

## LA GERMINACION DEL POLEN DE CACAO Y EL CRECIMIENTO DEL TUBO POLINICO EN RELACION CON LOS FERTILIZANTES, SUBSTANCIAS ACTIVAS Y SUBSTANCIAS MENORES (1)

Por **Carlos A. Vallecilla**

### I. — INTRODUCCION

Observaciones hechas en las plantaciones de cacao, tanto en la Estación Agrícola Experimental de Palmira, como en el resto del Valle del Cauca, indican que la cantidad de flores autocompatibles de cacao que cuajan es relativamente baja ( $\frac{1}{2}$  a  $1\frac{1}{2}\%$ ) y la cantidad de almendras por mazorca es muy reducida; el promedio obtenido en muchas zonas del Valle del Cauca oscila entre 11 a 22 almendras, cuando teóricamente podría obtenerse un número mucho mayor de semillas de cacao (35 a 50), (comunicación verbal de García y Naundorf).

Los factores que influyen en este bajo cuajamiento y en la reducida cantidad de almendras por mazorca son varios: pueden ser influencias individuales, culturales, climatológicas, parasitarias, fisiológicas y genéticas: (Duhan (3), Riera (12)).

Uno de los factores que influyen esencialmente en la reducida producción de frutos y semillas es la diferente germinación del polen en las diversas épocas del año, según observaciones de Naundorf y García (comunicación verbal) y el diferente crecimiento del tubo polínico.

La germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico dependen de varios factores: factores del medio, es decir, naturales, climatológicos. De estos se ha ocupado especialmente Polanía (11); así, este autor ha podido demostrar que tienen una influencia bastante marcada el sombrío, bajo el cual crecen los árboles de cacao, las diferentes estaciones (sequía o lluvia), así como también, que el estado del árbol influye poderosamente en la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico.

(1) Tesis preparada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la dirección del Dr. Gerhard Naundorf a quien el autor expresa su gratitud.

Recibido para su publicación en marzo 20/53.

✓ El mismo autor encontró también una relación íntima entre el pH del estigma del pistilo de cacao y la germinación del polen, como también en el crecimiento del tubo polínico; observando al mismo tiempo que una flor de cacao en el cuajamiento está sujeta a grandes oscilaciones según la época del año.

✓ Además hoy se sabe que el crecimiento del tubo polínico está dirigido quimotrópicamente (azúcares, sustancias polisacáridas, ácidos orgánicos, sustancias activas, etc.) y también por reacciones galvanotrópicas: Buening (1).

✓ Según este autor el polen produce un fermento o una mezcla de fermentos o sustancias con carácter de enzimas, que abre el camino al tubo polínico, para llegar al ovario y finalmente al óvulo.

En la germinación del polen y su crecimiento influyen también sustancias inhibidoras: Sanclemente (13), fitohormonas y vitaminas: Buenning (1), Naundorf: (8), Riera (12) y en parte también sustancias menores como el zinc, boro, etc.; Scharrer (14), Buenning (1). Para el caso especial de cacao incompatible, Sanclemente (13) pudo demostrar últimamente la existencia de sustancias inhibidoras en el pistilo del polen y el crecimiento del tubo polínico, especialmente en árboles autoincompatibles.

Observaciones hechas en autofecundaciones artificiales en árboles de cacao compatibles, indican que durante ciertas épocas del año estos árboles (clones N<sup>o</sup> 5 y N<sup>o</sup> 6 de la Estación Agrícola Experimental de Palmira) pierden la compatibilidad, y las polinizaciones artificiales no dieron ningún cuajamiento, mientras que en otras épocas cualquier polinización artificial con polen del mismo árbol dió un ciento por ciento de cuajamiento, (comunicación verbal de Naundorf y García).

Los experimentos ulteriores de Gardner y Naundorf (5) y de García (4) mostraron que en épocas que no dan normalmente ningún cuajamiento se puede aumentar la fructificación mediante pulverizaciones fitohormonales empleando v. gr. el ácido alfa-naftil acético, ácido para-clorofenoxi-acético, u otros.

Como los experimentos realizados por estos autores no indican la causa fisiológica de este cuajamiento producido mediante estas pulverizaciones hormonales, se estima conveniente estudiar especialmente la influencia de las fitohormonas sobre la germinación del polen, el crecimiento del tubo polínico y sus influencias sobre la fructificación en general.

Los diferentes trabajos sobre la influencia de ciertas sustancias nutritivas Kobel (7) activas y menores y la intervención de fermentos en el crecimiento del tubo polínico hacen necesario estudiar estos fenómenos también en el cacao.

✓ Al aumentarse por ejemplo el porcentaje de germinación de polen de cacao y encontrarse procedimientos para una germinación y un crecimiento normal, acelerado o mejorado del tubo polínico probablemente se podría aumentar la fructificación en general y el número de almendras por mazorcas y por ende los rendimientos en la cosecha de cacao.

Trabajos sobre germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico del cacao existen pocos relativamente y los que hay son de carácter general; prácticamente no se ha estudiado. La relación entre la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, y la fructificación y el número de almendras no se han estudiado, excepto en los trabajos de Polonia (11) y Sanclemente (13) ya mencionados. Existe un trabajo sobre germinación del polen, del año de 1931 de Haigh (6). Este autor describe sus ensayos sobre la germinación del polen de árboles de cacao compatibles y de árboles incompatibles, encontrando una gran diferencia entre la germinación y el crecimiento del tubo polínico de las dos clases de árboles. Así por ejemplo encontró un porcentaje de germinación en los árboles compatibles de 72.4% (examinados a las 24 horas), mientras que en los árboles incompatibles sólo un 0.36% tenían a las 24 horas la misma longitud del tubo polínico que el polen de los árboles compatibles.

