árboles mayores, se presentó una variabilidad en el número de los estomas de acuerdo con la posición de la hoja en el árbol (Cuadro No. 7). Por consiguiente, el número de estomas en árboles individuales (Cuadro No. 8) fue mucho más variable que en los arbolicos de semillero. Este resultó así; porque las hojas de los planos medios e inferiores del árbol fueron formadas en distintas condiciones de sombra respecto a las que desarrollaron en su parte superior.



**Quadro No. 6. Distribución de frecuencias del número promedio de estomas per campo del microscopio en cada hoja, en árboles viejos con sombra de Inga y sin sombra. (Datos obtenidos en árboles de más de 10 años de edad en La Lola).**

Clases	Media de <u>Frecuencias</u>		
	clase	Sin Sombra      Sombra de Inga	
21 - 25	23	2	
26 - 30	28	0	
31 - 35	33	6	
36 - 40	38	2	
41 - 45	43	5	
46 - 50	48	2	2
51 - 55	53	3	3
56 - 60	58	1	4
61 - 65	63	1	5
66 - 70	68	0	7
71 - 75	73	1	2
76 - 80	78	1	1
<b>Total</b>		<b>24</b>	<b>24</b>

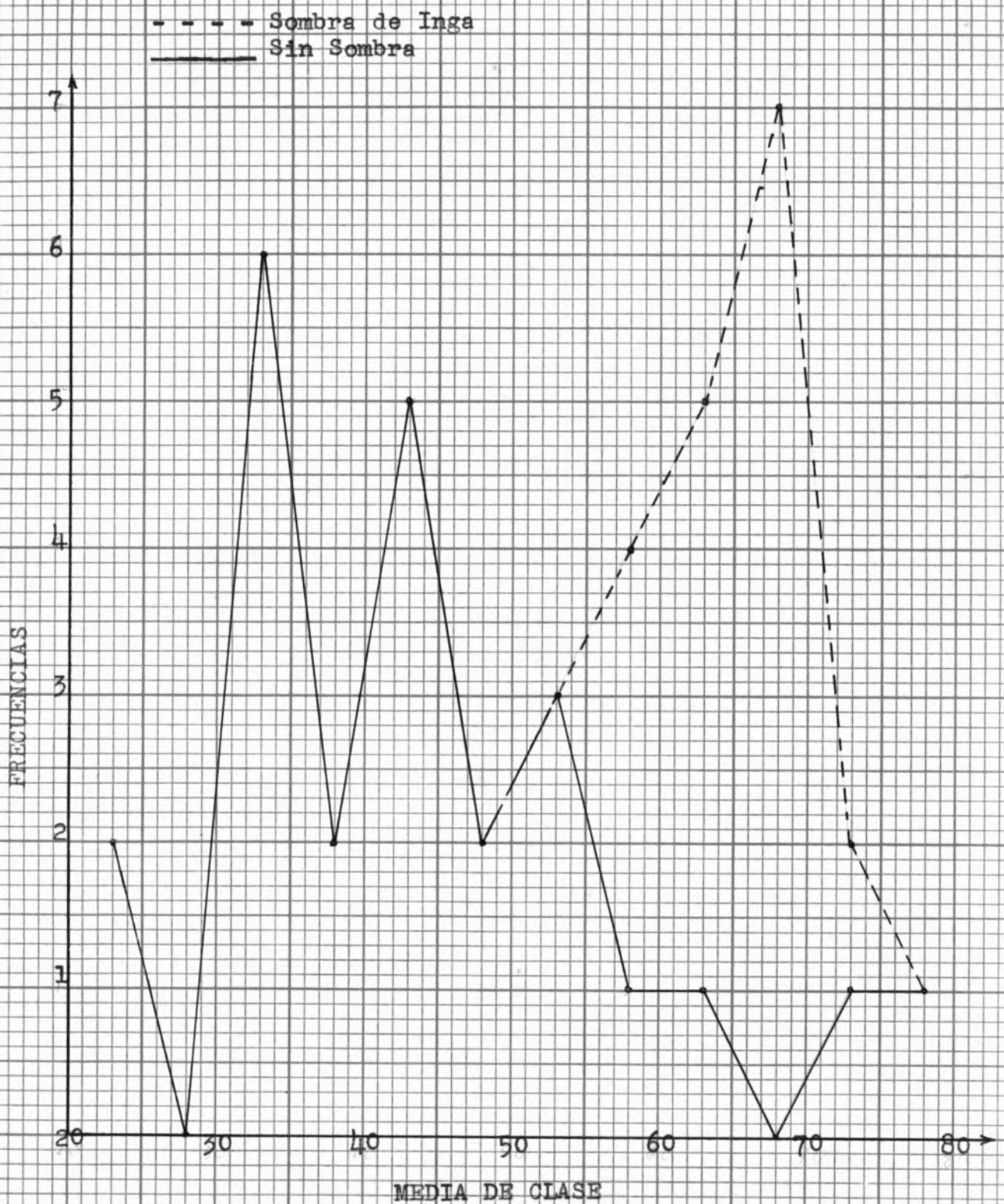


Fig. 8.- Una presentación gráfica de los datos de distribución de frecuencias de promedios concentrados en el cuadro No. 6.-

**Cuadro No. 7. Número total de estomas aragilado de acuerdo con la posición de la hoja en el árbol. Los totales para una posición específica en el árbol fueron obtenidos de los cuadros Nos. 19 y 20 del Apéndice. (Datos obtenidos de plantas de más de 10 años de edad en La Lela).**

No. del Árbol	Sin Sombra			Con Sombra de Inca		
	Sup.	Med.	Inf.	Sup.	Med.	Inf.
1	141	135	145	233	231	239
2	153	164	183	217	193	253
3	98	206	174	187	214	283
4	172	125	101	255	273	261
5	141	136	140	272	243	249
6	209	162	243	215	312	295
