

EL BENEFICIO DEL CACAO BRUTO DESTINADO AL MERCADO



EL BENEFICIO DEL CACAO BRUTO DESTINADO AL MERCADO

EL BENEFICIO DEL CACAO BRUTO DESTINADO AL MERCADO

por

T. H. ROHAN

Consultor de la FAO

PREAMBULO

Uno de los propósitos fundamentales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación es estimular la producción de alimentos y su mejor distribución, así como elevar los niveles de nutrición, especialmente en los países menos desarrollados. Desde que se fundó la FAO, en 1945, se ha avanzado mucho en tal sentido merced a la labor de las organizaciones internacionales, multilaterales y bilaterales, y de las nacionales.

Pero, a pesar de cuanto se ha hecho, el problema del hambre sigue sin resolver y hasta amenaza con adquirir mayor gravedad. En un reciente estudio de la FAO se demuestra que de 300 a 500 millones de personas padecen de auténtica falta de alimentos, y de un tercio a la mitad de la población del mundo, que se eleva a 3.000 millones, sufre de malnutrición en distintos grados. Si no se adoptan medidas radicales, serán más los millones de personas que vengan a unírseles en los años venideros, a causa del rápido aumento de la población mundial. Se espera que ésta se duplique para fines de siglo, siendo probable que el total pase entonces de los 6.000 millones.

En vista de la persistencia del problema y de la amenaza de que se agrave más aún en los cuatro decenios próximos, el Director General de la FAO, Dr. B.R. Sen, propuso la Campaña Mundial contra el Hambre, que fue iniciada el 1 de julio de 1960. Esta Campaña, que recibe el apoyo de los pueblos de todos los países, así como también de las Naciones Unidas y de todos los Organismos Especializados y los Estados Miembros de la FAO, constituye, en efecto, una reafirmación de los objetivos inscritos en la Constitución de la FAO. En realidad se propone atraer la atención del mundo hacia el problema constante del hambre y crear un clima de opinión que pueda desembocar en un ataque en masa y en escala global con el fin de resolverlo.

Por lo tanto, una parte vital de la Campaña se orienta hacia la información y la enseñanza, es decir, a difundir el conocimiento y la comprensión de la magnitud de tal problema y a explicar lo que puede hacerse

para darle solución definitiva. A este respecto, toda publicación que trate algún aspecto del problema ya sea técnico, económico o social, es una aportación a la Campaña y, por consiguiente, a las metas que se fija la FAO.

Este Estudio agropecuario pertenece a tal categoría. El texto del mismo es una revisión del que se publicó primitivamente en 1960, con carácter provisional, como Boletín no oficial de trabajo N° 5, con el título de *El beneficio del cacao*.

En el presente estudio se examinan las diversas operaciones del beneficio del cacao en grano, como son: recolección, fermentación, desecación, almacenamiento, selección y clasificación, y la determinación de la calidad para que el producto final sea apropiado para el consumidor. También se examinan los varios principios tecnológicos que intervienen en la labor de experimentación efectuada en las estaciones y los laboratorios de investigación.

La exposición es, en general, de carácter técnico. Es de esperar que la información que se presenta aquí llegue al productor de cacao a través de los servicios nacionales de extensión. Las referencias incidentales que en el texto se hacen a fabricantes de ciertos aparatos no deben interpretarse en el sentido de que la FAO recomienda dichos aparatos con preferencias a otros.

Se dan las más expresivas gracias a las siguientes personas y entidades que de uno u otro modo han prestado su inapreciable concurso durante la preparación de esta publicación: Director de la Estación Agrícola Experimental, Surinam; Agricultural Drying System, San Mateo, California, Estados Unidos; British Food Manufacturing Industries Research Association; Cadbury Brothers Ltd.; Director del Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad; Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica; Kappa Moisture Meters Ltd., Maple Cross Industrial Estate, Rickmansworth, Inglaterra; Wm. McKinnon Co. Ltd., Aberdeen, Escocia; Marconi Instruments Ltd., St. Albans, Inglaterra; K.P. Mundinger G.m.b.H., Renningen-Württemberg, República Federal de Alemania; Nestlé Company, Vevey, Suiza; Scottish Mechanical Light Industries Ltd., Ayr, Escocia; Staples Printers, Ltd., Londres (sucesores de John Bale Sons, Curnow); Tyneside Foundry Engineering Co., Newcastle-on-Tyne, Inglaterra; Director del West African Cocoa Research Institute (WACRI), Tafo, Ghana; Woods of Colchester Ltd., Colchester, Inglaterra; Srta. E. Chatt; Sr. R.H. Kenten; Sr. C. Nussbaumer, Sr. D.H. Urquhart; Dr. Böle Biehl, Hamburg-Wandobek, República Fe-

deral de Alemania; Sr. M. van Bottenburg, Jefe de la Oficina de Documentación, Real Instituto Tropical, Amsterdam, Países Bajos; Sr. J.A. Freeman, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Infestation Control Laboratory, Surbiton, Inglaterra; Dr. D.W. Hall, Pest Infestation Laboratory, Department of Scientific and Industrial Research, Slough, Inglaterra; Dr. V.C. Quesnel, Imperial College of Tropical Agriculture, Faculties of Agriculture and Engineering, St. Augustine, Trinidad; y Dr. P.A. Roelofsen, Profesor en la Universidad Tecnológica, Laboratorio de Biología General y Técnica, Delft, Países Bajos.

INDICE

Preámbulo	v
Introducción	1
ANTECEDENTES HISTÓRICOS Y GEOGRÁFICOS.	1
ANTECEDENTES BOTÁNICOS	3
Clasificación	3
El fruto	7
Las semillas (granos)	11
Maduración del fruto	11
Influencia de la lluvia caída durante el período de maduración	13
CAMBIOS QUÍMICOS QUE OCURREN DURANTE LA MADURACIÓN. .	13
Pulpa	13
Granos	14
COMPOSICIÓN DE LA SEMILLA MADURA	15
Taninos (polifenoles)	15
Ácidos orgánicos	16
Azúcares	17
Aminoácidos	17
Proteínas	18
Purinas	19
1. Recolección, curado y rendimiento	20
RECOLECCIÓN	20
TRANSPORTE DE LOS GRANOS SIN FERMENTAR	24
INFLUENCIA DE LAS PLAGAS DE INSECTOS Y LAS ENFERMEDADES SOBRE LA CALIDAD	26

Rama turgente	26
Podredumbre negra de la mazorca	26
Escoba de bruja	27
Moniliasis	27
Mazorca harinosa	27
Podredumbre parda de la mazorca	28
Cápsidos, trips del cacao y cochinillas harinosas	28
APERTURA DE LAS MAZORCAS	28
Separación de la placenta	35
FERMENTACIÓN	35
MÉTODOS TRADICIONALES	36
Curado en plataformas de desecación	36
Fermentación en cestas	39
Fermentación en montones	39
Fermentación en cajas	39
DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS EMPLEADOS EN VARIOS PAÍSES	
PRODUCTORES	44
Ghana	45
Nigeria	45
Costa de Marfil	47
Brasil	49
Venezuela	49
Ecuador	51
República Dominicana	51
México	52
Costa Rica	52
Trinidad y Tabago	52
Granada	53
Ceilán	53
Nueva Guinea	54
FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FERMENTACIÓN	54
Duración	54
Falta de uniformidad de la velocidad de la fermentación en montones	56
Fermentación larga	57
Terminación de la fermentación	58