Dice además que esta gran diferencia no pudo encontrarla en otras regiones donde se cultiva el cacao.

✓ Otro trabajo que se ocupa de la germinación del polen del cacao es el de Vos (17) que menciona esencialmente el medio artificial en que germinaron los granos de polen. Esta autora indica también datos sobre el crecimiento del tubo polínico, diciendo que a las dos horas el polen ha iniciado ya su germinación y a las tres o cuatro horas el grano de polen tiene ya un tubo polínico bastante largo. Hace también determinación sobre el tamaño del grano de polen y encuentra un diámetro de 0.022 mm. más o menos. Encuentra además, que la germinación del grano del polen es muy diferente en los diversos días en que la observó.

Ultimamente hay que mencionar el trabajo de Voelcker (15) quien encontró los siguientes datos:

1º— Las polinizaciones artificiales hechas durante un año dieron más o menos un 86% de frutos.

2º— Se obtuvo un máximo de cuajamiento al polinizar en los meses fin de abril, mayo, junio y mitad de julio.

3º.— Las polinizaciones verificadas durante los meses de agosto a noviembre no dieron frutos.

4º— Las polinizaciones tienen que verificarse en las horas de la mañana.

5º— Los cambios climatológicos no tienen influencia en los cuajamientos de estas polinizaciones artificiales.

## II. — MATERIAL Y METODO

### A. — Material

1) **El árbol.**— Para los diferentes ensayos se emplearon árboles de cacao de los clones Nº 5 y Nº 6, reconocidos como árboles compatibles, según comunicación verbal de García y Naundorf, y que solamente pierden esta compatibilidad en ciertas épocas del año, épocas en las cuales ni las polinizaciones naturales ni las artificiales producen fecundaciones ni cuajamientos.

Los árboles producidos por injertos, tenían 7 años de edad, estaban bastante sanos, con producción de bastantes flores y se estiman hoy como unos de los mejores árboles respecto a su producción.

2) **Substancias empleadas para los diferentes ensayos.**— Para los experimentos sobre la germinación del polen, crecimiento del tubo polínico y cuajamiento en relación con fertilizantes, sustancias activas y menores, se emplearon los siguientes productos:

#### a) Como sustancias activas:

Las fitohormonas: Biotina, Acido alfa-naftil-acético y Acido paraclorofenoxi acético Gardner y Naundorf (5), García (4), las vitaminas B<sup>1</sup>, B<sup>2</sup>, Nicotinamida y Vitamina C.

Como ácidos orgánicos: Acido cítrico y la Sal cálcica del Acido glicerofosfórico, y

Como fermentos: Pepsina, Amilasa y el Acido nucleínico como sustancia fundamental de varios fermentos.

#### b) Como fertilizantes:

Los que se emplean hoy en aspersiones sobre árboles de cacao, Urea y Glicerofosfato de cal: Naundorf (9).

#### c) Como elementos menores se emplearon:

Compuestos de zinc (orgánico e inorgánico) y la conocida solución de elementos menores de Hoagland.

### B. — Métodos.

1) Para la siembra de los granos de polen en medio artificial se empleó el método ya descrito por Polanía (11).

En la preparación de los árboles y la polinización artificial se siguió también los procedimientos de este autor.

**2) Métodos para la aplicación de las diferentes sustancias sobre las flores.**

a) Para la fijación de la zona de abscisión de la flor se emplearon pipetas de cuenta-gotas, mojando la zona de abscisión con una gota de la solución empleada.

b) Las sustancias en solución que se querían aplicar sobre el estigma del pistilo se pusieron mediante una pipeta de cuenta-gotas sobre el pistilo, de manera que una gota quedó suspendida entre los estaminoides. Después de 20 minutos se sacudió la flor para que se cayera dicha gota, esperando 5 minutos y luego se empezó a polinizar artificialmente.

3) **Anotaciones.**— Al efectuar los diversos experimentos se anotaron los siguientes datos: estado del árbol en brotación de yemas foliares o nó y época del experimento.

Se observaron durante 6 días diariamente todos los experimentos y se midió cada 14 días el desarrollo de los frutos formados de los diferentes tratamientos.

### III. — RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS INVESTIGACIONES

#### ✓ A. — Influencia de las sustancias activas.

1) **Fitohormonas.**— Según los trabajos de Gardner y Naundorf (5), Naundorf (10) y García (4) sabemos que mediante aspersiones fitohormonales se puede prolongar la vida de las flores de cacao y aumentar el cuajamiento, aún en épocas en que normalmente no se presenta ningún cuajamiento, como se observa especialmente en los árboles de los clones N<sup>o</sup> 5 y N<sup>o</sup> 6.

Para explicar este fenómeno, los primeros experimentos se ocuparon del estudio de la acción de estas fitohormonas. Se tuvo suerte de iniciar estos ensayos en una época en que los clones N<sup>o</sup> 5 y N<sup>o</sup> 6 no dieron prácticamente ningún cuajamiento ni aún con polinizaciones artificiales.

Para investigar la acción fitohormonal se aplicó el ácido paraclorofenoxi-acético sobre la zona de abscisión mediante el método de la pipeta, verificándose luego autopolinizaciones artificiales. Los resultados de estos experimentos se dan en las curvas de la Figura 1 y en las Tablas I y II.