7	176	204	192	231	263	262
8	225	311	283	266	274	273
<b>Total</b>	<b>1315</b>	<b>1443</b>	<b>1461</b>	<b>1876</b>	<b>2005</b>	<b>2115</b>
<b>Promedio</b>	<b>164</b>	<b>180</b>	<b>183</b>	<b>235</b>	<b>251</b>	<b>264</b>
<b>Prom. por campo</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>59</b>	<b>63</b>	<b>66</b>

**Cuadro No. 8. Número total de estomas contados en un árbol y número promedio de estomas por campo en un árbol, sin tomar en cuenta la posición de la hoja en el árbol. (Datos obtenidos de plantas de más de 10 años de edad en La Zala).**

No. del Árbol.	Sin Sombra.		Con sombra de Inga.	
	Total	Promedio	Total.	Promedio.
1	421	95	703	59
2	500	42	663	95
3	478	40	684	57
4	398	35	780	66
5	417	35	764	64
6	614	91	822	69
7	572	48	798	63
8	819	68	813	68
<b>Total</b>	<b>4219</b>		<b>5996</b>	
<b>Prom.</b>	<b>527</b>		<b>750</b>	

**Cuadro No. 9. Comparación de los tratamientos con sombra y sin sombra para la prueba de t.**

Treatmento	No. de Plantas	N - 1	Promedio	SSd <sup>2</sup>
Sombra de Inga	8	7	750	25068
Sin Sombra	8	7	527	137965
		14	223	163033

Varianza combinada = 11645.21

Error standard = 53.95

t = 4.135<sup>alt</sup>

Comparando los dos tratamientos (cuadro No. 9), vemos que hubo una marcada significación al nivel del 1% de los árboles con sombra de Inga sobre los árboles desprovistos de ella, indicando esta comparación de tratamientos una mayor concentración de estomas en los árboles con sombra de Inga.

Determinación del número de estomas por mm<sup>2</sup>. Para llegar a establecer el número de estomas por mm<sup>2</sup>, principiamos por obtener el área del campo del microscopio, cuyo objetivo es el de 43 diámetros.

