

# EFECTO DE LAS REVOLTURAS SOBRE LA TEMPERATURA Y EL pH DURANTE LA FERMENTACION DEL CACAO

Por Enrique Mejía Liévano \*

## INTRODUCCION

La fermentación del cacao es un método aceptado y la mayoría de los autores lo consideran necesario para preparar las almendras de cacao fresco con destino al mercado. La fermentación del cacao mejora su calidad y los objetivos principales, según J. A. McDonald (7), son: mata la semilla haciéndola apta para otros cambios bioquímicos importantes que se verifican posteriormente; remoción de la pulpa por lo tanto se facilita el secamiento obsecuente y separación de los cotiledones de la película interna que los cubre para facilitar su extracción durante el tostado.

Según Bondar (1) la fermentación tiene por objeto, desarrollar en las almendras los aceites esenciales que dan al cacao un aroma que le es peculiar, convertir una parte de los principios para atenuar ese gusto amargo, libertar la teobromina y demás sustancias que dan al cacao sus propiedades tónicas y estimulantes.

Los métodos de fermentación, los dispositivos usados y la duración del proceso varía no solamente entre los distintos países productores sino dentro de las diversas regiones cacaoteras de ellos. Hasta cierto punto eso se debe: al precio del cacao beneficiado en esa región; a la tradición; a la demanda del grano beneficiado y a la facilidad de consecución de determinados materiales para la fabricación de los dispositivos o cajas para fermentar. En cuanto al tiempo empleado, éste depende del tipo de cacao que se procese.

La fermentación del cacao ha sido muy estudiada por los científicos. Si bien es cierto que la mayoría están de acuerdo en ciertos aspectos como son: la necesidad de una temperatura óptima; un pH aceptable; la acción de los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos (bacterias y levaduras) en las reacciones químicas; la necesidad de airear la masa y otras más, se puede afirmar que no hay conclusiones definitivas y que las fases de la fermentación requieren estudiarse más a fondo.

Algunos autores entre ellos Knapp (4) admiten que es beneficioso revolver la masa, porque se obtiene una distribución más uniforme de los fermentos por toda la masa, acelerándose la fermentación; la temperatura es más o menos uniforme en la masa, lo cual es un índice de que todos los horizontes están fermentándose casi igualmente.

---

\* Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. El estudio experimental fue realizado en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, con el auxilio de una beca de la American Cocoa Research Foundation.



**Hudson** (2) usando dispositivos comerciales hizo experimentos de fermentación con cacao Amelonado. Los dispositivos tenían capacidad para dos mil libras de cacao fresco. Fermentó durante 162 y 168 horas y obtuvo temperaturas máximas de 41.4 - 43.1 y 45.3 grados C.

**Sack** (2) anota que la temperatura de las cajas de fermentación es generalmente de 45 centígrados al tercer día. Por lo tanto todas las almendras estarán muertas al cuarto día, permitiendo así que se "inicie la fermentación interna".

**Preyer** (2) anota varias temperaturas en fermentación llevada a cabo en Trinidad, las Indias Orientales y el Camerúm. Las temperaturas máximas fueron de 49 y 60 grados C. y la mínima de 26.7 grados C.

**Nicholls** (2) recomienda como la temperatura ideal para la fermentación entre 43.6 y 49.2 centígrados.

**Whymper** (2) dice que de 20 a 25 centígrados es el incremento de la temperatura durante las primeras 72 horas de la fermentación. Considera que la temperatura máxima debe ser de 50 grados 0.

**Knapp** (4) fermentó almendras no maduras y sobremaduras. La temperatura máxima obtenida en el primer caso fue de 34 grados C. y observó todas las malas cualidades de un cacao inapropiadamente curado. En cambio cuando trató el otro caso (sobre maduras) observó temperaturas más altas que la normal obtenida en los primeros estados de la fermentación. Observó que conforme continuaba el proceso, las temperaturas cayeron dentro de los límites normales. Exceptuando su mayor fragilidad, el producto final tenía las características del cacao normal.