Magnitud, remoción y ventilación de la masa fermentante. . .	59
Muerte del grano	67
Efectos de las estaciones	70
Demora entre la recolección y la apertura de las mazorcas	72
Influencia de la madurez de la mazorca	73
RENDIMIENTO DESPUÉS DE LA FERMENTACIÓN Y LA DESECACIÓN	75
Variedad botánica	76
Duración de la fermentación	77
Efecto de las estaciones	77
Madurez de las mazorcas	77
Almacenamiento de las mazorcas	78
Magnitud de la masa fermentante	78
Humedad	78
2. Cambios que ocurren durante la fermentación	79
CAMBIOS QUE OCURREN EN LA PULPA	79
Fermentación microbiana	79
Levaduras	80
Bacterias	80
Cambios químicos	81
Variación del pH	81
Variación de la temperatura	82
Efecto del incremento de la temperatura	89
Temperatura óptima	89
CAMBIOS QUE OCURREN EN LOS COTILEDONES	90
Actividad de las enzimas	90
Desactivación de las enzimas	92
Cambios químicos	93
LOS POLIFENOLES Y LA CALIDAD	102
EVITACIÓN DE LA FORMACIÓN DE GRANOS PIZARROSOS Y PÚRPURA OSCURO	104
DESARROLLO DEL SABOR Y DEL AROMA DE CHOCOLATE	105
FUNCIÓN DE LA PULPA	108
Fermentación artificial	109

3. Otros aspectos de la fermentación	114
MÉTODOS NUEVOS	114
Método de la fermentación interrumpida	115
Método de la fermentación en bandejas	117
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE FERMENTACIÓN	119
Calidad del producto	125
Trabajos futuros	125
FERMENTACIÓN EN PEQUEÑA ESCALA	127
REFERMENTACIÓN	131
TRATAMIENTO CONSECUTIVO A LA FERMENTACIÓN	131
4. Desecación	133
DESECACIÓN NATURAL	133
DISPOSITIVOS EMPLEADOS PARA LA DESECACIÓN NATURAL EN VARIOS PAÍSES	136
Ghana	136
Costa de Marfil	139
Brasil	139
Venezuela	139
República Dominicana	139
Trinidad	140
Ceilán	140
DESECACIÓN ARTIFICIAL	140
COSTO DE LA DESECACIÓN	143
SECADORES NO MECÁNICOS	145
EL SECADOR DE TIPO SAMOA PARA CACAO.	146
Modo de construirlo	146
Funcionamiento	152
SECADORES MECÁNICOS	155

MODO DE CONOCER SI EL CACAO ESTÁ SECO	156
MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LOS GRANOS SOMETIDOS A LA DESECACIÓN	156
INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR LA HUMEDAD (higrómetros).	157
El higrómetro K.P.M. para cacao	158
El higrómetro Marconi	158
El higrómetro instantáneo ScotMec-Oxley	159
ASPECTOS QUÍMICO Y BIOQUÍMICO DE LA DESECACIÓN	160
TRATAMIENTO PREVIO A LA DESECACIÓN	164
Lavado	164
« Terraje »	165
Pisada	165
5. Almacenamiento	166
ATAQUE DE LOS HONGOS	166
ATAQUE DE LOS INSECTOS	171
<i>Cadra (Ephestia) cautella</i>	172
<i>Lasioderma serricorne</i>	172
<i>Aeracerus fasciculatus</i>	173
<i>Tribolium castaneum</i>	173
MEDIDAS PARA COMBATIR LOS INSECTOS	174
VARIACIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS PÚRPURA CON EL ALMACE- NAMIENTO	177
6. Selección y clasificación.	178
DESCRIPCIÓN DE LOS DEFECTOS DEL CACAO FERMENTADO Y SECADO	178
Mohos	178
Granos germinados	181
Infestación por los insectos	182
Granos pizarrosos	183

MÉTODO DE VALORACIÓN VISUAL DEL CACAO FERMENTADO (prueba del corte)	184
NORMAS PARA LA CLASIFICACIÓN DEL CACAO	184
RECOMENDACIONES DE LA FAO SOBRE LA CALIDAD Y LA CLASI- FICACIÓN	188
VALORACIÓN DE LA CALIDAD	194
Ensayo de la comparación por parejas	195
Ensayo triangular	195
Valoración de las características de sabor	196
7. Conclusiones generales	198
EXIGENCIAS DE LOS FABRICANTES	203
Glosario	205
Apéndices	206
A. ESTABLECIMIENTOS DE INVESTIGACIÓN DEL CACAO SITOS EN LOS TRÓPICOS	206
B. BIBLIOGRAFÍA RELATIVA A LOS MÉTODOS ANALÍTICOS APLICA- DOS AL CACAO	207
Bibliografía	208
Referencias suplementarias	218

LISTA DE LAS ILUSTRACIONES

Figura

1. Distribución geográfica del cultivo del cacao	2
2. Cacao bajo sombra natural	4
3. Una colección de mazorcas de cacao	5
4. Mazorca de Criollo en el árbol	6
5. Mazorca de Forastero (amelonado)	8
6. Sección longitudinal de una mazorca de Forastero (amelonado)	9
7. Sección transversal de una mazorca de Forastero (amelonado) que permite ver el modo en que los granos se unen a la pla- centa	10
8. Sección de una mazorca de cacao	10
9. Flor del cacao	12
10. Recolección de las mazorcas del cacao	21
11. Recolección de las mazorcas del cacao. Modo de desprender la mazorca del árbol	22
12. Podadera empleada para la recolección de las mazorcas del cacao	23
13. Una mula con las cestas en que se transporta el grano fresco	24
14. Transporte del cacao fresco en canoas en Brasil	25
15. Transporte del cacao fresco en vagones de ferrocarril en Costa Rica	25
16. Empleo del machete para abrir las mazorcas	30
17. Empleo del machete para abrir las mazorcas. Pueden verse las dos mitades de la cáscara antes de sacar los granos	30
18. Empleo del machete para abrir las mazorcas. En este caso se ha hundido demasiado el machete en la mazorca	31
19. Granos dañados por el machete al abrir la mazorca	31
20. Apertura de las mazorcas con un garrote	32
21. Apertura de las mazorcas con un garrote. Separado el ex- tremo distal, los granos y la placenta quedan adheridos al extremo proximal	32