Al estudiar las curvas del gráfico de la Figura 4 y los valores de las Tablas I y II observamos varios fenómenos. El cuajamiento en las polinizaciones naturales y artificiales es sumamente bajo. Mediante las aplicaciones de la fitohormona sobre la zona de abscisión o sobre el estigma y con polinizaciones artificiales se aumenta en alto grado la fructificación. La hormona aplicada sobre la zona de abscisión es algo más eficaz que si se aplica sobre el pistilo.

Qué puede ser la causa de este escaso cuajamiento y cómo explicar la mayor fructificación al aplicar la hormona?

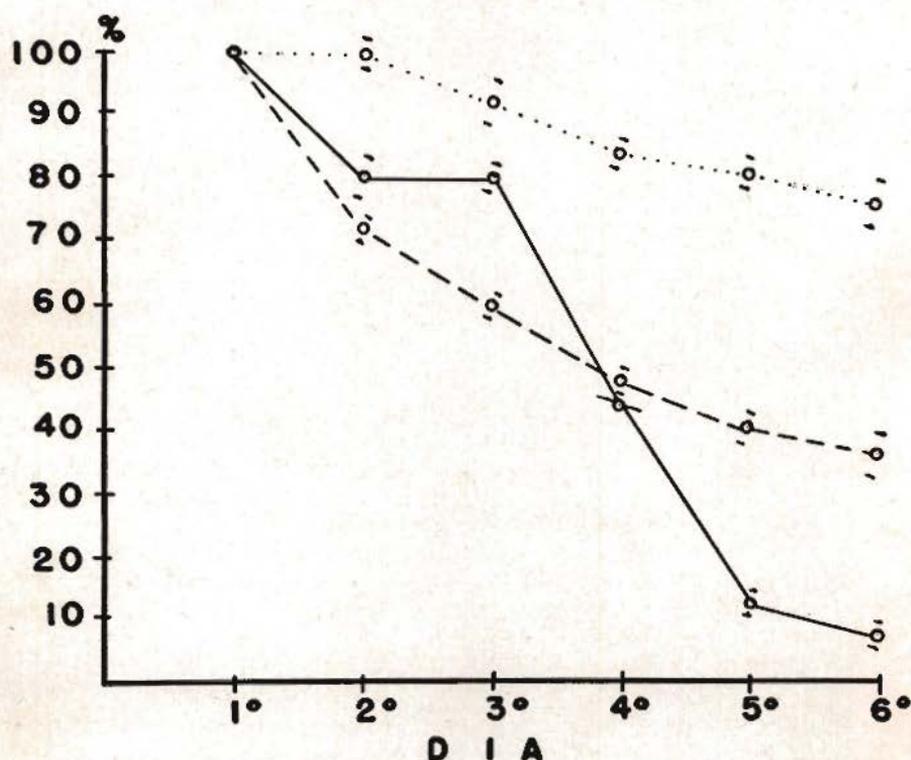


Figura 1.— Influencia de un tratamiento de la zona de abscisión del pedúnculo de las flores de cacao con ácido para-clorofenoxi-acético sobre el transcurso de la vida de la flor. (Todos los tratamientos se polinizaron artificialmente).

o—o Testigo polinizado artificialmente.

o-----o Zona de abscisión tratada con 25 ppm de ácido para-clorofenoxi-acético.

o.....o 50 ppm ácido para-clorofenoxi-acético.

Abscisa: días de observación.

Ordenada: por ciento de flores restantes a los diferentes días.

— TABLA I —

**Influencia de un tratamiento de la zona de abscisión del pedúnculo de una flor de cacao con ácido para-clorofenoxi-acético sobre el transcurso de la vida de flor de cacao. (En todos los tratamientos se hicieron polinizaciones artificiales).**

Tratamientos	% flores restantes a los días					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Testigo natural polinizado	100	8	8	4	0	0
Testigo polinizado artificialmente	100	72	68	52	20	6
25 ppm y polinización artificial	100	56	56	56	36	32
50 ppm y polinización artificial	100	84	80	60	52	48

Los resultados obtenidos en las Tablas I y II y las curvas del gráfico de la Figura 1 indican que existen dos posibilidades, que se podrían arreglar con la aplicación de hormonas.

1º— El crecimiento demasiado lento del tubo polínico, que no llega a tiempo a la fecundación, por lo cual la flor se cae antes de haberse verificado la fecundación.

Las hormonas prolongan la vida de la flor, fortifican la zona de abscisión y dan tiempo a que el tubo polínico, con su crecimiento demasiado lento, llegue a la fecundación.

2º— Falta de producción de fitohormonas naturales al germinar el polen y al crecer el tubo polínico a través del estilo y ovario.

Al sembrar polen sobre placas de glucosa-agar, mezclada con la hormona empleada se observaron efectos que nos demuestran claramente la acción de la hormona, cuya explicación hemos hecho ampliamente arriba.

Los resultados de estos ensayos se dan en la Tabla III y la Figura 2 ilustra estos resultados.