**Von Lilienfeld** (6) en el Brasil registra temperaturas de 50 grados C. a los cinco días. Queda más o menos constante hasta el 13º día y después se eleva a 65 grados C.

**Knapp** (4) cita a Hunter de Costa de Oro, quien opina que en aquellos casos excepcionales cuando la temperatura de la masa baja considerablemente al cuarto o quinto día, es conveniente comenzar a secar las almendras.

El Departamento de Agricultura de Sao Thomé considera que se puede haber realizado una fermentación adecuada cuando la temperatura ha caído de 47 a 35 grados C.

**Sostenes Miranda** (9) del Brasil opina que la temperatura se debe conservar entre 48 y 50 grados C. Cuando sube entre 52 y 55 centígrados, los microorganismos no pueden ejercer sus actividades y a los 10 grados C. se reproducen.

**Knapp** (4) encontró que al pasar las almendras de una caja a otra, baja la temperatura entre dos y diez grados C., pero se eleva nuevamente.

**Knapp** (4) opina que a las sesenta horas dependiendo de la temperatura, ya se observan cambios importantes. Estudió cambios en el embrión y endosperma durante la fermentación normal cuando la temperatura alcanzó de 44 a 47 grados C. Opina que si en las cajas de fermentación se tenía para el centro 48 grados C., al desviarse unos pocos centímetros era 46 y a los lados 43



terior. La primera tiene estas dimensiones: 56x42 x 40 cms. No tiene fondo porque va apoyada adentro de la base de la caja exterior, cuyas dimensiones son: 66 x 52 x 40 cms. El espacio existente entre la caja externa e interna se llena con aserrín seco. La tapa tiene un grosor aproximado de 10 cms. para evitar el paso del aire y es también de doble pared. La caja exterior está pintada con alquitrán y la capacidad de la caja interna es de 66 kgs. de cacao húmedo. Se usaron nueve termómetros; ocho para las temperaturas de las cajas y uno para la ambiental.



Figura N° 1. — Caja de doble pared usada en este trabajo.

Las pruebas de acidez se hicieron con un método colorimétrico, compuesto por dos soluciones para acidez, una solución indicadora, un indicador especial y sus respectivas tablas de colores.

Se usó una solución al 10% de  $K_2C_2O_7$  acidificada con ácido acético para observar mejor los cambios internos de las almendras. Para gravar, estudiar el color interno de las almendras y ver las propiedades de ese color latente durante la fermentación y secado, se usó "Pouncing paper" N° 7/0 o N° 5/0 y cajas de Petri para las pruebas de germinación de almendras.

Cuatro bateas de madera para secar el producto, con estas dimensiones: 2.30 x 0.90 x 0.15 ms. (Fig. 2). Una estufa para secar artificialmente las pequeñas muestras de cacao en el Instituto. Una Romana para pesar las pequeñas mentado en la Lola. Una balanza para pesar las pequeñas muestras después de secadas en el Instituto. Un aparato determinador de humedad por el Método Oficial Brown Duvel. Calibrador para medir dimensiones de las almendras al determinar hinchamiento. Paleta de madera para revolver las almendras en las cajas. Pequeño rastrillo de madera para hacer la anterior operación en las bateas cuando se secaba el producto.



- a) Revolviendo la masa cada 6 horas.
- b) Cada 12 horas.
- c) Cada 24 horas.
- d) Testigo.

Las temperaturas se midieron cada dos horas y se observaron indistintamente dos temperaturas; una para el fondo y otra en el centro de la caja.

Los termómetros demoraban dos minutos para cada observación. Para obtener las temperaturas del fondo se cerró la caja; para las del centro se dejaba abierta y por lo tanto se aireaba la masa cada dos horas. Cada dos horas al mismo tiempo, cuando se medían las temperaturas de las cajas, se leía la temperatura ambiental del cuarto donde estaban los dispositivos de fermentación. Esto para correlacionar esta última con las primeras.