Figura

22.	Apertura de las mazorcas con un garrote. Modo de extraer los granos	33
23.	Apertura de las mazorcas con un garrote. Casquete vacío con la placenta unida al extremo proximal	33
24.	Mesa donde se abren las mazorcas	34
25.	Mesa donde se abren las mazorcas. Cuña triangular empleada para la apertura	34
26.	Método tradicional de abrir las mazorcas en Ghana	37
27.	Máquina para abrir las mazorcas empleada en México.	37
28.	Aglomerados de granos	38
29.	Fermentación en cestas	38
30.	Fermentación en cestas. Cesta llena y cubierta	40
31.	Fermentación en montones. Base de estacas	40
32.	Fermentación en montones. Hojas sobre las que descansa el montón	41
33.	Fermentación en montones. Obrero haciendo los orificios de desagüe	41
34.	Fermentación en montones. Amontonamiento de los granos frescos sobre la base	42
35.	Fermentación en montones. Montón listo para la fermentación	42
36.	Cajas de fermentación.	43
37.	Cuadro de bambú para la fermentación del cacao empleado en Costa de Marfil	46
38.	Fermentación en barriles de vino en Costa de Marfil	47
39.	Cajas de fermentación, largas y de poco fondo, utilizadas en Brasil	48
40.	Llegada al lugar de fermentación de una reata de mulas con un cargamento de cacao fresco en Brasil	48
41.	Toya o vasija de fermentación utilizada en México	50
42.	Cajas de una nave de fermentación de la United Fruit Company en Costa Rica	50
43.	Mohos en la superficie de un montón de cacao sin remover	61
44.	Removiendo un montón de cacao en fermentación	61
45.	Mezcla en la fermentación en cajas por paso del grano de una a otra caja	65
46.	Variación del pH durante la fermentación	83

Figura

47.	Variación del pH en la superficie y en el centro de un montón de 275 Kg. durante la fermentación	84
48.	Variación del pH en la superficie y en el centro de un montón de 2.000 Kg. durante la fermentación	85
49.	Variación de la temperatura durante la fermentación.	86
50.	Variación de la temperatura durante la fermentación; montón de 10 Kg.	87
51.	Variación de la temperatura durante la fermentación; montón de 115 Kg.	87
52.	Variación de la temperatura durante la fermentación; montón de 227 Kg.	88
53.	Variación de la temperatura durante la fermentación; montón de 2.000 Kg.	88
54.	Variación del contenido de taninos solubles durante la fermentación	98
55.	Variación del contenido de constituyentes polifenólicos de los cotiledones durante la fermentación en un montón de 275 Kg. indicando las diferencias entre la superficie y el centro de la masa	100
56.	Variación del contenido de constituyentes polifenólicos de los cotiledones durante la fermentación en un montón de 2.000 Kg. indicando las diferencias entre la superficie y el centro de la masa	101
57.	Fermentación en bandejas. Bandeja, con el tabique divisorio móvil y una mitad llena, lista para ser apilada	118
58.	Fermentación en bandejas. Pila de 12 bandejas	120
59.	Fermentación en bandejas. Pila cubierta con sacos.	121
60.	Variación de la temperatura en una pila de 12 bandejas	122
61.	Variación de la temperatura durante una fermentación en una caja normal de fermentación	122
62.	Colocación de las bandejas de fermentación en los bastidores donde se ejecuta la desecación	123
63.	Sistema de desecación al sol combinado con fermentación en bandejas	124
64.	Sistema de desecación al sol combinado con fermentación en bandejas	124
65.	Barbacoas para la desecación empleadas por los agricultores en Ghana	134

Figura

66.	Obrero enrollando un zarzo para cubrir el grano	134
67.	Para proteger el grano de la lluvia se cubren con hojas de palmera los zarzos enrollados	135
68.	Bandejas movibles de desecación	135
69.	Vista aérea de un secadero en Brasil	137
70.	« Barcaca » típica donde se secan los granos al sol	137
71.	Secadero con cobertizos y bandejas deslizantes empleado en Brasil	138
72.	Bandejas de desecación utilizadas en los secadores de túnel en contracorriente en Surinam	138
73.	Condiciones físicas durante la desecación artificial	143
74.	Velocidad de la desecación durante la desecación artificial	144
75.	Secador « Estufa » en que se ve la disposición de las bandejas y las entradas para el aire en el fondo	147
76.	Bandejas de rejilla de un secador « Estufa » utilizado en Brasil	147
77.	Sección de un secador de aire caliente	148
78.	Uniendo varios bidones de petróleo para formar la chimenea de un secador de aire caliente	149
79.	Chimenea de un secador de aire caliente colocada en una trinchera ligeramente inclinada	149
80.	Unión de las ramas vertical y horizontal de la chimenea de un secador de aire caliente	150
81.	Plataforma de desecación de un secador de aire caliente	150
82.	Secador de aire caliente en que sólo faltan las paredes y el techo	151
83.	Regulador del tiro de la chimenea de un secador de aire caliente	151
84.	Secador de aire caliente terminado	152
85.	Secador Buttner	153
86.	Secador Sterling de cacao	154
87.	Higrómetro K.P.M.	159
88.	Higrómetro Marconi	161
89.	Higrómetro instantáneo ScotMec-Oxley	161
90.	Velocidad de pérdida de la humedad en el cacao fresco a diferentes humedades atmosféricas	168
91.	Curvas de equilibrio entre la humedad del cacao y la humedad relativa del aire	169
92.	Curvas de la absorción de la humedad por el cacao seco	170

Figura

93.	Materias extrañas halladas en los sacos de cacao a su llegada a los países consumidores	179
94.	Detritos hallados en los sacos de cacao a su llegada a los países consumidores	179
95.	Radícula atravesando la testa de un grano en germinación	180
96.	Orificio que deja la radícula en los granos secos y germinados al secarse y desprenderse	181
97.	Granos infestados por los insectos	182

Láminas

1.	Sección transversal de un montón de 900 Kg. al cabo de 48 horas, que permite apreciar el efecto superficial	62
2.	Sección transversal de un montón de 225 Kg. al cabo de 48 horas, que permite apreciar la mayor uniformidad . . .	62
3.	Sección transversal de un montón de 45 Kg. al cabo de 48 horas, que permite apreciar la casi completa uniformidad	63