— TABLA II —

**Influencia de un tratamiento del estigma y pistilo con ácido paraclorofenoxi-acético sobre el transcurso de la vida de la flor en comparación de las mismas sustancias sobre la zona de abscisión (excepto un testigo, todos los experimentos se polinizaron artificialmente).**

Tratamientos	% flores restantes a los días					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Testigo polinado en forma natural	100	84	24	0	0	0
Testigo polinado artificialmente	100	72	68	56	32	24
10 ppm sobre estigma	100	76	68	52	44	40
25 ppm sobre estigma	100	68	64	56	56	48
25 ppm sobre zona de abscisión	100	72	60	48	40	36
50 ppm sobre zona de abscisión	100	100	92	84	81	76

Al observar la Tabla III notamos que no solamente se ha aumentado el poder germinativo sino también la longitud del tubo polínico, medido a las 5 horas. En la concentración 2.5 la longitud del tubo polínico es casi 3 veces mayor que la longitud de los tubos polínicos que sirvieron de testigo.

Al final de los experimentos se cosecharon las mazorcas que cuajaron de las flores tratadas con las fitohormonas, para observar la cantidad de almendras por mazorca. Los resultados los damos en la Tabla IV.

2) **Vitaminas.**— En ensayos preliminares Naundorf y García (comunicación verbal) pudieron demostrar que las vitaminas tienen cierta influencia en el cuajamiento, especialmente en épocas en que los árboles de los clones N° 5 y N° 6 parecen perder su compatibilidad.

— TABLA III —

**Influencia del ácido para-clorofenoxi-acético sobre la germinación del polen de cacao compatible y crecimiento del tubo polínico (a las 5 horas).**

Tratamiento	% germinación	Longitud tubo polínico en mm.
Testigo	50 + 4.0 —	0.053 + 0.007 —
0.1 ppm	86 + 3.5 —	0.063 + 0.006 —
1.0 ppm	75 + 2.0 —	0.126 + 0.008 —
2.5 ppm	85 + 3.8 —	0.156 + 0.008 —
10.0 ppm	75 + 5 —	0.126 + 0.010 —

Basándonos en estas observaciones, se incluyeron también las vitaminas en estos ensayos, para estudiar la acción de estas substancias activas, que para la planta son hormonas (Naundorf, 8) sobre la germinación del polen, su crecimiento y el cuajamiento en general.

Se emplearon especialmente las vitaminas del grupo B, p.e., las vitaminas B<sup>1</sup>, B<sup>2</sup>, B<sup>6</sup> y la nicotinamida, incluyendo además la vitamina C.

Estas vitaminas se aplicaron mediante el método de la gota suspendida entre los estaminoides y después se polinizó en la forma ya conocida.

Los resultados de estos experimentos con vitaminas se dan en la Tabla V.

Estos experimentos fueron realizados en diferentes fechas, por lo cual se dan los diversos testigos para demostrar la influencia de la época en el mayor o menor cuajamiento, así por ejemplo, los de las vitaminas B<sup>1</sup> y C se efectuaron en épocas de escaso cuajamiento, mientras que la de la vitamina B<sup>2</sup>, B<sup>6</sup>, y nicotinamida se realizaron en épocas de cuajamiento normal.

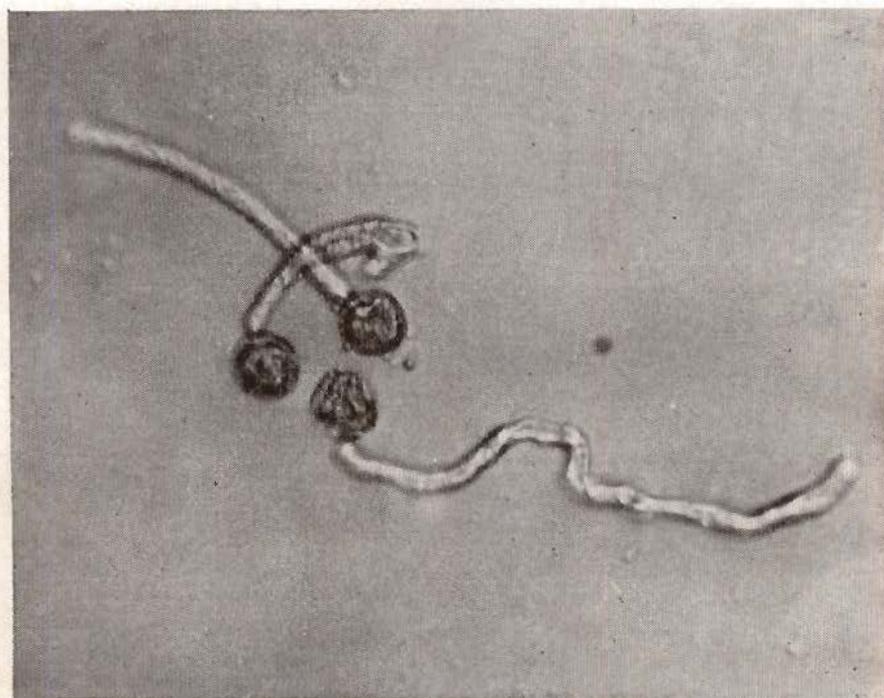


Figura 2.— Polen en germinación sobre glucosa-agar mezclado con ácido para-clorofenoxi-acético 10 ppm (a las 5 horas).  
(Foto: Gabinete fotográfico de la Est. Agr. Exp. de Palmira).

La siguiente tabla indica la diferencia en el número de almendras por mazorca entre flores testigos y flores tratadas con ácido para-clorofenoxi-acético en concentración de 50 ppm.