Diámetro del campo = 0.35 mm

Radio del campo = 0.175 mm

$r^2$  = 0.030625 mm<sup>2</sup>

Área del campo = 0.09621 mm<sup>2</sup>

La concentración de los estomas por mm<sup>2</sup>, tanto en arbolitos como en árboles viejos, se muestran en el cuadro No. 10.

Cuadro No. 10. Número de estomas por mm<sup>2</sup>

Intensidad	No. de Árboles	No. de Campos	Total de Estomas	Promedio Por campo	Estomas por mm <sup>2</sup>
<b>Plantitas de semillero:</b>					
0%	7	84	2168	25	260
25%	14	168	6229	37	385
50%	14	168	9479	56	582
90%	14	168	9203	55	572
<b>Árboles viejos:</b>					
S. de Inga	8	96	5996	62	644
Sin Sombra	8	96	4219	44	457

Como hemos visto (Cuadro No. 10) el número de estomas por mm<sup>2</sup> fué de 260, 385, 582, y 572; para árboles sin sombra, con 50, y 90% de sombra respectivamente. También hemos estudiado la concentración de estomas en árboles de más de 10 años de edad, tanto a sol directo como en sombra; obteniéndose más estomas por mm<sup>2</sup> en los árboles bajo sombra, que en aquellos que reciben los rayos solares directamente. Estos datos ponen de manifiesto el efecto de la sombra sobre la concentración de los estomas.

Tamaño y forma de los estomas.- Con el fin de saber la longitud, del estile del estoma y de la célula

estomáticas, se midieron 100 estomas en cada una de las intensidades de sombra. Los estomas medidos fueron de 3 hojas de un mismo arbolito, en las posiciones superior, media, e inferior. Estos resultados que se reportan corresponden a promedios de 100 estomas.

Para la medición de estos estomas, usamos el micrómetro ocular y el objetivo de 43 diámetros, cuya constante es de 1.75 micras.

Cuadro No. 11.- Longitud promedio de 100 estomas

Intensidad	Largo del estoma en micras	Largo célula estomática en micras
Sin Sombra	7.962	16.012
Con 25%	6.475	14.787
Con 50%	6.125	14.262
Con 90%	5.162	14.525

Cuadro No. 12.- Resumen de las estadísticas para la comparación de la longitud del estoma en los tratamientos de arbolitos, dos a dos.

Tratamiento	No. Estomas	N-1	Promedio	SSd2
Sin Sombra	100	99	7.962	52.858
25%	100	99	6.475	49.000
50%	100	99	6.125	45.937
90%	100	99	5.162	22.203

Cuadro No. 13.- Comparación de los tratamientos dos a dos.

Tratamiento Comparado	Varianza Combinada	Error Standard	t
Sin sombra con 25%	0.514	0.101	14.722 $\mu$
" " " 50%	0.498	0.099	18.555 $\mu$
" " " 90%	0.379	0.086	32.558 $\mu$
25% " 50%	0.479	0.097	3.608 $\mu$
25% " 90%	0.359	0.084	15.630 $\mu$
50% " 90%	0.344	0.082	11.743 $\mu$

Se puede notar al hacer la comparación de grupos, como la sombra también tuvo efecto sobre la longitud del estoma; pues las 6 combinaciones posibles de los 4 tratamientos, mostraron una significación al nivel del 1% (cuadro No. 13). Esto quiere decir, que los estomas de los arbolitos sin sombra son más largos que los del 25%, 50 y 90%; a su vez, los del 25% de sombra son más largos que los del 50 y 90% y finalmente, los estomas de arbolitos con un 50% de sombra son más largos que los del 90% de sombra.