INTRODUCCION

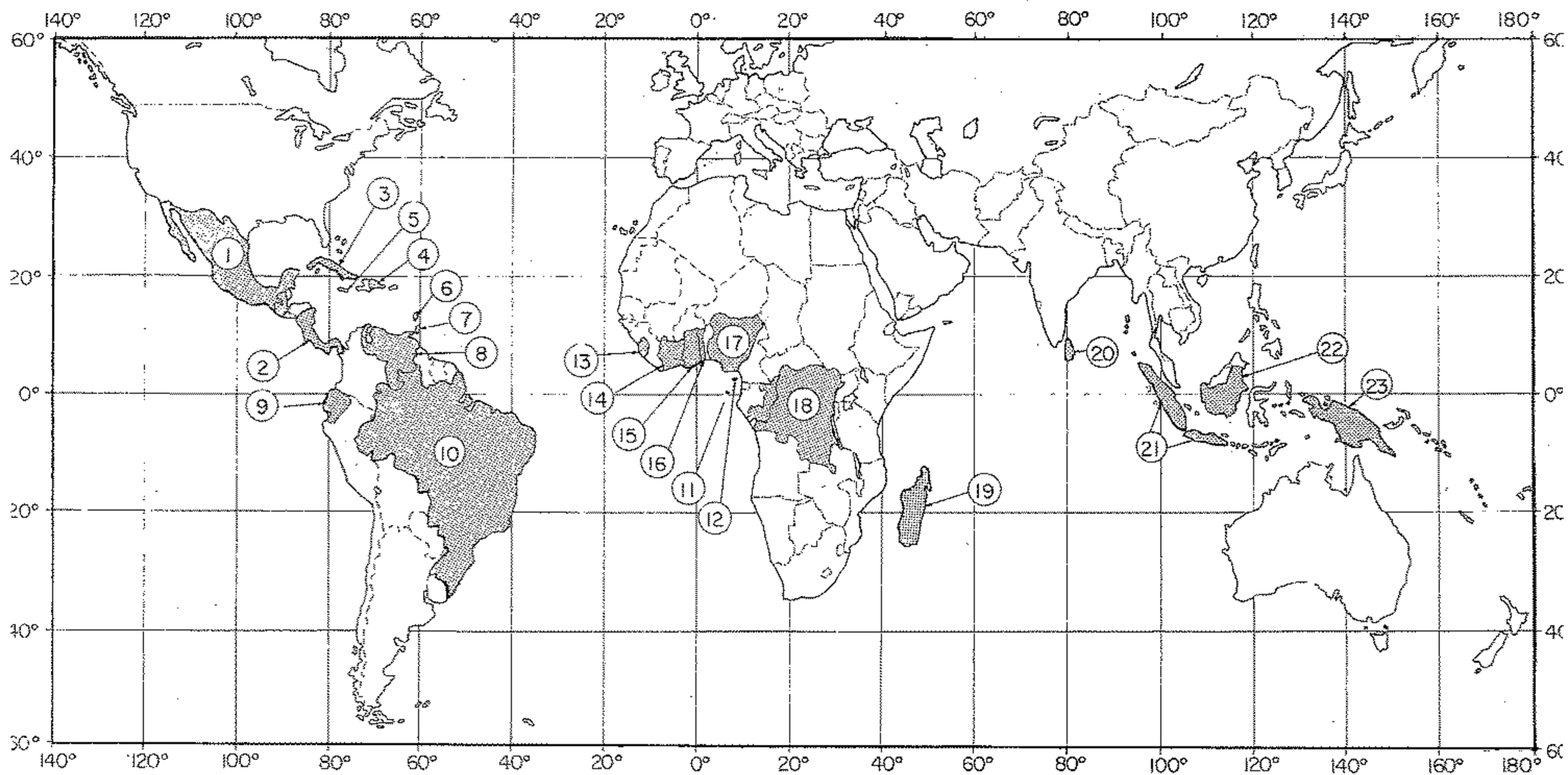
Antecedentes históricos y geográficos

El árbol del cacao, *Theobroma cacao* L., es indígena de América del Sur, creyéndose que los valles del Amazonas y del Orinoco fueron el centro de origen de esta planta. En estas regiones florecen variedades silvestres de cacao y es probable que de ellas derivasen otras que han conducido a la extensión del cultivo del cacao por muchos países donde esta planta era desconocida anteriormente. El cultivo del cacao por los aztecas de México se hallaba bastante adelantado cuando los españoles llegaron por vez primera a este país, siendo muchos los autores que han descrito la predilección de Moctezuma por el chocolate, bebida aromática preparada con las habas o granos secos de cacao. Los conquistadores españoles de América del Sur no sólo trajeron consigo a Europa el cacao, sino que introdujeron también esta planta en Fernando Póo en el siglo XVII, estableciendo así las bases de la economía futura de muchos países del oeste africano. En 1879 se introdujo el cacao en Costa de Oro (hoy Ghana) y a fines del siglo XIX, en el Camerún y en el Congo (Leopoldville). De entonces acá, la producción ha aumentado mucho en Africa occidental, y el cultivo se ha extendido más hacia el este, continuando actualmente la exploración de nuevas áreas de cultivo.

Chambers (1931) ha representado gráficamente las vías por las que el cacao se propagó desde su doble centro de origen: (1) la parte oriental de los Andes que incluye los valles del Orinoco y el Amazonas, y (2) la parte occidental de la misma cordillera.

A continuación se indican los países productores más importantes y se da una cierta idea del modo en que el árbol del cacao se ha propagado desde su centro de origen (véase también la Figura 1):

América	Brasil, México, Costa Rica, Ecuador, Venezuela
Indias Occidentales	Trinidad y Tabago, República Dominicana, Granada



1. México, 2. América Central, 3. Cuba, 4. República Dominicana, 5. Jamaica, 6. Granada, 7. Trinidad, 8. Venezuela, 9. Ecuador, 10. Brasil, 11. Santo Tomé, 12. Fernando Póo, 13. Sierra Leona, 14. Costa de Marfil, 15. Ghana, 16. Togo, 17. Nigeria, 18. Congo (Leopoldville), 19. Madagascar, 20. Ceilán, 21. Indonesia, 22. Borneo, 23. Nueva Guinea.

FIGURA 1. Distribución geográfica del cultivo del cacao.



FIGURA 2. Cacao bajo sombra natural.



FIGURA 3. Una colección de mazorcas de cacao. En último término, mazorcas de clones I.C.S. (Trinidad). En el centro, mazorcas de distintas formas y dimensiones procedentes de una plantación de Trinidad. En primer plano, mazorcas de calabacillo y de angoleta.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)



FIGURA 4. Mazorca de criollo en el árbol.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

oscuro, fue clasificado por Hart (1911) en un grupo aparte. Cheesman (1944) simplificó la clasificación prescindiendo de las distinciones basadas sobre la forma de la mazorca y rechazando por inaceptable la subdivisión del grupo forastero en los subgrupos angoleta, cundeamor, amelonado y calabacillo. En lugar de ella propuso la clasificación siguiente:

Criollo	Criollos centroamericanos
	Criollos sudamericanos
Forastero	Forasteros amazónicos
	Trinitarios

Cheesman presumía la existencia de una relación entre los grupos, por la cual el cruzamiento de los criollos americanos con los forasteros amazónicos da origen a los trinitarios, que son desconocidos en estado silvestre. Las denominaciones « forastero » y « criollo » se emplean actualmente de modo tan poco preciso que se ha sugerido (*Revue internationale du chocolat*, 1950) suprimirlas completamente y describir los cacaos nuevos sencillamente por el número de clones. Urquhart (1961) ha propuesto una clasificación comercial en los tres grupos principales siguientes:

1. Criollos, los mejores de todos, aun cuando su cantidad es inapreciable;
2. Forasteros selectos, en que se incluyen los cacaos de Ecuador y Trinidad y los cultivados en Venezuela, Ceilán e Indonesia a partir de material original de Trinidad;
3. Forasteros ordinarios de Africa occidental y Brasil.

Aunque los cacaos de Africa occidental se agrupan juntos, difieren, no obstante, en cuanto a la calidad, a consecuencia de los diferentes métodos de preparación utilizados.