— TABLA IV —

Tratamiento	Nº almendras/mazorca	aumento
Testigo	27 + 1.2 —	100
Acido paracloro- Fenoxi-acético 50 ppm	35 + 0.8 —	130

— TABLA V —

**Influencia de las Vitaminas B<sup>1</sup>, B<sup>2</sup>, B<sup>6</sup>, Nicotinamida y vitamina C, aplicada sobre el pistilo de la flor compatible en el transcurso de la vida de la flor de cacao. (El ensayo se realizó en época de muy bajo cuajamiento).**

Tratamientos	% flores restantes a los días					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Testigo polinizado	100	76	64	60	44	12
Vitamina B <sup>1</sup> 1 ppm	100	84	76	76	56	24
Vitamina B <sup>1</sup> 10 ppm	100	92	84	72	60	48
Testigo polinizado	100	72	60	56	56	62
Vitamina B <sup>2</sup> 1 ppm	100	80	64	64	56	56
Vitamina B <sup>2</sup> 10 ppm	100	64	60	60	52	44
Vitamina B <sup>6</sup> 1 ppm	100	96	72	64	64	65
Vitamina B <sup>6</sup> 10 ppm	100	64	56	56	48	48
Nicotinamida 1 ppm	100	80	72	64	64	56
Nicotinamida 10 ppm	100	84	76	84	40	36
Testigo polinizado	100	72	44	40	32	12
Vitamina C 1 ppm	100	72	60	40	28	16
Vitamina C 10 ppm	100	60	44	44	24	8

Al comparar estas tablas que nos muestran la influencia de las diferentes vitaminas sobre la vida de la flor, germinación del polen y crecimiento del tubo polínico, se observa una influencia muy favorable de la vitamina B<sup>1</sup> y de la nicotinamida, no solamente sobre la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico, sino también sobre el cuajamiento general, especialmente en las concentraciones bajas.

La concentración 10 ppm de vitamina B<sup>1</sup> inhibió por completo la germinación del polen en medio artificial. Las vitaminas B<sup>2</sup>, B<sup>6</sup> y C no tienen influencia significativa sobre la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, ni sobre el cuajamiento en general.

Como anotamos anteriormente, la influencia de la vitamina B<sup>1</sup> es bastante favorable, lo cual pudo apreciarse especialmente al verificarse la cosecha de las mazorcas, que resultaron de flores tratadas con vitamina B<sup>1</sup> (aplicación sobre el pistilo) y cuyos resultados damos en la Tabla VII.

— TABLA VI —

**Influencia de la vitamina B<sup>1</sup>, B<sup>2</sup>, B<sup>6</sup>, Nicotinamida y vitamina C, en la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico compatible**

Tratamiento	% germinación	Longitud tubo polínico en mm.
Testigo	47 + 5.3 —	0.032 + 0.009 —
Vitamina B <sup>1</sup> 1 ppm	100 + 0 —	0.105 + 0.011 —
Vitamina B <sup>1</sup> 10 ppm	0	
Vitamina B <sup>2</sup> 1 ppm	46 + 4.0 —	0.032 + 0.008 —
Vitamina B <sup>2</sup> 10 ppm	42 + 3.9 —	0.029 + 0.007 —
Vitamina B <sup>6</sup> 1 ppm	48 + 3.2 —	0.038 + 0.006 —
Vitamina B <sup>6</sup> 10 ppm	40 + 3.0 —	0.035 + 0.009 —
Nicotinamida 1 ppm	100 + 0 —	0.074 + 0.008 —
Nicotinamida 10 ppm	65 + 3.8 —	0.053 + 0.009 —
Vitamina C 1 ppm.	48 + 5.3 —	0.030 + 0.003 —
Vitamina C 10 ppm	40 + 4.0 —	0.021 + 0.005 —

Según la Tabla VII, el testigo da más o menos un promedio de 23 almendras por mazorca, o sea, lo normal en nuestra zona del Valle del Cauca.

Al tratar la flor con la vitamina B<sup>1</sup> se obtiene un promedio de 34 almendras que significa un aumento de 47% y seguramente se debe este hecho al aumento del poder germinativo del polen y del crecimiento más rápido de los tubos polínicos (compárese con la Tabla VI).

3º— Mezcla entre fitohormona y vitamina. Se verificó también

— TABLA VII —

**Influencia de la vitamina B sobre la cantidad de almendras por mazorca aplicando la substancia activa sobre el pistilo**

Tratamiento	Nº almendras/mazorca	aumento
Testigo	23 + 1.3 —	100
Vitamina B <sup>1</sup> 2.5 ppm	34 + 1.5 —	147

un experimento entre un tratamiento fitohormonal en la zona de abscisión, combinado con un tratamiento sobre el pistilo de la flor con una solución de vitamina B<sup>1</sup>. Los resultados de este ensayo se dan en las curvas de la Figura 3.

En este experimento se obtuvo el mayor número de frutos.

4º— **Influencia de fermentos.** Según Buenning (1) sabemos hoy que el tubo polínico produce ciertas enzimas para abrirse camino al penetrar en el estilo y el ovario.

La pérdida de la compatibilidad en ciertas épocas del año, acompañada de un cuajamiento bajísimo en los árboles de los clones N<sup>o</sup> 5 y N<sup>o</sup> 6 permiten suponer que puede ser causada por falta de ciertos fermentos, que el grano de polen o el tubo polínico no son capaces de sintetizar en estas épocas.

Por lo anteriormente expuesto se aplicaron sobre el pistilo, antes de la autopolinización, los fermentos, pepsina y amilasa.