Las determinaciones de pH colorimétrico se efectuaron durante el día. En el Bloque Nº 1, se hicieron cada dos horas, pero en los tres restantes, solamente cada cuatro horas, porque se dedujo de las observaciones que para variar los límites sucesivos se necesitaba un tiempo mínimo de cuatro horas. Se examinaron dos veces diarias, por la mañana y tarde, los cambios internos de las almendras a través del proceso. El método fue así: Horas para tomar las muestras: 6 a. m. y 3 p. m. respectivamente. Tamaño de las muestras: cinco almendras para cada tratamiento. Se cortaron separadamente en corte transversal, se aplicó la solución de bicromato de potasio, y se dejaron secar un poco. Las observaciones se hicieron con un microscopio binocular. Método para usar el pouncing paper:

Se dividió en el caso de la fermentación el papel especial (Pouncing-paper) en dos partes para gravar el color de muestras tomadas por la mañana (6 a. m.) y por la tarde (6 p. m.). El tamaño de la muestra para cada tratamiento fue de seis. No se tomaron muestras el primer día. No se tomaron muestras con menos intervalo ni de un tamaño mayor, por la escasez de "pouncing paper", a verificar las pruebas.

Cuando se secó al sol el Bloque Nº 1, se tomó una muestra al finalizar cada soleada del grano. El tamaño de la muestra fue de seis almendras por tratamiento. En los Bloques Nº 2 - 3 y 4, secados en estufa, se tomaron muestras cada dos horas. Tamaño de la muestra, seis almendras por tratamiento.

La aplicación del método es muy sencilla. Consiste en quitar la cutícula de la punta de la almendra, o sea el extremo opuesto al embrión.

En esta forma se puede usar la almendra a manera de un lápiz al rayar sobre su respectivo cuadrado en el "pouncing paper".

Antes de rayar se debe tener seca la punta pelada, porque sino patina y no grava. Estas hojas de "pouncing paper" cuando ya han sido gravadas, se deben guardar secas dentro de un sobre de celofán y en un lugar con algo de más calor. La humedad las daña mucho.

Se hacían dos observaciones por la mañana y tarde del estado de la pulpa. Los cambios a simple vista se hicieron al comparar pulpa de almendras frescas con pulpas de las almendras fermentadas de los distintos tratamientos. Lo



150 centímeors cúbicos de aceite especial para determinar la humedad. Como aparato trae sus respectivas probetas graduadas hasta 25 cc., dividido en décimos la lectura directa dá el % de humedad. Esto porque se usó una muestra de 100 gramos para cada tratamiento.

## RESULTADOS

### ESTUDIOS DE LAS TEMPERATURAS

#### CUADRO Nº 1

#### TEMPERATURAS MAXIMAS — DISTINTOS BLOQUES Y TRATAMIENTOS

Localización — Hora de la observación — Temp. máxima del Bloque

##### BLOQUE I

TR.A	Loc. (a)	TR.B	Loc. (a)	TR.C	Loc. (a)	TR.D	Loc (a)
48.0	Centro	48.7	Centro	41.6	Centro	45.1	Centro

Cheq. (b), 78hs.    Cheq. (b), 68 hs.    Cheq. (b), 112 hs.    Cheq. (b), 90 hs.

Temperatura máxima: 48.7 — TR.B (en el Centro)

##### BLOQUE II

49.1	Centro	48.0	Fondo	43.0	Fondo	45.7	Centro
Cheq. (b), 70 hs.		Cheq. (b), 88 hs.		Cheq. (b), 78 hs.		Cheq. (b), 74 hs.	

Temperatura máxima :49.1 — TR. A. (en el Centro)

##### BLOQUE III

48.5	Centro	48.7	Centro	41.0	Centro	47.0	Centro
Cheq. (b), 96 hs.		Cheq. (b), 62 hs.		Cheq. (b), 108 hs.		Cheq. (b), 62 hs.	