EL FRUTO

El fruto maduro o mazorca consiste en una cáscara relativamente gruesa que encierra unas 30 a 40 semillas sumergidas en una pulpa mucilaginoso (Figuras 5, 6, 7 y 8). La forma y el aspecto de la mazorca varían según el tipo del cacao. Los criollos sudamericanos tienen una mazorca roja o amarilla de ápice apuntado. La cáscara de la mazorca es averrugada y está cruzada por surcos profundos y superficiales alternos. Las semillas son blancas o de color púrpura muy pálido. Los criollos centroamericanos se caracterizan por sus mazorcas asimétricas y sus

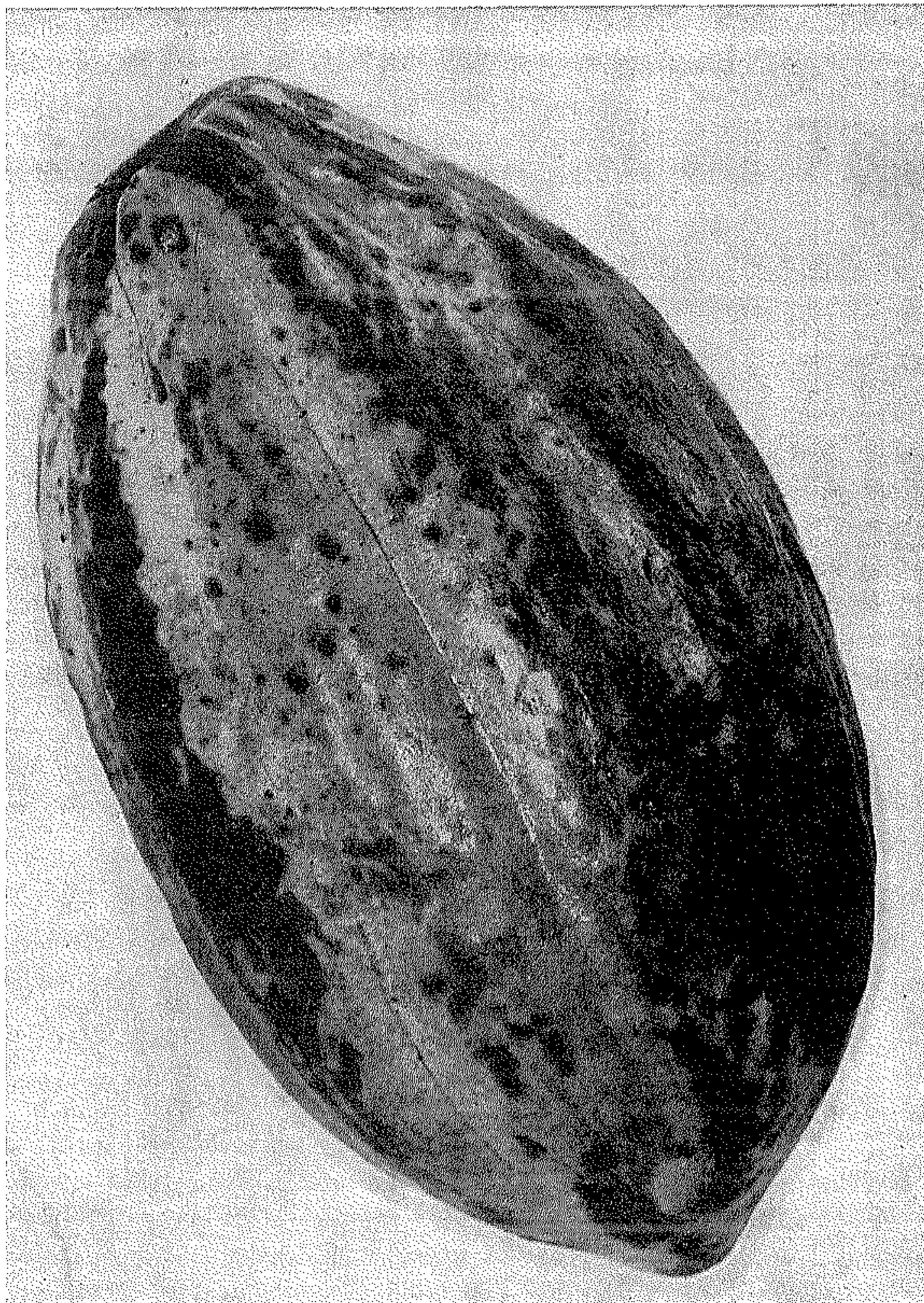


FIGURA 5. Mazorca de forastero (amelonado).
(Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)

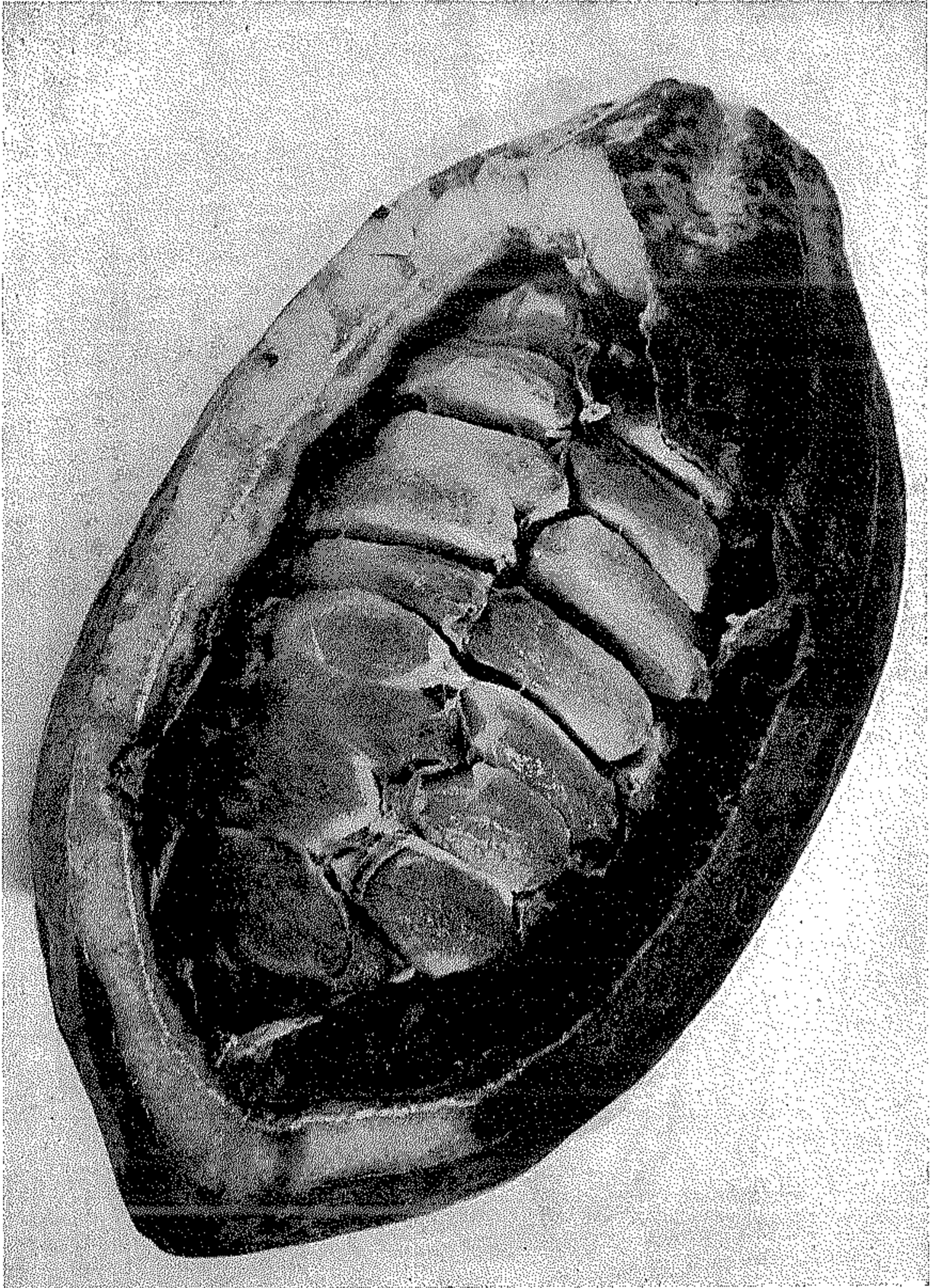


FIGURA 6. Sección longitudinal de una mazorca de forastero (amelonado).
(Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)