Área de un estoma y  $\text{PER } \mu^2$ . - En la determinación del área de un estoma vamos a considerar a éste abierto completamente, o sea, cuando afecta la forma circular. Como el dato del que disponemos es la mitad de la cir-



circunferencia del estoma, para llegar a su área procedamos como sigue:

$$\text{Circunferencia (c)} = 2 \pi r$$

$$\text{Área (A)} = \frac{1}{2} c r$$

$$\text{Radio (r)} = \frac{c}{2 \pi}$$

$$A = \pi \left( \frac{c}{2 \pi} \right)^2 = \frac{\pi c^2}{4 \pi^2} \text{ de donde } A = \frac{c^2}{4 \pi}$$

Cuadro No. 14. Área de un estoma y la que ocuparían los de un mm.<sup>2</sup> cuando afectasen la forma circular

Tratamiento	Largo del estoma en micras	Área de un estoma en $\mu^2$	No. de estomas por $\text{mm}^2$	Área estomatal por $\text{mm}^2$ de hoja
Sin sombra	7.962	20.178	260	5246.280
Con 25%	6.475	13.345	385	5137.825
Con 50%	6.125	11.941	582	6949.662
Con 90%	5.162	8.481	572	4851.132

Calculada el área de un estoma en las diferentes intensidades de sombra (Cuadro No. 14), podemos observar como el área disminuye conforme aumenta la intensidad de sombra. Así mismo, calculada el área estomatal por  $\text{mm}^2$  de hoja, hemos obtenido mayor exposición de área con una intensidad de 50% de sombra; hecho de importancia para la difusión de gases en la hoja de la planta.

¿Que diría la prueba de "t" ?

En un estoma de forma típica, visto en el microscopio y dibujado a mano; el estriolo semeja mucho al de un elipse y la célula estomática es más o menos circular. Naturalmente, la forma del ostiolo es muy variable, pues depende de que el estoma esté cerrado o abierto.

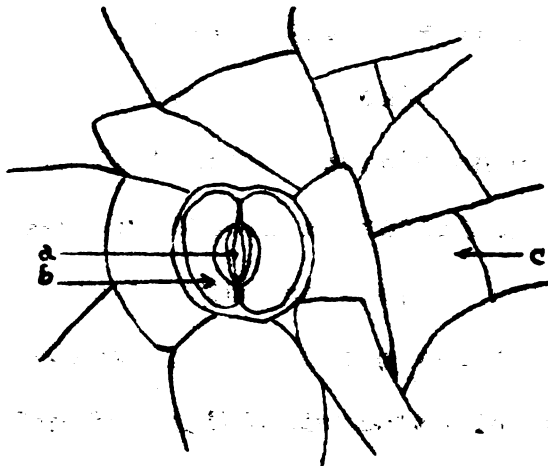


Fig. No. 9. Forma típica de un estoma visto de arriba.

a) estriolo

b) célula estomática

c) célula epidérmica

#### D I S C U S I O N

Aún, cuando los resultados de este estudio son interesantes, hecho de evidencia por la diferencia significativa mostrada entre las concentraciones de estomas bajo distintas densidades de sombra, es difícil todavía interpretar los resultados en recomendaciones definidas para el cultivo del cacao. Por lo menos, unas ideas se presentan e indican los caminos que deben seguirse para llegar a recomendaciones prácticas.

Bien conocida es la importancia que juega el estoma

en la fotosíntesis por medio de la difusión de gases, bien puede ser que el mayor número de estomas por mm.<sup>2</sup> indicara una condición óptima para los procesos de fotosíntesis. En tal caso, una sombra de 50% sería preferible para las plantaciones de cacao bajo condiciones ambientales similares a las encontradas en este estudio. Por lo menos, la aparición de los arbolitos fue mejor bajo 50% de sombra. En nuestro experimento, las plantas crecieron más rápido y presentaron un mejor aspecto en su follaje.

Sin precisar mucho, por espacio de estudios en la transmisión de enfermedades fungosas a través de los estomas, podemos señalar la posible importancia que pueda tener una acumulación mayor de estomas para la transmisión de ciertas especies de hongos. De esa acumulación dependería en parte, la resistencia o susceptibilidad de un árbol a ese tipo de hongo.

### S U M A R I O

Nuestra hipótesis formulada fue llegar a determinar si la abundancia en el número de estomas era la misma con cual fuera el grado de sombreado que recibieran las plantitas de cacao. Con este criterio determinaríamos la acumulación de los estomas, fijando las variaciones mínimas, media y máximas que se registraban con determinado porcentaje de sombra.