Temperatura máxima: 48.7 — TR.B (en el Centro)

##### BLOQUE IV

48.0	Centro	48.5	Centro	46.5	Centro	46.5	Centro
Cheq. (b), 72 hs.		Cheq. (b), 80 hs.		Cheq. (b), 120 hs.		Cheq. (b), 54 hs.	

Temperatura máxima: 48.5 — TR.B. (en el Centro)

(a) Localización para la temperatura.

(b) Hora de chequeo para esa temperatura.

Según el cuadro Nº 1, el Tratamiento B alcanzó mayor temperatura en tres bloques y el Tratamiento A, en uno solamente. Según los datos recogidos las temperaturas del Centro de la Caja son más altas que las del fondo. El tratamiento C tuvo siempre las más bajas temperaturas.

Para obtener cada límite promedio diario de pH colorimétrico se usaron las cuatro observaciones diarias. De los datos expuestos se concluye que los límites mínimo y máximo de pH colorimétrico durante el experimento fueron entre 3.8-5.4.

No se conocen trabajos de pH colorimétrico usando cacao Amelonado para saber si los datos encontrados están dentro de lo normal. Sólomente se tiene la comparación con las cifras presentadas por Roelofsen y Giesberger (12) quienes en Java, para cacao criollo, dieron límites colorimétricos de pH. de 3,3, para el mínimo y 4.6 para el máximo. El tiempo de fermentación fue de sesenta horas.

El cuadro N° 3 expresa los límites mínimo y máximo diario para pH. Se ha tomado el experimento en conjunto, separando los tratamientos y días.

### C U A D R O N° 3

#### pH COLORIMETRICO DE LA PULPA - FERMENTACION DEL CACAO

##### Límite mínimo y máximo diario.

Día	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C	Tratamiento D
1º	3.8 - 4.4	3.8 - 4.3	3.8 - 4.2	3.8 - 4.3
2º	4.0 - 4.7	3.9 - 4.6	4.2 - 4.6	4.2 - 4.7
3º	4.2 - 5.0	4.3 - 5.0	4.2 - 4.8	4.2 - 4.6
4º	4.6 - 5.1	4.6 - 5.3	4.2 - 5.1	4.6 - 5.3
5º	4.6 - 5.4	5.0 - 5.4	4.6 - 5.4	5.0 - 5.4

Con el objeto de estudiar si había o no correlación entre las temperaturas de fondo y centro de la caja separadamente vs. la temperatura ambiental, se elaboró el Cuadro N° 4 de valores de "r".

### C U A D R O N° 4

#### Valores de "r" para los diversos bloques y tratamientos. Correlación.

Temperatura del fondo (cajas) vs. Temperatura ambiental.  
Temperatura del centro (cajas) vs. Temperatura ambiental.

BIS (a)	Tratamiento A		Tratamiento B		Tratamiento C.		Tratamiento D	
	F. (x)	C. (z)	F. (x)	C. (z)	F. (x)	C. (z)	F. (x)	C. (z)
Bl. I	0.1472	0.1769	0.1433	0.4574	0.4929	0.1921	0.1459	0.4339
G. L. 57								
Bl. II	0.2758	0.4327	0.4770	0.3589	0.8393	0.8757	0.4554	0.4832
G. L. 59								
Bl. III	0.1348	0.1713	0.2163	0.1072	0.1549	0.3803	0.9647	0.1481
G. L. 59								
Bl. IV	0.0040	0.0131	0.0210	0.0284	0.0054	0.0134	0.0013	0.0113
G. L. 59								



## CAMBIOS FISICOS DE LA PULPA Y ALMENDRA DURANTE LA FERMENTACION

Aunque el experimento se efectuó en cuatro bloques separadamente, los cambios físicos fueron casi iguales y las diferencias de tiempo muy pocas en los tratamientos A, B y C. A estos se les juzga en forma global y se obtienen los promedios para las horas cuando se verificaron dichos cambios. El tratamiento D mostró algunas diferencias en cuanto al tiempo y los cambios sucesivos, por lo tanto se notarán las distinciones en los cuadros.

