

## EL CONTENIDO EN AZUCARES Y ACIDOS ORGANICOS DE LA MAZORCA DE CACAO Y SU PROBABLE RELACION CON ATAQUES DE ENFERMEDADES (\*)

Por Luis Eduardo Manotas A.

### I — INTRODUCCION

Sobre casi todos los órganos de la planta de cacao se han hecho determinaciones especiales respecto a su contenido en agua, proteínas, carbohidratos, grasas, taninos, ácidos orgánicos, alcaloides, minerales, etc., excepto sobre el contenido de estos compuestos en la cáscara de la mazorca, de lo cual poco o nada se conoce.

Tal vez no se hicieron investigaciones especiales en relación a la cáscara de la mazorca por ser desechada una vez recolectado el fruto. Pero tratándose de un órgano esencial, ya que le corresponde guardar las almendras de cacao hasta su completo desarrollo, se considera importante la determinación química de sus componentes en relación con las enfermedades comunes al cacao.

En las plantaciones de cacao del Valle del Cauca se pierde hoy entre el 20 y el 30%, más o menos, de la cosecha, especialmente por ataques fungosos a la mazorca, como por ejemplo las conocidas enfermedades, la *Monilia* y el *Phytophthora*, en cuya lucha con diversos fungicidas, como caldo bordelés, productos a base de cobre etc., se gasta hoy mucho tiempo y dinero, no sólo sin obtener un control efectivo, sino perjudicando en alto grado el cuajamiento de las flores, según las últimas observaciones de Cabrera (1) y Naundorf (5).

Al escribir este trabajo se tuvo el agrado y la oportunidad de tener como visitante en la Estación Agrícola Experimental de Palmira, al doctor Cope, notable botánico genetista de Trinidad, quien aportó al presente estudio, el siguiente y valioso concepto: "Todo trabajo que se realice con fungicidas como medio para combatir las enfermedades del cacao, baja automáticamente el cuajamiento de las flores y las pérdidas por falta de este cuajamiento, son más grandes que las ganancias que se persiguen al utilizar los fungicidas". Es

(\*) 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.

Recibida para su publicación en Junio 3/53.

ta afirmación es evidente porque lo que se pierde, al no cuajar las flores y los botones, es el doble o el triple de las posibles pérdidas ocasionadas por las enfermedades (5).

El trabajo de los fitopatólogos en los próximos años estará encaminado a encontrar medios y productos fácilmente asimilables, que circulen en la planta sin perturbar los frutos, que es lo aprovechable para la alimentación humana; productos que puedan inmunizar o impedir la entrada de hongos. Las sustancias taníferas, según Kaden (3), pueden ser la posible solución del problema por su acción esencialmente inhibidora, fungicida y bactericida.

Un camino ya iniciado por el mismo Kaden (3) desde hace varios años y que sería quizá una de las soluciones para combatir las enfermedades fungosas en el futuro, consiste en cambiar por completo los métodos actuales que emplean en la lucha contra las enfermedades, sólo productos a base de cobre.

Hace más de medio año se verifican experimentos en gran escala en una finca del Bolo (Municipio de Palmira), a cargo de la Campaña Nacional de Cacao, para encontrar el mejor método de luchar eficazmente contra la *Monilia* y el *Phytophthora* en una plantación altamente atacada.

En estas plantaciones se hacen constantemente observaciones para determinar qué estado de desarrollo de la mazorca es más susceptible al ataque de estos hongos.

En centenares de observaciones (el experimento se verifica sobre 1.200 árboles, más o menos, con chequeos cada 14 días), se ha demostrado hasta la fecha, que los hongos de estas enfermedades atacan preferentemente la mazorca en estado medio y adulto, rara vez en estado maduro y tierno y nunca en estado de pepino.

Este diferente ataque fungoso en— los diversos estados de la mazorca de cacao en desarrollo, está relacionado probablemente con el contenido de ciertas sustancias propias del fruto, que inhiben o favorecen la presencia o ausencia del hongo. Sería interesante saber por qué el hongo encuentra su mejor medio de cultivo en los estados medios y adultos de la mazorca.