El estudio se realizó con bastante eficiencia por haber adaptado materiales y métodos sencillos y de fácil

manejo. La sombra puesta a nuestros almácigos fué de 90%, 50%, 25% y sin sombra, proporcionada por tallos de caña brava y hojas de plátano.

En nuestras investigaciones hechas, realizamos el recuento de estomas en cada una de las intensidades de sombra arriba señaladas, tomando para este recuento 4 campos del microscopio en cada hoja. Se estudiaron 7 arbolitos sin sombra y 14 de las otras 3 intensidades de sombra. Dentro de un mismo árbol se tomaron 3 hojas a niveles diferentes, es decir, de su parte superior, de la parte media y de la parte inferior.

Para fijar mejor nuestros conceptos, se estudiaron 8 árboles de más de 10 años de edad, con sombra permanente y 8 desprovistos de ella.

Hecha la concentración de datos y la comparación de grupos se determinó que:

- 1.- Dentro de un mismo tratamiento y tomando la posición de la hoja en arbolitos, el número de estomas es casi el mismo.
- 2.- Considerando a un mismo tratamiento, el número de estomas por árbol tiende a uniformidad, registrándose pequeñas variaciones.
- 3.- Comparando los tratamientos 2 a 2 se encontró que:
  - a). Entre el 50% y 90% de sombra no hubo significación en el número de estomas.
  - b). Las plantas del 50 y 90%, tienen más estomas que las

del 25% y sin sombra.

- o). Con un 25% de sombra se registró mayor acumulación de estomas que en los arbolitos a sol directo.
- 4.- En árboles viejos y sombreados se obtuvo más estomas por  $\text{mm.}^2$  que en aquellos no sombreados.
- 5.- En el tamaño del estoma, la sombra tiene influencia directa.
- 6.- El área expuesta por un estoma va en disminución conforme aumenta la sombra.

La importancia de este trabajo queda circunscrita a las funciones del árbol (Fotosíntesis, Respiración y Transpiración).

Por la apariencia de salud mostrada por los almácigos en nuestro experimento, una densidad de sombra de 50% sería la más deseable para nuestros almácigos y cacaetales.

LITERATURA CITADA

- 1.- MacDougal, Daniel T. Practical text-book of plant physiology. New York, Longmans, Green and Co., 1901.
- 2.- Maksimov, Nikolai A. Fisiología vegetal. Traducido del inglés por Armando T. Hunniker. Buenos Aires, Argentina, Asmo Agency, 1946.
- 3.- Mayer, Bernard S. & Donald B. Anderson. Plant Physiology; a text-book for colleges and universities. New York, D. Van Nostrand Co., 1939.
- 4.- Miller, Edwin C. Plant physiology, with reference to the green plant. 2d ed. New York, McGraw-Hill book Co., 1938.
- 5.- Snodgrass, George W. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. Ames Iowa, Iowa State College Press, 1946.
- 6.- Strasburger, Eduard. Tratado de botánica. 15a ed. Traducida directamente del alemán por el Rdo. P. Joaquín M. de Barneola. Barcelona, España, Manuel Marín, editor, 1923.
- 7.- Weaver, John E. y Frederic E. Clements. Ecología vegetal. Traducido de la 2da. edición en inglés por Angel L. Cabrera. Buenos Aires, Argentina, Asmo Agency, 1944.

**A P P E N D I C E**

Cuadro No. 25. Número de estomas contados en cada campo del microscopio, arregla-  
dos de acuerdo con la posición de la hoja en arbelitos sin sombra.  
(Datos obtenidos en los almácigos de El Chino).