En el caso de los tres primeros tratamientos, la pulpa al iniciarse la fermentación, tuvo un color blanco, densa, o sea de aspecto glutinoso. A medida que avanza la fermentación se van observando cambios. El olor alcohólico (fermentación alcohólica) también aumenta con el tiempo del proceso. La pulpa va tomando un color pardo pálido. La presencia de burbujeo en la masa hace pensar que se está desprendiendo el  $\text{CO}_2$  de la fermentación. Este  $\text{CO}_2$  resulta cuando se van transformando los azúcares por la acción de las levaduras, produciéndose además el alcohol. El "Swetigs", sudor o jugo del cacao, sale por las rendijas del fondo de las cajas durante las primeras 12 horas del proceso. Se percibió el olor acético cuando se había iniciado esa fase de la fermentación.

Poco a poco se va notando más fuerte el olor a vinagre. Las almendras se van hinchando. Hay generalmente una exudación de estas. Según Knapp (4) esas exudaciones vienen de los cotiledones a través de una rajadura de la piel y muchas veces producen manchas —púrpuras o carmelitas— púrpuras que aparecen sobre la piel de las almendras. Además dice que cuando existen en abundancia y especialmente en la superficie de la masa, los agricultores tienen la creencia de una sobre-fermentación.

No hubo un tiempo determinado para el calentamiento de la masa, pero generalmente se verificó después de las treinta horas de iniciado el proceso. Esto es lógico porque las temperaturas son más altas en este estado cuando se oxida el alcohol para producir acético. La pulpa se vuelve de color pardo intenso.

Según Knapp (4) el color pardo oscuro que va tomando la pulpa se debe a la oxidación de los taninos en la presencia de una oxidaza y es la principal guía de los agricultores para determinar el punto final de la fermentación.

También se observó en el estudio actual que la pulpa va disminuyendo hasta llegar a formar una delgada capa adherida a la almendra.

Solamente en el tratamiento D para todos los bloques hubo diferencias respecto a los demás. El "swetings" drenó durante más tiempo. Su color era un poco más turbio que el normal y el olor a levadura más intenso. La pulpa no llegó a tener un color pardo intenso como en los demás sino pardo pálido. Tal vez se deba a la poca oxidación de los taninos porque las cajas D fueron testigos sin ningún tratamiento. Las almendras superficiales de la masa se secaron mucho, especialmente las de las esquinas y lados; aparecieron sobre ellas colonias de levaduras.

En los Cuadros N° 6 y N° 7 se anotan las horas promedios cuando se verificaron algunos de los cambios nombrados:



## OBSERVACIONES DESPUES DE LA FERMENTACION

Cuando se hicieron las pruebas de germinación de almendras fermentadas, no hubo ninguna germinación con lo cual se comprueba la muerte del embrión.

Para hacer apreciaciones sobre el producto después de fermentado se tuvieron en cuenta las opiniones de Palma (10) y otros autores. Haciendo además las comparaciones de la muestra fermentada con la fresca. Las observaciones fueron:

Las cutículas de las almendras en los tratamientos A - B y C, al finalizar la fermentación eran de color caoba. En el tratamiento A y B eran color caoba oscuro.

En los tratamientos A - B y C, a simple vista la masa estaba formada por almendras ovaladas. En el Tratamiento D, existía esta característica pero no tan marcada. Los valores de hinchamiento obtenidos por el Método de Costa de Oro para los cuatro bloques y promediando tratamientos son:

Tratamiento A = 52.2

Tratamiento B = 50.5

Tratamiento C = 52.4

Tratamiento D = 51.9

En todos los tratamientos la cutícula despegaba fácil y la almendra no presentaba mucha resistencia al quebrar. El olor de la masa al sacar el producto de las cajas era acético; un poco atenuado en los Tratamientos A - B y C. El tratamiento D siempre conservaba un fuerte olor acético. En el bloque IV, los tratamientos A y B tuvieron un olor acético leve que casi no se percibía.