5º— **Influencia de substancias nutritivas.** Los fertilizantes que hoy se aplican en forma de aspersiones sobre árboles de cacao son la urea como compuesto de nitrógeno y el glicerofosfato de cal como compuesto de fósforo. Para conocer qué influencias podrían tener estas aspersiones sobre el cuajamiento de la flor se incluyeron también experimentos con urea y con glicerofosfato de cal.

Al tratar el pistilo de la flor con soluciones de urea en diferentes concentraciones no se observó diferencia alguna, pero en cambio el glicerofosfato de cal nos dió resultados bastante favorables y positivos. (Véase Figura 4 y Tabla VIII).

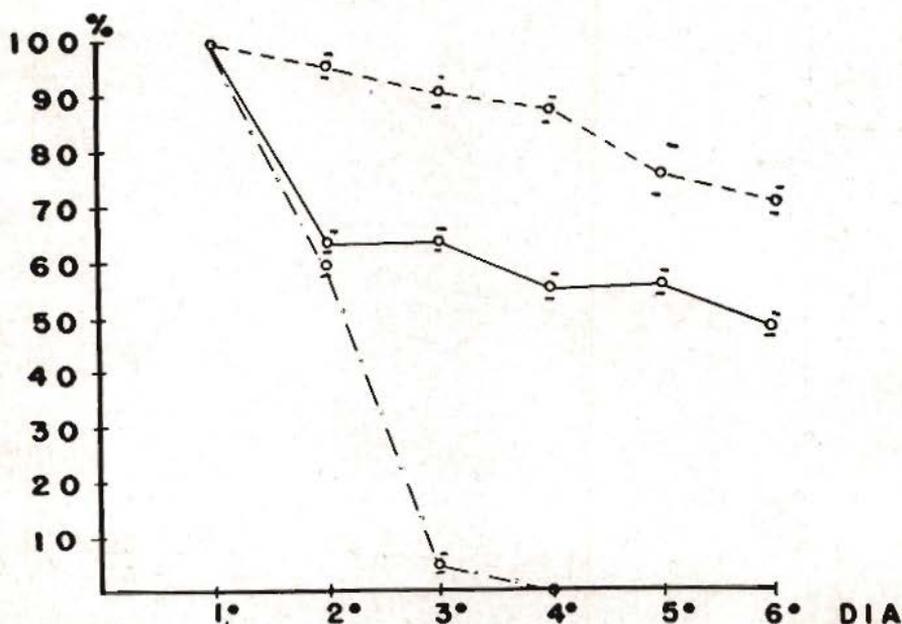


Figura 3.— Influencia de un tratamiento de fitohormona en la zona de abscisión del pedúnculo de las flores de cacao, combinado con un tratamiento sobre el pistilo con una solución de vitamina B<sup>1</sup>.

○ — — — — — ○ Testigo con polinización natural.

○ — — — — — ○ Testigo con polinización artificial.

○ - - - - - ○ Tratamiento con fitohormona y vitamina.

Abscisa: días de observación.

Ordenada: porcentaje de flores restantes en los diferentes días.

Al observar los resultados de la Figura 4 y los valores de la Tabla VIII se nota una influencia muy grande del glicerofosfato de cal en el cuajamiento de las flores tratadas y respecto al polen un aumento bastante grande del poder germinativo, pero ninguna influencia de la longitud del tubo polínico.

Al cosechar las mazorcas resultantes de las flores tratadas con glicerofosfato de cal se obtuvieron, respecto a la cantidad de almendras por mazorca, los valores de la Tabla IX. XIV

6°— **Influencia de sustancias menores.** En todos los experimentos verificados con sustancias menores, especialmente boro y zinc y con la solución A-Z de Hoagland (solución que contiene todos los elementos menores necesarios para las plantas) no se obtuvo ningún efecto positivo respecto a la prolongación de la vida de la flor de cacao y ninguna influencia sobre la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico.

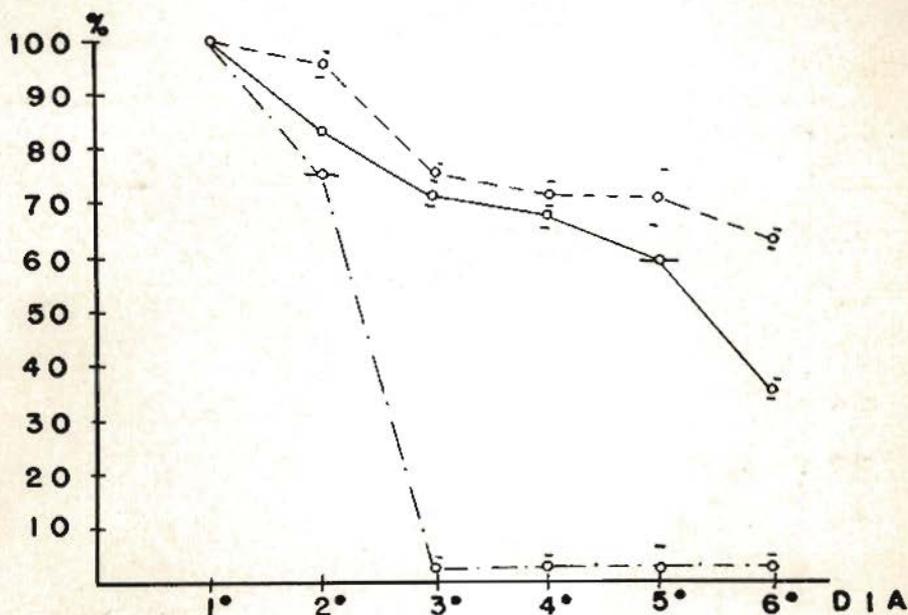


Figura 4.— Influencia de un tratamiento sobre el pistilo de las flores de cacao con glicerofosfato de cal sobre el transcurso de la vida de la flor. (En todos los tratamientos se polinizó artificialmente).

o — . — . — o Testigo

o ————— o Testigo polinizado

o - - - - - o Tratada con glicerofosfato de cal.