Nº del Campo N° 1	Campo N° 2	Campo N° 3	Campo N° 4	Total	Promedio
Arbol sup.Med. Inf.Sup.Med. Inf. Sup.Med. Inf. Sup.Med. Inf. Sup.Med. Inf. Sup.Med. Inf.					
1	23 29	13 27 47	21 28 23 17	21 22 28 99 123 79 26 31 20	
2	12 17	16 14 20	19 16 28 14	17 22 20 69 87 69 17 22 17	
3	21 25	23 19 18	28 21 28 35	18 24 22 80 85 100 20 21 25	
4	28 21	21 32 18	28 28 28 24	27 25 26 116 92 91 29 23 23	
5	33 26	24 26 33	27 16 14	13 14 33 117 129 126 29 32 32	
6	20 28	33 24 33	38 35 35	38 38 38 112 122 144 28 31 36	
7	21 36	16 42 23	28 24 31 24	24 24 29 121 134 93 30 29 25	



Cuadro No. 16. Número de estomas contados en cada campo del microscopio, arreglados de acuerdo con la posición de la hoja en arbelitos con 25% de sombra. (Datos obtenidos en los almidones de El Chino).

No del Arbelito	Campo No 1	Campo No 2	Campo No 3	Campo No 4	Total	Presencia
1	45	29	61	54	189	44
2	22	66	66	22	176	44
3	22	66	66	22	176	44
4	66	22	66	22	176	44
5	66	22	66	22	176	44
6	66	22	66	22	176	44
7	66	22	66	22	176	44
8	66	22	66	22	176	44
9	66	22	66	22	176	44
10	66	22	66	22	176	44
11	66	22	66	22	176	44
12	66	22	66	22	176	44
13	66	22	66	22	176	44
14	66	22	66	22	176	44
15	66	22	66	22	176	44
16	66	22	66	22	176	44
17	66	22	66	22	176	44
18	66	22	66	22	176	44
19	66	22	66	22	176	44
20	66	22	66	22	176	44
21	66	22	66	22	176	44
22	66	22	66	22	176	44
23	66	22	66	22	176	44
24	66	22	66	22	176	44
25	66	22	66	22	176	44
26	66	22	66	22	176	44
27	66	22	66	22	176	44
28	66	22	66	22	176	44
29	66	22	66	22	176	44
30	66	22	66	22	176	44

**Orden No. 17.** Muestra de algunos ventados en cada campo del microscopio, arreglados de acuerdo con la posición de la hoja en relación con el eje de simetría. (Bases obtenidas en los almogros de El Cedeno).

**No del Campo No 1 Campo No 2 Campo No 3 Campo No 4 Total Frecuencia**

**Absol. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel. Abs. Rel.**

1	54	62	25	42	33	24	26	28	26	26	35	35	31	21	20	207	243	215	52	61	54
2	79	68	54	59	53	72	58	65	68	64	64	57	58	53	53	253	243	239	63	61	60
3	72	57	36	74	33	35	78	29	28	65	51	65	51	43	289	130	274	72	33	44	
4	49	50	69	53	55	58	41	52	52	49	45	49	45	41	192	202	244	48	51	62	
5	48	67	44	46	68	51	72	70	68	52	69	63	69	62	217	274	229	54	69	57	
6	51	48	36	68	62	57	65	36	53	59	55	57	57	221	225	225	59	55	56		
7	61	57	54	59	65	58	50	63	57	53	59	54	54	223	241	225	56	61	56		
8	56	52	61	60	54	62	66	55	60	74	74	74	74	255	215	243	64	74	61		
9	50	56	38	42	39	44	33	38	46	46	52	52	52	193	225	184	48	56	44		
10	42	60	68	50	58	65	69	43	57	55	57	54	54	210	220	244	53	55	62		
11	54	50	54	60	63	66	65	50	47	53	63	63	63	244	219	219	59	56	55		
12	58	61	51	65	57	46	59	58	65	57	63	72	63	239	234	234	60	60	59		
13	57	58	67	56	48	63	54	51	56	69	49	61	49	236	206	247	59	52	62		
14	65	49	65	68	59	50	66	46	62	54	50	57	57	253	244	233	63	51	58		

**CUADRO No. 18** Número de estomas contadas en cada campo del microscopio, arregladas de acuerdo con la posición de la hoja en arbolitos con 90% de sombra.  
(Datos obtenidos en los almácigos de LA CHINA.)