Con este fin se hicieron determinaciones, para analizar químicamente el contenido de ciertas sustancias en la cáscara de la mazorca en sus diferentes estados de desarrollo, a fin de sacar conclusiones que puedan tener relación con un posible ataque de esas enfermedades fungosas. La correlación que existe entre el ataque de hongos y el estado medio y adulto de la mazorca, puede estar íntimamente relacionado con la presencia en la cáscara de ciertas sustancias como azúcares, ácidos, orgánicos, sustancias taníferas, pectinas y tal vez otras.

Es del todo conocido, por trabajos de valor científico, que la presencia de azúcares y ácidos orgánicos, favorecen la presencia de los hongos hasta cierto punto.

Según las fundamentales investigaciones de Kaden (3), las sustancias taníferas representan por otra parte, sustancias conocidas por su acción inhibidora, fungicida y bactericida, ya que estas sustancias como ácidos hidro-aromáticos, impiden, según su mayor o menor concentración, la invasión y desarrollo de muchos hongos comunes al cacao, especialmente aquellos, cuyo ataque se limita a la mazorca y su contenido.

Kaden (3) obtuvo resultados muy positivos al aplicar a las plantas, artificialmente, diferentes derivados de las sustancias taníferas, logrando de esta manera, inmunizar a plantas de cacao contra ataques de hongos. Entre los múltiples ensayos de este autor, uno de los más interesantes fue el desdoblar algunas sustancias taníferas y ligarlas con cobre, las cuales resultaron después suficientemente solubles. Así obtuvo productos que dieron magníficos resultados en la terapéutica interna de muchas plantas, especialmente del cacao.

Sobre la acción de las sustancias taníferas, que químicamente no constituyen un grupo unitario, pero que fisiológicamente se consideran en conjunto, sin tener en cuenta su constitución química, se tiene hoy bastante conocimiento, especialmente relacionado con los procesos fisiológicos de las plantas.

Las sustancias taníferas se clasifican en tres grupos:

- a) Los dépsidos, libres de azúcares, desdoblables por hidrolisis.
- b) Los taninos, esterés de azúcares, desdoblables por hidrolisis.
- c) Las catequinas, derivados de flavanos, no desdoblables.

Estos tres grupos de las sustancias taníferas, tienen, más o menos, las mismas propiedades, al actuar sobre las plantas o células vegetales.

Según los trabajos de Paech (6), las sustancias taníferas tienen un alto poder bactericida y fungicida; con baja concentración inhibe el desarrollo y crecimiento de hongos y bacterias; con alta concentración su acción es mortal sobre ellos.

Es conocido también que estas sustancias, especialmente los taninos y las catequinas, son inherentes a la misma planta y que dentro de ella sufren grandes oscilaciones. Así por ejemplo, durante la brotación de yemas foliares, la concentración de estas sustancias es mayor y disminuye cuando las plantas están en estado de reposo.

En general se observa un aumento de estas sustancias en los órganos de las plantas en crecimiento, en comparación con los que ya han terminado su desarrollo. Igualmente se aprecia la presencia de estas sustancias taníferas, en alto grado, en cierto estado de desarrollo de los frutos.

Muchos órganos de la planta de cacao contienen estas sustancias en concentraciones muy altas y sus oscilaciones en los diferentes órganos de estas plantas son bastante apreciables.

El presente trabajo busca alguna relación entre la acción inhibidora, fungicida y bactericida de estas sustancias taníferas y el ataque de hongos en los diferentes estados de desarrollo de la cáscara de la mazorca.