Abscisa: días de observación.

Ordenada: porcentaje de flores restantes a los diferentes días.

Al cosechar las mazorcas que cuajaron de las flores tratadas con la solución de Hoagland pudimos observar un aumento de la cantidad de almendras por mazorca más o menos un 20% (véase Tabla X).

#### IV — CONCLUSIONES Y DISCUSION

Entre todos los cultivos tropicales quizá el cacao es el cultivo que más problemas presenta, aumentándose éstos día por día.

Las investigaciones de este estudio pueden ser una modesta contribución para poner descubierto alguno de estos problemas e indicarnos la manera de aumentar las cosechas en el cacao, ya que en la actualidad su rendimiento es relativamente bajo.

Los árboles empleados en este trabajo, como dijimos anteriormente, son reconocidos como buenos productores, propiedad que sólo la poseen durante ciertas épocas del año, mientras que en otras

— TABLA VIII —

**Influencia del glicerofosfato de cal y de la urea sobre la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico compatible.**

Tratamiento	% germinación	Longitud tubo polínico en mm.
Testigo	46 + 3.0 —	0.053 + 0.007 —
Glicerofosfato 0.5%	90 + 4.1 —	0.053 + 0.009 —
Glicerofosfato 1%	75 + 3.8 —	0.053 + 0.006 —
Urea 0.5%	47 + 4.0 —	0.048 + 0.005 —
Urea 1%	39 + 6.0 —	0.056 + 0.011 —

— TABLA IX —

**Cantidad de almendras por mazorca que se formaron de flores tratadas con glicerofosfato de cal al 0.5%**

Tratamiento	Nº almendras/mazorca	aumento
Testigo	21 + 0.9 —	100
Glicerofosfato de cal 0.5%	32 + 0.8 —	152.5

épocas carecen por completo de cuajamiento; a pesar de ser árboles autocompatibles pierden esta facultad durante varios meses del año, fenómeno primeramente observado por Naundorf y García y demostrado por Polanía (11) en centenares de autopolinizaciones artificiales a intervalos de 14 días durante casi todo el año.

— TABLA X —

**Cantidad de almendras por mazorca que cuajaron de las flores tratadas con solución de Hoagland.**

Tratamiento	% almendras/mazorca	aumento
Testigo	29 + 0.9 —	100
Solución de Hoagland 1/1000	35 + 1.8 —	120

Además la cantidad de almendras por mazorca es sumamente baja, fenómeno que nos indica que la polinización natural no funciona convenientemente, lo cual se debe en parte a una deficiente germinación del polen o a un crecimiento anormal del tubo polínico. Polanía (11) demostró en un reciente trabajo que existe una relación entre el sombrío, el pH del pistilo y el estado del árbol de cacao y la germinación del polen, el crecimiento del tubo polínico, el cuajamiento en general y la cantidad de semillas por mazorca.

Los resultados de los experimentos de este trabajo, añaden algunos factores más para explicar el fenómeno de la baja cantidad de almendras, el bajo cuajamiento en ciertas épocas del año y la pérdida parcial de la autocompatibilidad.

Los experimentos sobre la aplicación de fitohormonas sobre la zona de abscisión ligados con un alto porcentaje de cuajamiento en polinizaciones artificiales, siendo que las polinizaciones artificiales sin este tratamiento no dan prácticamente ningún cuajamiento, nos indican que el poder germinativo del polen es muy bajo o el crecimiento del tubo polínico demasiado lento o la producción de auxinas por el polen demasiado escaso para fortificar la zona de abscisión.

Los ensayos de la germinación del polen en medios artificiales nos demuestran que la fitohormona empleada aumenta el poder germinativo del polen y el crecimiento del tubo polínico, estos dos hechos son necesarios para explicarnos el mejor cuajamiento después de un tratamiento hormonal.

Al verificar los experimentos fitohormonales el polen tenía un poder germinativo de 50%; al aumentarse este poder germinativo tendríamos que obtener más almendras por mazorca, como efectivamente se obtuvieron (55% más).

La vitamina B<sup>1</sup> tiene una acción parecida respecto a la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico; pudimos comprobar también que aumenta el poder germinativo, acelera el crecimiento del tubo polínico, teniendo que producir por consiguiente por esta doble acción más almendras por mazorca (47% más).

La combinación entre fitohormona y vitamina nos dió los mejores resultados, como era de esperar.

La acción favorable del glicerofosfato de cal, especialmente sobre la cantidad de almendras por mazorca, se explica solamente por su facultad de aumentar el poder germinativo del grano de polen de cacao en épocas en que se ha comprobado que es sumamente bajo.

Una acción favorable del glicerofosfato de cal en mezclas con fungicidas y fitohormonas sobre la prolongación de la vida de la flor de cacao fue encontrada por Cabrera (2).

Si no encontramos una acción muy favorable de los elementos menores, esto nos indica que en las plantaciones de la Estación Agrícola no hay deficiencia de estos elementos.

Se pueden recomendar aspersiones de fitohormonas mezcladas con vitamina y glicerofosfato de cal para ayudar al polen en su germinación y crecimiento del tubo polínico y para aumentar así el cuajamiento.