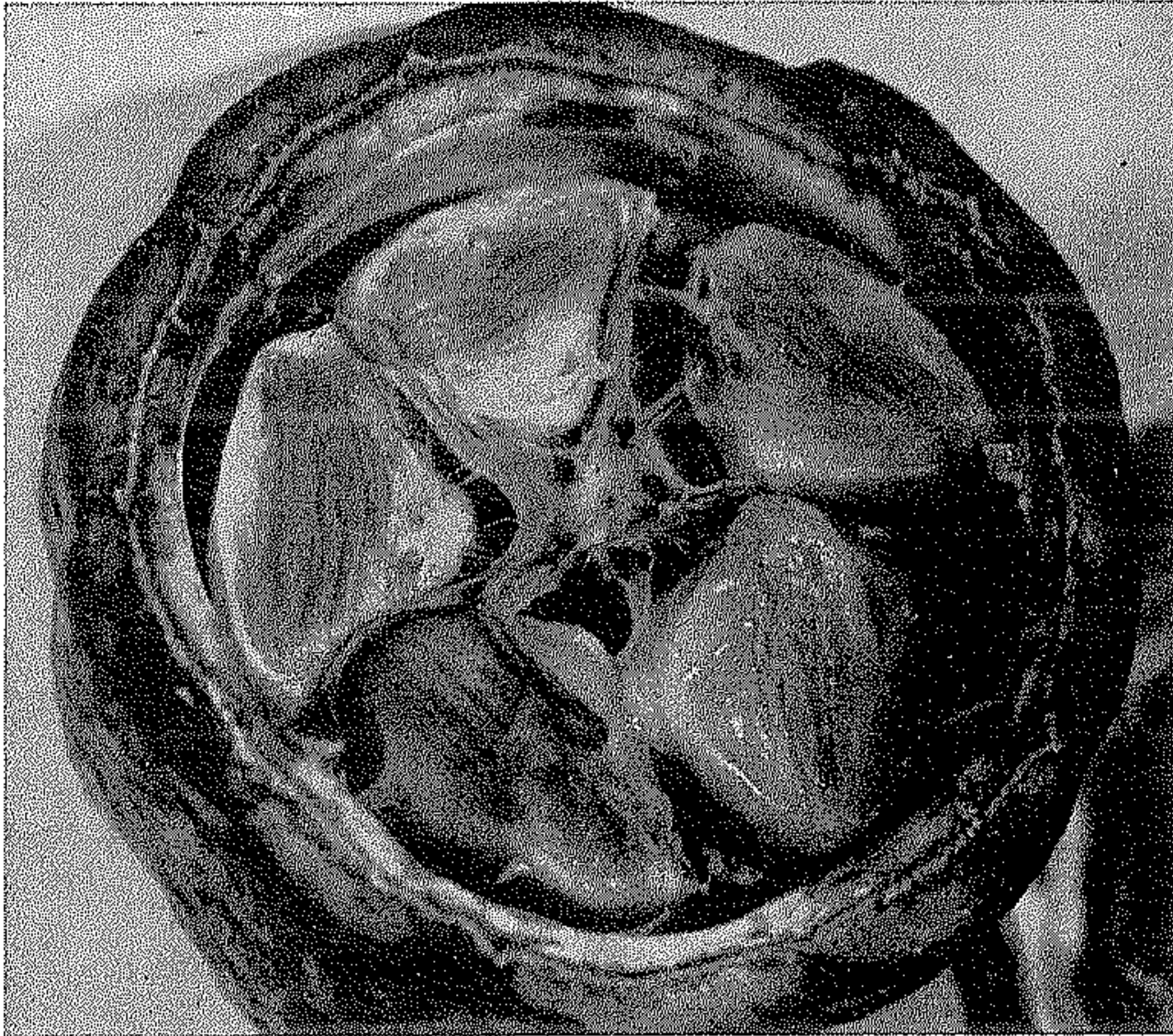


FIGURA 7. Sección transversal de una mazorca de forastero (amelonado).
(Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)