## II — MATERIAL Y METODO

### a) Material.

Para las investigaciones que se realizaron se utilizó cáscara de mazorca de cacao del tipo forastero y exclusivamente del sub-tipo angoleta (árboles del clon 6). Se clasificaron las mazorcas en 5 estados diferentes, según su grado de desarrollo, tal como lo ha hecho la Compañía Nacional de Cacao. Los 5 estados son los siguientes:

- 1) Pepinos. (Estado del fruto recién formado).
- 2) Tiernos. (El contenido de las almendras aún están en estado mucilaginoso).
- 3) Medios. (Del contenido de las almendras la mitad mucilaginoso y la otra mitad, más o menos, tienen los cotiledones ya formados).
- 4) Adultos. (Los cotiledones, completamente formados pero no maduros).
- 5) Maduros. (Cotiledones completamente formados, almendras maduras, mazorcas para cosechar).

En la figura número 1, se aprecia claramente los cinco estados de desarrollo de la mazorca.

A continuación se indicará la manera y la forma como se procedió para conseguir el material de trabajo.

Para efectuar los diferentes análisis químicos de la cáscara de la mazorca de cacao, se procedió a conseguir el material adecuado; (el material fue seleccionado de 10 árboles del Clon N<sup>o</sup> 6), retirando aisladamente de los cinco estados de desarrollo de la mazorca, la canti-



Figura N° 1: Clasificación de la mazorca de cacao, de derecha a izquierda, según sus cinco estados de desarrollo.— (Foto: Terencio Rengifo).

dad suficiente, como para obtener bastante materia seca, para los análisis de laboratorio.

Separadamente, cada estado de clasificación que se hizo de la mazorca, fue cuidadosamente desmenuzado y en esta condición el material se colocó dentro de la estufa, en vasijas adecuadas de porcelana, a una temperatura que oscilaba entre los 95 y 105 grados centígrados.

Cada 12 horas se pesaba el material para conocer su estado de humedad. Una vez determinado el peso constante, lo cual se lograba entre las 30 y 36 horas, se retiraba el material, a fin de triturarlo lo más que fuera posible en una trituradora Willys.

En tales condiciones se colocaba nuevamente en la estufa durante 12 horas, más o menos, ya que aún se apreciaba un pequeño aumento de humedad, después que el material había sido reducido a polvo.

El material se colocó en envases especiales, herméticamente cerrados y en lugar fresco.

Para obtener los extractos, cada vez que había necesidad de hacer un análisis, se procedía de la siguiente forma: se pesaban 30 gramos

del material debidamente triturado de la cáscara de la mazorca, en sus diferentes estados de desarrollo, se vertían en un matraz de Erlenmeyer que contenía 600 c.c. de agua destilada y se agitaba hasta lograr que el polvo se impregnara de líquido.

Hecho esto, se ponía durante 45 minutos al fuego, teniendo la precaución, de agitar el contenido del matraz constantemente.

Una vez retirado del fuego el matraz que contenía los 30 gramos de polvo, de cada uno de los estados de desarrollo de la mazorca, se filtraba en un embudo de Buchner. Los extractos preparados de tal forma se emplearon como materia prima para las diferentes determinaciones.

### b) Métodos

Para la determinación de las diferentes sustancias se emplearon los siguientes procedimientos:

- 1) Para determinar la dextrosa — Método Alihn.
- 2) Para determinar las sustancias taníferas — Método Loewenthal — Proctor.
- 3) Para determinar el ácido péctico — Método descrito por Skinner.
- 4) Para determinar los ácidos orgánicos — Método descrito por Skinner.

## III — INVESTIGACIONES Y RESULTADOS OBTENIDOS

### a) Contenido en glucosa:

Al investigar el contenido en glucosa en los diferentes estados de desarrollo de la mazorca, se encontraron los valores que da la tabla I.