Al hacer cortes longitudinales de cinco almendras para cada tratamiento, se notaban los canales o cavidades internas muy pronunciadas.

El porcentaje de cacao violeta se determinó para cada tratamiento de acuerdo con el método de Miranda (9). Se obtuvo el siguiente promedio para los tratamientos en los cuatro bloques:

Tratamiento A = 83.9%

Tratamiento B = 80.9%

Tratamiento C = 78.8%

Tratamiento D = 66.9%

El gusto de las almendras para todos los tratamientos es amargo en el material fermentado. Aparecieron colonias de levaduras en el fondo y esquinas del tratamiento D (cajas testigos).

El Cuadro N° 8 muestra el porcentaje perdido en los tratamientos, por bloques y el promedio para tratamiento.



**C U A D R O   N<sup>o</sup>   9**

**PERDIDA DE PESO EN SECADO**

**(Porcentaje de peso fermentado)**

Bloques	I (al sol)	II (estufa)	III (estufa)	IV (estufa)	Promedio
Tratamiento A	48.0	47.4	48.4	44.4	47.0
Tratamiento B	48.0	48.4	47.2	46.7	47.6
Tratamiento C	46.0	44.8	48.7	45.2	46.1
Tratamiento D	44.0	48.7	50.4	49.0	48.0

Los promedios de hinchamiento total por tratamiento para el grano seco dieron estos valores:

Tratamiento A — 46.9%

Tratamiento B — 46.2%

Tratamiento C — 46.7%

Tratamiento D — 48.3%

Como se usó el tacto para determinar el final del secado, no hubo uniformidad en los porcentos de humedad. Algunos manufactureros por ejemplo Rockwood & Co. admiten en los Estados Unidos entre 5 a 6% de humedad. Muchos de los valores obtenidos están fuera de esos límites. En los trópicos aunque se almacene muy bien el grano seco, los valores menores que 7% se equilibran en este límite de humedad.

La clasificación de los colores gravados en el "pouncing paper" tanto en la fermentación como en el secado se hizo de acuerdo al Diccionario de colores de Maerz y Paul.

Es necesario usar algún método ligero para hacer las determinaciones al final del proceso y finalizar a su debido tiempo. Se podría usar el método Steinlite.

El Cuadro N<sup>o</sup> 10 es comparativo entre el hinchamiento de las almendras fermentadas, secadas, y el por ciento de humedad para estas últimas:



## DISCUSION

Se ha conseguido con este trabajo un estudio aceptable de las temperaturas y del pH de la pulpa en la fermentación. Además conocemos la sucesión de los principales cambios físicos, internos y externos para las almendras en los distintos tratamientos. No hay todavía análisis de aroma, sabor y químicos efectuados por los laboratorios de los manufactureros, quienes marcan la pauta entre los catadores. Con los valores que se obtengan para las 16 muestras se podrá hacer análisis estadístico de los datos. La conclusión estadística estará acreditada por una serie de valiosos datos medidos y observados durante el proceso.

El estudio actualmente proporciona buenos datos. Con excepción del tratamiento C se ven comprobadas y desaprobadas también, muchas de las opiniones de los investigadores en fermentación. Los efectos de las revueltas sobre las temperaturas de las cajas no son muy pronunciados. Después de la revuelta las temperaturas sufren oscilaciones. Aumentan, se estabilizan o disminuyen indistintamente.

La diferencia para incremento o disminución está entre 0.5 y 3 grados C. La temperatura es considerada por muchas autoridades como el factor más importante del proceso. Casi todos los autores la relacionan con una buena fermentación cuando llega de 48 a 50 grados C. Aunque en este caso los tratamientos A - B y C mostraron buenas características de post-fermentación, casi lo mismo el D se juzgan los resultados con base en las temperaturas alcanzadas.