## V — RESUMEN

El autor de este trabajo se ocupa de investigar la germinación del polen de cacao, el crecimiento del tubo polínico y cuajamiento en árboles de cacao compatibles en relación con fertilizantes, sustancias activas y menores.

En la introducción hace una revisión de la literatura existente y explica la necesidad de estas investigaciones. Los resultados obtenidos resumidos son los siguientes:

1) Los árboles de cacao de los clones N<sup>o</sup> 5 y N<sup>o</sup> 6 tienen un cuajamiento nulo o muy bajo durante ciertos meses del año causado por deficiente germinación del polen, crecimiento demasiado lento del tubo polínico y falta de sustancias activas para fortificar la zona de abscisión.

2) Mediante tratamientos fitohormonales sobre la zona de abscisión y el estigma se pueden arreglar en gran parte los fenómenos antes descritos.

Siembras de polen sobre medios artificiales mostraron que con la ayuda de la hormona empleada se puede aumentar el poder germinativo del polen y acelerar el crecimiento del tubo polínico.

3) La vitamina B<sup>1</sup> tiene una acción similar sobre germinación del polen y crecimiento del tubo polínico.

4) Mezclas entre fitohormona y vitamina B<sup>1</sup> dieron los mejores resultados respecto a la fructificación, al ser aplicada sobre las flores.

5) El glicerofosfato de cal aumenta la germinación del polen, obteniéndose con ello una mejor fructificación. La urea no tiene ninguna influencia sobre germinación del polen y crecimiento del tubo polínico.

6) Los tratamientos de la flor con fitohormonas, vitaminas y glicerofosfato de cal aumenta la cantidad de almendras por mazorca.

7) Los fermentos empleados no influyen en la germinación del polen, en el crecimiento del tubo polínico y el cuajamiento.

8) Se recomienda, por consiguiente, aspersiones en las plantaciones de cacao no solamente con fitohormonas, sino en mezclas con vitamina B<sup>1</sup> y glicerofosfato de cal.

Después de una discusión de sus resultados el autor da la bibliografía existente sobre los diversos fenómenos relacionados con este estudio.

#### VI. — BIBLIOGRAFIA

- 1.— **Buening, E.** *Entwicklungs-und Bewegungsphysiologie der Pflanze* pp. 139, 412, 437. Berlín, Springer. 1948.
- 2.— **Cabrera C, J.** Mezcla entre fungicidas, fertilizantes y fitohormonas en aspersiones sobre árboles de cacao. (Manuscrito no publicado). Fac. de Agronomía Palmira. 1952.
- 3.— **Duhan, K.** *Untersuchungen uber die Bluhverhaltnisse und den Einfluss der Pollensorte auf die Fruchtausbildung bei Apfeln.* *Bodenkultur, Vien.* 3:63-82. 1949.
- 4.— **García, C.** Efectos del Acido Para-clorofenoxi-acético en el cuajamiento de las flores de cacao. *Notas Agronómicas. Est. Exp. Agr. Palmira.* 4 (1-3: 58 1950).
- 5.— **Gardner, V. R. y Naundorf, G.** El empleo de las Fitohormonas para aumentar el cuajamiento de frutos en el cacao.

Notas Agronómicas. Est. Exp. Agr. Palmira. 3 (3): 175-183. 1950.

- 6.— **Haigh, J. C.** Cacao Pollination. Trop. Agr. (Trinidad) 8 (2): 39. 1931.
- 7.— **Kobel, F.** Befruchtung und Fruchtbildung der Obstbaume Mitteilungen der Eidgenossischen Versuchsinst für Obst, Wein-u. Gartenbau in Wädenswil. Flugschrift Nr. 16. 1946.
- 8.— **Naundorf, G.** Las fitohormonas en Agricultura. . pp. 295- 306. Barcelona, Salvat, 1951.
- 9.— **Naundorf, G.** Compuestos orgánicos del fósforo como fertilizantes en forma de pulverizaciones sobre las hojas de las plantas. Est. Exp. Agr. Palmira. 4 (1-3) 49-51. 1951.
- 10.— **Naundorf, G.** Kakaforschung in Kolumbien. Gordian. 1952. (en la imprenta).
- 11.— **Polanía, T. H.** Germinación del polen de cacao, crecimiento del tubo polínico y cuajamiento. Sus relaciones con el sombrero, el pH del estigma, estado del árbol y periodos estacionales. (Manuscrito no publicado). Fac. de Agr. Palmira. 1952.
- 12.— **Riera, F.** Poliploidía, esterilidad e incompatibilidad sexual en Fruticultura. Instituto de Biología Aplicada, Barcelona. Tom. 2º pp. 66, 68. 1945.
- 13.— **Sanclemente, P. M.** Problemas de Incompatibilidad en cacao. (Manuscrito no publicado). Fac. de Agr. Palmira. 1952.
- 14.— **Scharrer, K.** Biochemie der Spurenelemente. pp. 220-235. Berlin, Verlag. 1940.
- 15.— **Voelcker, O. J.** A study of controlled pollination in cacao (*Theobroma cacao*). Nigeria Agr. Dep. Bull. 11: 39-44. 1936.
- 16.— **Voelcker, O. J.** On a method of controlled pollination of cacao. Nigeria Agr. Dept. Ann. B. 10: 50-51 1941.
- 17.— **Vos, H. C. C. A. A.** Germination of cacao pollen. Chronica Naturae. 104: 99-101. 1948.