— TABLA I —

**Contenido en glucosa de la cáscara de la mazorca de cacao en sus 5 estados de desarrollo:**

Estado de la mazorca	% de glucosa en materia seca
Pepino	0.105
Tierno	0.144
Medio	0.258
Adulto	0.207
Maduro	0.155

Al observar los valores obtenidos en la tabla I notamos que los análisis que arrojaron el mayor contenido de glucosa fueron los esta-

dos medios y adultos de la mazorca. Justamente en los 2 estados en que más atacan los hongos a la mazorca de cacao. Aunque se considera prematuro sacar conclusiones definitivas por ahora en cuanto a la relación del mayor contenido en azúcares de estos dos estados (medio y adulto) y un posible ataque de hongos, es conveniente hacer notar la coincidencia.

b) Contenido en ácido cítrico:

Las determinaciones que se hicieron para averiguar los porcentajes de ácido cítrico en la materia seca de la cáscara de cacao, se encuentran en la tabla II.

— TABLA II —

**Contenido en ácido cítrico en la cáscara de cacao de los cinco diferentes estados de desarrollo de la mazorca.**

Estado de la mazorca	% de ácido cítrico en materia seca
Pepino	0.07
Tierno	0.09
Medio	0.21
Adulto	0.30
Maduro	0.19

Al comparar los valores de la tabla II notamos que el mayor contenido de ácido cítrico, se encuentra precisamente en el estado medio y adulto, coincidiendo nuevamente con el mayor ataque de los hongos.

c) Contenido en ácido acético.

Los valores correspondientes a las determinaciones de este ácido se dan en la tabla III.

— TABLA III —

**Contenido en ácido acético de la cáscara de mazorca de cacao en sus cinco estados diferentes de desarrollo**

Estado de la mazorca	% de ácido acético en materia seca
Pepino	0.04
Tierno	0.07
Medio	0.12
Adulto	0.13
Maduro	0.19

Se aprecia que el contenido de ácido acético ha ido aumentando en forma progresiva, desde el estado de pepino hasta el maduro, como lo indica esta tabla.

d) Contenido de ácido tartárico.

Las determinaciones del ácido tartárico en la cáscara de la mazorca, en los cinco diversos estados de desarrollo, dieron los siguientes resultados. (Véase tabla IV).

Al estudiar la tabla se observa que el contenido en ácido tartárico es más o menos constante en todos los estados de desarrollo de la mazorca de cacao, excepto en estado de pepino.

— TABLA IV —

**Contenido en ácido tartárico en los diferentes estados de desarrollo de la mazorca de cacao, según las determinaciones que se hicieron.**

Estado de la mazorca	% de ácido tartárico en materia seca
Pepino	0.15
Tierno	0.30
Medio	0.30
Adulto	0.31
Maduro	0.29

e) Contenido de ácido oxálico.

Las determinaciones que se hicieron para averiguar el ácido oxálico, no indicaron la presencia de este ácido en la cáscara de la mazorca de cacao. En el estado de pepino y en el estado maduro se obtuvieron vestigios indeterminables. Parece que este ácido orgánico, muy común en la mayoría de las plantas, no se presenta en la cáscara de la mazorca de cacao en forma significativa.

f) Contenido en sustancias taníferas.

Las sustancias taníferas son muy conocidas y comunes en casi todos los órganos de la planta de cacao, así por ejemplo en las almendras Jensen (2) encontró hasta un 6.5% y Mac-Donald (4) encontró en la materia seca y sin grasa hasta un 13.95%.

Las determinaciones de estas sustancias taníferas en los diferentes estados de la cáscara de cacao, dieron los resultados que se expresan en la tabla V.

— TABLA V —

**Contenido en sustancias taníferas de la cáscara de la mazorca de cacao, según sus cinco estados de desarrollo.**

Estado de la mazorca	% de sustancias taníferas en materia seca
Pepino	1.65
Tierno	1.35
Medio	0.64
Adulto	0.98
Maduro	1.05

Al comparar los valores de esta tabla se encuentran datos muy interesantes. En el estado medio y adulto de la mazorca de cacao, el contenido de sustancias taníferas es muy bajo precisamente en los dos estados donde más atacan los hongos.