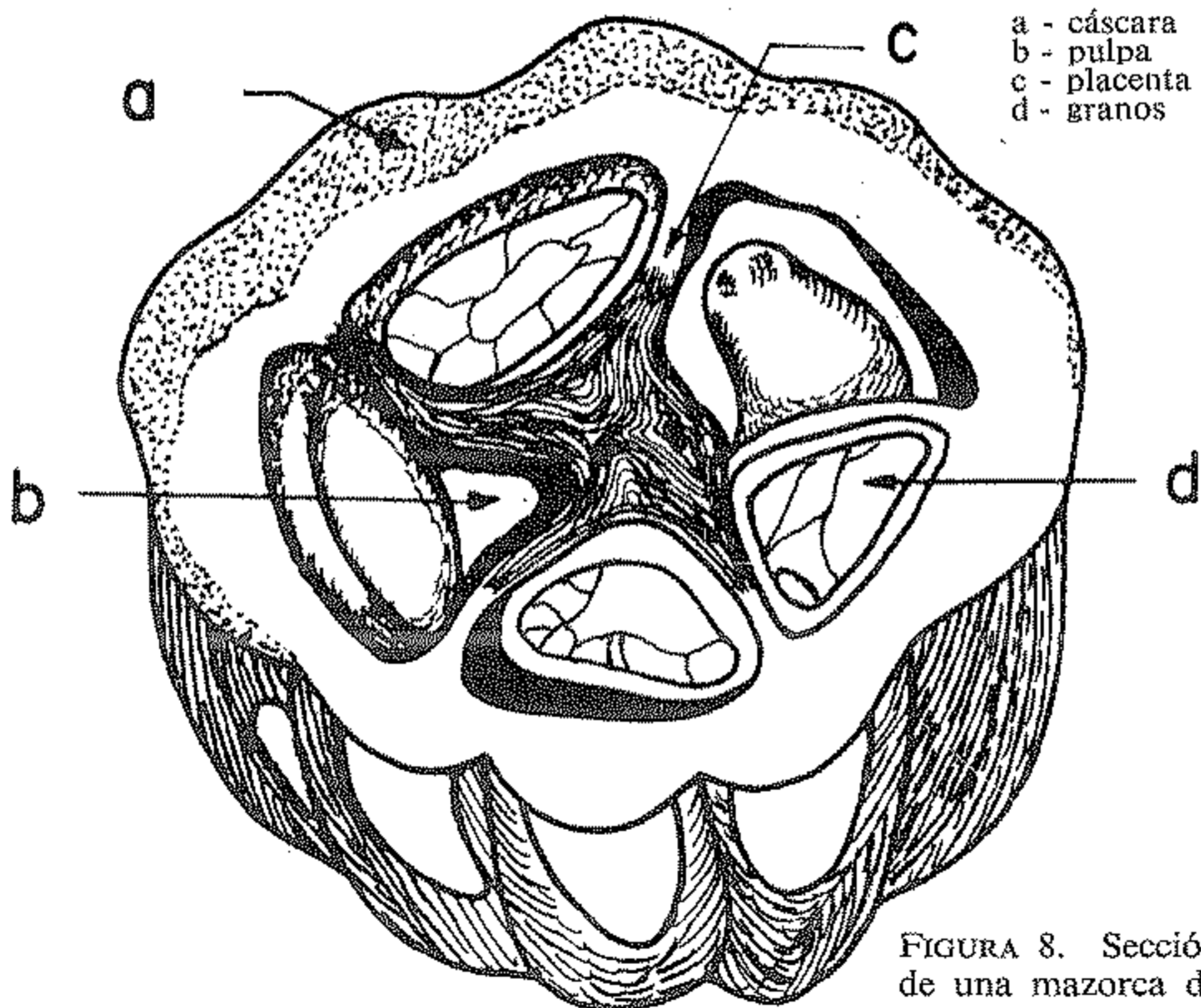


FIGURA 8. Sección de una mazorca de cacao.

semillas grandes. Los forasteros se diferencian de los criollos en el color rojo oscuro de los cotiledones. Hay por lo menos cuatro tipos diferentes: angoleta, cundeamor, amelonado y calabacillo, que difieren sobre todo en la forma de las mazorcas y en la presencia o ausencia de surcos y arrugas.

LAS SEMILLAS (GRANOS)

Roelofsen (1958) ha hecho una descripción excelente de la anatomía del grano del cacao. Por lo que a la fermentación se refiere, sólo interesan las dos partes más visibles de la semilla: la cubierta (testa) y la almendra (cotiledones). En el proceso de la fermentación lo que tiene importancia es la almendra, porque es en ella donde se originan el sabor y el aroma característicos del cacao. Rodeando los cotiledones y cubriendo sus pliegues hay una membrana denominada endospermo que, según algunos, desempeña un cierto papel en la producción del sabor.

MADURACIÓN DEL FRUTO

A los 14 días de la polinización de la flor del cacao cuaja el fruto. En el Cuadro 1, en que se resumen los resultados de un detenido estudio de Humphries (1943), se indican los cambios que ocurren en las características físicas de la mazorca durante la maduración (Figura 9).

CUADRO 1. - VALORES MEDIOS DE LA LONGITUD DE LA MAZORCA DE CACAO Y DE SU PESO EN SECO DURANTE EL DESARROLLO

Edad (días)	Longitud (cm.)	Peso en húmedo de la			Peso en seco de la	
		mazorca	cáscara	pulpa	cáscara	pulpa
		Gramos				
18	1- 1,9	0,18	(0,18)	—	0,37	—
32	3- 3,9	2,30	2,13	0,17	0,43	0,022
46	5- 5,9	8,11	7,33	0,80	1,26	0,095
63	8- 8,9	29,20	25,85	3,36	4,36	0,369
73	10-10,9	54,70	46,37	8,33	6,75	0,768
87	13-13,9	156,10	117,65	38,45	15,69	3,640
107	16-16,9	346,00	248,60	97,40	34,50	18,940
143	18-18,9	478,40	356,00	122,40	49,15	26,710
170	18-18,9	496,30	378,5	117,80	50,65	43,250

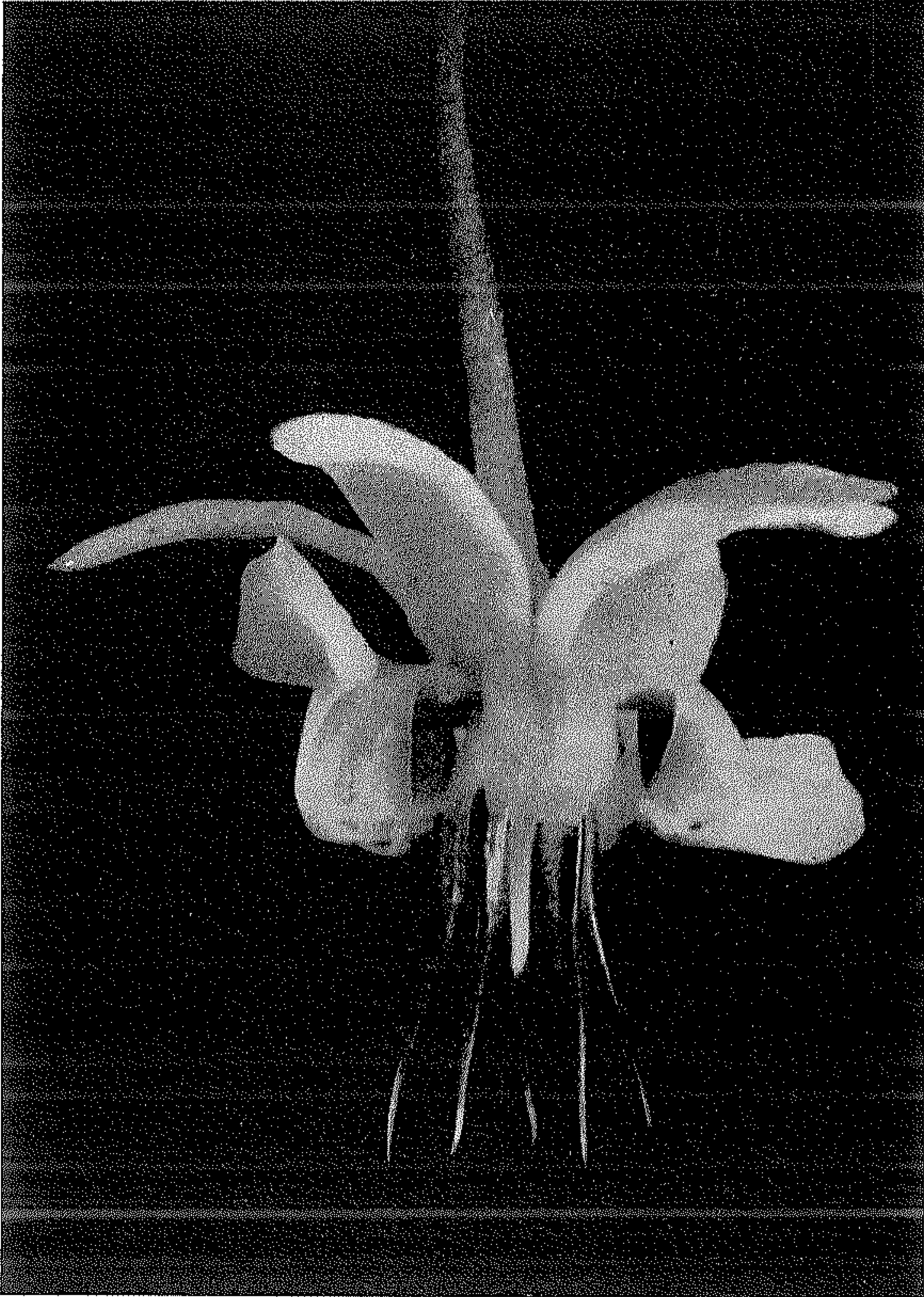


FIGURA 9. Flor del cacao.
(Foto facilitada por el West African Cocoa Research Institute)

La mazorca alcanza su pleno desarrollo a los 143 días, comienza entonces a madurar, y al cabo de 170 días llega a la madurez, lo cual se conoce por el color de la cáscara (Humphries, 1944a).