No. del Campo	No. 1	Campo No. 2	Campo No. 3	Campo No. 4	Total	Presencia												
Arbol.	Sup. Med. Inf.	Sup. Med. Inf.	Sup. Med. Inf.	Sup. Med. Inf.	Sup. Med. Inf.	Sup. Med. Inf.												
1	54	50	60	47	45	58	59	51	54	44	56	217	200	202	54	50	51	
2	59	42	54	54	51	48	60	56	54	52	51	56	205	200	212	59	50	53
3	44	39	45	42	43	50	36	45	54	42	53	61	164	180	210	41	45	53
4	40	41	47	38	58	50	52	61	44	36	52	47	166	212	188	42	53	47
5	46	45	62	70	50	54	55	48	65	68	53	58	239	196	239	60	49	60
6	50	47	74	44	49	62	42	52	70	43	54	86	179	202	292	45	51	73
7	47	54	57	51	62	52	50	59	59	55	67	45	203	242	204	51	61	51
8	56	57	52	49	51	59	48	50	61	42	52	53	195	210	225	49	53	56
9	71	59	75	67	68	64	72	62	69	64	60	67	274	249	275	69	62	69
10	68	73	85	52	75	66	54	50	69	72	74	70	246	272	290	62	68	73
11	52	55	48	55	53	55	45	50	53	42	62	47	194	220	203	49	55	51
12	43	52	55	54	45	50	42	53	43	44	51	48	183	201	196	46	50	49
13	61	56	50	67	58	56	50	64	62	57	52	58	235	230	226	59	58	57
14	52	54	56	50	50	66	55	56	72	53	59	64	210	219	258	53	55	65

Cuadro No. 19. Número de estomas contados en cada campo del microscopio, arreglados de acuerdo con la posición de la hoja en árboles bajo sombra de árboles de Inga. (Datos obtenidos en árboles de más de 10 años de edad de La Lela.)

Nº del Cuadro No. 1. Cuadro No. 2. Cuadro No. 3. Cuadro No. 4. Total. Promedio

Arbol. San-Med. Inf. San-Med. Inf. San-Med. Inf. San-Med. Inf. San-Med. Inf. San-Med. Inf. San-Med. Inf.

1	51	56	63	68	45	62	49	72	52	65	58	60	293	252	299	90	98	60
2	58	48	50	58	45	65	64	52	72	45	49	64	217	193	253	74	148	69
3	45	49	75	47	56	79	48	62	70	47	48	59	287	214	283	147	74	72
4	74	68	66	59	65	68	66	74	60	66	68	67	255	273	262	64	68	65
5	70	64	55	69	62	67	68	58	62	65	60	65	272	243	249	68	62	62
6	46	89	72	55	72	80	52	83	68	63	69	76	215	212	295	94	78	74
7	53	63	72	52	62	59	66	65	65	68	74	67	233	263	262	58	66	66
8	72	76	70	70	58	63	64	72	72	60	68	69	266	274	273	67	69	68

¡ R !

Cuadro N° 20. Número de estomas contados en cada campo del microscopio, arreglados de acuerdo con la posición de la hoja en árboles sin sombra. (Datos obtenidos en árboles de más de 10 años de edad de La Loma).

N° del Campo N° 1 Campo N° 2 Campo N° 3 Campo N° 4 Total Prcentaje  
Arbol SUP. MED. INF. SUP. MED. INF. SUP. MED. INF. SUP. MED. INF. SUP. MED. INF. SUP. MED. INF.

1	36	38	24	40	34	46	46	30	62	38	56	34	37	44	135	245	35	34	36
2	47	40	52	35	39	66	66	56	84	84	74	76	87	84	153	163	38	41	46
3	32	62	43	23	52	55	53	55	62	62	68	60	69	66	206	174	25	52	44
4	36	32	22	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	122	102	43	32	28
5	35	27	39	66	42	46	46	46	46	46	46	46	46	46	156	140	35	46	35
6	45	38	58	48	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	162	143	52	41	62
7	47	50	32	36	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	172	192	44	35	48
8	57	83	79	63	87	49	49	49	49	49	49	49	49	49	225	283	56	78	71

! ! !