El poder fungicida de estas sustancias taníferas, es conocido desde las importantes investigaciones de Paech (6) y Kaden (3); la relación entre el contenido bajo de ellas en la cáscara de la mazorca de cacao en los estados medios y adultos y el mayor ataque de hongos en estos dos estados, es evidente.

g) Contenido en pectinas.

Se determinó también, el contenido en pectinas en los cinco estados diferentes de desarrollo de la cáscara de la mazorca de cacao, encontrando los siguientes valores. (Véase tabla VI).

— TABLA VI —

**Contenido en pectinas en la cáscara de la mazorca de cacao, según el menor o mayor estado de desarrollo del fruto.**

Estado de la mazorca	% de pectina en materia seca
Pepino	0.78
Tierno	0.95
Medio	1.48
Adulto	1.02
Maduro	0.58

Respecto a las pectinas, se observa que su contenido va en aumento progresivo hasta alcanzar su máximo en el estado medio y adulto, disminuyendo, luego, en la misma forma, hasta el estado maduro. Se

nota que el contenido más alto en pectinas, en los estados medios y adultos de la mazorca, coincide con el probable ataque de hongos.

Como ya se dijo en la Introducción, es un hecho que el ataque de ciertas enfermedades en la mazorca de cacao, como la *Monilia* y el *Phytophthora* se presenta en el estado medio y adulto del fruto, muy poco en el estado tierno y maduro y nunca en el estado de pepino.

Por eso, al comparar las investigaciones sobre el contenido de las diferentes sustancias determinadas, se nota como una coincidencia, La relación íntima entre el ataque de hongos y el resultado de los diferentes análisis. Esta coincidencia se apoya en las siguientes conclusiones:

- 1) Máximo contenido en glucosa
- 2) Máximo contenido en pectinas
- 3) Máximo contenido en ácido cítrico
- 4) Máximo contenido en ácido acético
- 5) Mínimo contenido en sustancias taníferas

Esta extraordinaria coincidencia no puede considerarse como una simple casualidad, tanto más cuando está respaldada por la siguiente observación:

Tal vez fue una suerte haber dejado olvidados los cinco extractos elaborados para analizar los diferentes contenidos en matraces de Erlenmeyer destapados durante dos días, porque de lo contrario no se hubiera hecho esta observación interesante, que confirmara más las investigaciones de este trabajo.

Indudablemente la invasión de los hongos se efectuó sobre todos los extractos, pero el ataque sólo se manifestó en los estados medios y adultos, obedeciendo en los dos casos al alto contenido de azúcares y ácidos orgánicos y a la baja concentración de las sustancias taníferas. En el estado tierno y maduro no se observó ningún ataque de hongos, sin duda, debido a la acción inhibitoria de las sustancias taníferas y al bajo contenido de azúcares, ácido acético, ácido cítrico, pectinas, etc.

Para confirmar esta observación se repitió en mismo caso, en forma idéntica, notándose exactamente el mismo fenómeno.

La figura N<sup>o</sup> 2 muestra los cinco frascos de Erlenmeyer con los extractos de los diferentes estados de desarrollo de la cáscara de la mazorca de cacao, apreciándose claramente que el estado medio y adulto fueron fuertemente atacados por los hongos del ambiente, precisamente en donde el contenido en azúcares y ácidos orgánicos es mucho más alto.