Las temperaturas del centro son por lo regular más altas que las del fondo y también el descenso de la temperatura en el primer caso es más lento. Se observó en el tratamiento D una notoria desuniformidad en la fermentación de las diferentes capas de la masa, especialmente de las zonas endurecidas en el fondo de la caja.

Existe un efecto de la temperatura ambiental sobre las internas de las cajas fermentadoras, por lo cual las temperaturas en la masa a veces no llegan hasta 48 grados C. Sería necesario un experimento para conocer bien la intensidad de ese efecto.

Es necesario definir con más detalle, cuál es el efecto de pasar la masa de una caja a otra para revolverla. La comparación de este método con el estudiado en este trabajo, revolver "in situ", probará muchas ventajas del último. En la práctica los cacaoteros vacían la masa a determinadas horas de una a otra caja. Esto tiene inconvenientes, porque se necesita otra caja para practicar la operación. Aun tratándose de las cantidades usadas en este estudio, 66 kilogramos, el conjunto masa y dispositivo son muy pesados al voltearlos.

Seguramente revolviendo la masa bien "in situ" se consigue el mismo resultado como si se volteara a otra caja. La pérdida de peso en la fermentación (13.4%) y secado (47.1%) es normal porque el total (60.5%) está dentro los límites aceptados por muchos experimentadores.



de al tratamiento A (revolviendo cada 6 hs.). Después el tratamiento D (testigo - sin revolver). El tratamiento C tuvo las temperaturas más bajas durante este estudio.

### LITERATURA CITADA

1. — Bondar, Gregorio. — A cultura do cacau na Bahia. — Brasil. Instituto de Bahia. Boletim Technico Nº 1. 1938. 205 p.
  2. — Corporación General de Alimentos. — Departamento de Investigación y Desarrollo (Hoboken, New Jersey). Revisión de la literatura sobre fermentación y cura del cacao. — Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1948. pp. 15, 31, 32. (mimeografiado).
  3. — Knapp, A. W. — Cacao fermentation in West Africa. Bulletin of the Imperial Institute 32; 411-429. 1934.
  4. — .....Scientific aspects of cacao fermentation. — Bulletin of the Imperial Institute 33:31-49, 147-161, 306-319, 433-466, 1935. 34: 154-180, 307-331. 1936.
  5. — Laycock, T. — Experiments on the fermentation and moulding of cacao. Nigeria. Ninth Annual Bulletin of the Agricultural Department. 1930. pp. 5-26.
  6. — Lilienfeld - Toal, Otto von. — Pesquisas en torno da fermentacao do cacau. — Traduzido de "Bulletin Officiel de l' Office International du Cacao et du Chocolat". Brasil. Instituto de Cacao da Bahia, 1939. 34 p.
  7. — McDonald, J. A. — A new method of curing small quantities of cacao. — Fifth Annual Report on Cacao Research (Trinidad 1935: 48-55. 1936.
  8. — Martínez Vásquez, Vicente. — Método para fermentar pequeñas cantidades de cacao. Tesis. Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1949. 32 p.
  9. — Miranda, Sostenes. — Ensaio experimentais sobre es métodos de fermentacao de cacau. — Bahia Rural. 15 (7-9): 23-24, 26-27, 36-37. 1948.
  10. — Palma, Manuel. — El beneficio de las almendras del cacao. — Caracas. Ministerio de Agricultura y Cría. Sección del Cacao, 1947. 43 p. (mimeografiado).
  11. — Platone, E. y Ciferri, R. — Algunas observaciones sobre el desecamiento del grano de cacao bajo diferentes condiciones. — Revista Facultad Nacional de Agronomía (Colombia) 10 (36): 296-300. 1949.
  12. — Roelofsen, P. A. and Giesberger, G. — Investigations on the curing of cacao (English summary). Archief voor de Koffiecultuur in Nederlandsch. Indie. 16 (1): 146-159. 1947.
-