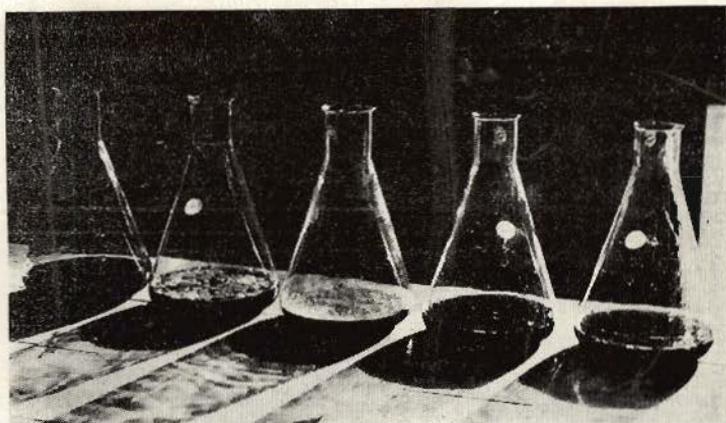


Figura N° 2.— En esta foto aparecen los cinco matraces de Erlenmeyer, mostrando los cinco extractos obtenidos de los diferentes estados de desarrollo de la cáscara de la mazorca de cacao. Los matraces están ordenados de derecha a izquierda, partiendo del menor al mayor estado de desarrollo.

Este experimento y las determinaciones que se hicieron, pueden servir como base para futuras investigaciones relacionadas con la lucha eficaz contra las enfermedades de las plantas, especialmente del cacao.

Estos ensayos se pueden utilizar, además, como indicación de que mediante tratamientos con sustancias taníferas o productos a base de estas sustancias, tal como lo indica Kaden (3), se pueden controlar eficazmente estas enfermedades.

#### V — RESUMEN

Después de considerada la literatura, determinado el contenido de glucosa, ácidos orgánicos, pectinas y sustancias taníferas y observadas las relaciones entre éstas, los ataques de hongos, los ácidos antes mencionados, la dextrosa, etc., se obtuvieron los siguientes resultados:

1º— La cáscara de la mazorca de cacao contiene algo de glucosa. El contenido más alto se encuentra en el estado medio y adulto de la mazorca.

2º— El contenido en ácidos orgánicos, especialmente de ácido cítrico, ácido acético, es más alto en el estado medio y adulto que en cualquiera de los otros estados.

3º— El contenido en ácido tartárico es más o menos el mismo durante los estados de desarrollo de la mazorca, excepto en el estado de pepino, en el cual su contenido es muy bajo.

4º— El ácido oxálico no fue posible encontrarlo en los estados intermedios y apenas hubo vestigios indeterminables en los estados de pepino y maduro.

5º— El contenido en sustancias taníferas en la cáscara de la mazorca de cacao, es muy alto en el estado de pepino, tierno y maduro, pero muy bajo en el estado medio y adulto.

6º— Según las observaciones hechas, es posible que haya una íntima relación entre el ataque de hongos, que siempre se presenta en los estados medios y adultos, y el alto contenido de estos dos estados en glucosa, ácido cítrico,, ácido acético, pectinas y en parte también de ácido tartárico, con un bajo contenido de sustancias taníferas.

7º— El alto contenido de las sustancias taníferas en los estados tierno, pepino, maduro, coincide con el bajo contenido de estos estados en pectinas, azúcares y ácidos orgánicos.

8º— Todos los experimentos verificados y las determinaciones hechas sirven como base para futuros trabajos en la lucha contra las diversas enfermedades que atacan preferentemente la mazorca de cacao.

#### VI — BIBLIOGRAFIA

- 1.— **Cabrera, J.** Mezclas entre fungicidas, fertilizantes y fitohormonas en aspersiones sobre árboles de cacao. Manuscrito sin publicar en la Facultad de Agronomía de Palmira 1952.
- 2.— **Jensen, R. H.** Tannins and its Determination. *Analyst* 52: 365-368, 1936.
- 3.— **Kaden, O. F.** System-Insektizide als Bekaempfungsmitteler Kakaoviruskrankheiten, Jahresberich, 1951. Forchugsinstitut puer Kakaowirdesihaft, Hamburgo pp. 13-15, 1951.
- 4.— **MacDonald, J. A.** The Tannins in Cacao Beans. Sixth Annual Report on Cacao Research pp. 44 - 48, 1936.
- 5.— **Naundorf, G.** Kakaoforsehung in Kolumbien, Gordian, 1952. (En la imprenta).
- 6.— **Paech, K.** Biochemie und Physiologie der sekundaeren pflanzensstoffe pp. 156 - 160. Springer, Berlín, 1950.