INFLUENCIA DE LA LLUVIA CAÍDA DURANTE EL PERÍODO DE MADURACIÓN

Humphries (1941) ha efectuado investigaciones durante 26 meses para determinar el efecto de la lluvia sobre el rendimiento de cacao fresco por mazorca. El análisis de los resultados de estas investigaciones reveló la existencia de una relación entre la lluvia y el rendimiento, según se resume en el Cuadro 2.

CUADRO 2. - EFECTO DE LA LLUVIA CAÍDA DURANTE EL PERÍODO DE MADURACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE CACAO FRESCO

Lluvia (cm.)	Rendimiento de cacao fresco/mazorca (g.)
25	92,2
25-51	99,2
51-76	102,1
76-102	97,8
102-127	110,6
127	103,5

Cambios químicos que ocurren durante la maduración

PULPA

La pulpa que cubre el grano del cacao consiste principalmente en agua. Nicholls (1913) dio el siguiente análisis medio: (Cuadro 3).

Como la composición de la pulpa tiene importancia en la fermentación, los resultados obtenidos por Humphries (1943) en un estudio de los cambios producidos en los hidratos de carbono en la pulpa durante la maduración son de interés inmediato (Cuadro 4).

La formación de azúcares en la pulpa en los 27 días últimos de la maduración subraya la necesidad de recolectar sólo las mazorcas maduras para la fermentación siguiente que, en cierta medida, depende de estos compuestos. MacLean y Wickens (1953) confirmaron que los resultados obtenidos por Humphries con cacao de Trinidad son válidos también

CUADRO 3. - COMPOSICIÓN DE LA PULPA DE CACAO

Componente	Porcentaje medio
Agua	80-90
Albuminoides, astringentes, etc.	0,5-0,7
Glucosa	8,13
Sacarosa	0,4-1,0
Almidón	indicios
Acidos no volátiles (expresados en ácido tartárico)	0,2-0,4
Oxido de hierro	0,03
Sales (de potasio, sodio, calcio y magnesio)	0,4-0,45
Acidos volátiles	nada
Alcohol	nada

CUADRO 4. - SUSTANCIAS SOLUBLES EN EL ALCOHOL, AZÚCARES Y GLUCOSA GLICOSÍDICA CONTENIDAS EN LA PULPA EN DIFERENTES FASES DEL DESARROLLO DEL FRUTO DEL CACAO

Edad del fruto (días)	Sustancias solubles en el alcohol	Glucosa	Fructuosa	Sacarosa	Glucosa glicosídica
	<i>Porcentaje</i>				
25	5,39	1,17	0,71	nada	nada
46	4,65	0,82	0,50	nada	0,03
57	5,05	0,97	0,89	nada	0,07
73	4,85	0,82	0,78	0,05	0,12
87	4,61	0,67	1,21	0,51	0,14
107	6,09	0,55	0,82	0,88	0,50
143	6,46	0,64	0,66	1,56	0,38
170	9,68	1,09	1,06	2,90	0,73

para el cacao del Africa occidental, cuya pulpa sin madurar contiene una concentración notablemente inferior de azúcares reductores. Saposhnikova (1952) estableció una relación análoga en el caso del cacao de Venezuela y observó que el pH de la pulpa disminuye desde entre 4,0 y 5,0 en las mazorcas verdes hasta 3,5 en las maduras.

GRANOS

Taninos

MacDonald (1936) observó una producción máxima de taninos en los cacaos forastero y criollo cuando la madurez era de 75 por ciento. Duthie

(1938) investigó el contenido de taninos de grano de cacao en diferentes fases de madurez y encontró un incremento notable desde los granos insuficientemente maduros a los completamente maduros, pero no halló variación importante con la sobremaduración.

Hidratos de carbono

Saposhnikova (1952) demostró que los granos verdes tienen un bajo contenido de sacáridos y que durante la maduración la concentración de polisacáridos y sacarosa aumenta, en tanto que la de azúcares reductores disminuye.

Grasas

En general, en las semillas verdes predominan al principio los ácidos grasos libres y, a medida que progresa la maduración, aumenta la proporción de ácidos insaturados (Hilditch, 1948). La formación de grasas neutras se produce en una fase relativamente tardía de la maduración. Haworth (1953) determinó los componentes grasos y nitrogenados de granos de árboles de edades diferentes, pero los resultados no revelaron ninguna correlación.

Composición de la semilla madura

El grano de cacao consiste esencialmente en una cubierta, cutícula o cáscara (testa) que representa del 10 al 14 por ciento del peso en seco, y la almendra (cotiledones) que representa casi todo el 86 a 90 por ciento restante. Es la almendra lo que se utiliza en la fabricación del cacao y del chocolate; la cáscara tiene poco valor. La constitución de los cotiledones es, pues, de más importancia que la de la cáscara y tiene considerable relación con el sabor y el aroma característicos del chocolate.

TANINOS (POLIFENOLES)

Roelofsen (1958) ha hecho un estudio excelente de estos compuestos y ha indicado que muchos de los métodos antiguos de determinación daban resultados diversos por emplearse métodos diferentes de extracción y precipitación. Hallas y Wight (1939), utilizando una modificación del método descrito por Duthie (1938), encontraron 18 por ciento de taninos solubles en acetona al 40 por ciento en granos frescos y desgra-

sados, y 11 por ciento de taninos insolubles o « más condensados » en el residuo, es decir, un total de 29 por ciento de taninos. Posteriormente, Forsyth (1955) separó, por cromatografía sobre papel, los polifenoles solubles y encontró, en los granos frescos, secos y desgrasados, nueve polifenoles que representaban alrededor de 18 por ciento de la masa. Swain (1954) tabuló de forma clara los resultados de Hallas y Wight (1939) y Forsyth, presentando un cuadro útil de la composición de los taninos (Cuadro 5). Las propiedades de los taninos menos solubles son desconocidas en su mayoría, pero la fracción más soluble tiene sabor astringente.

CUADRO 5. - COMPUESTOS POLIFENÓLICOS DEL CACAO FORASTERO FRESCO

Fracción	Compuesto	Porcentaje aproximado	
		Taninos totales	Grano desgrasado
Taninos totales	—	100	30
Taninos condensados	—	40	12
Taninos solubles	—	60	18
(—) Epicatequina	(—) epicatequina	26	8
Catequinas secundarias	(+)-catequina		
	(+)-galocatequina		
	(—)-epigalocatequina	3,5	1
Antocianinas	3-beta-D-galactosidil- 3-alfa-L-arabinosidil- cianinas	1,7	0,5
Leucoantocianinas	Leucoantocianinas	20	6

Por lo que respecta a la estructura, véase Forsyth y colaboradores (1960) y Griffiths (1960); Swain (1954), adaptado de Hallas y Wight (1939) y Forsyth (1955).

ACIDOS ORGÁNICOS

La naturaleza exacta de los ácidos presentes en el grano del cacao es todavía conjetural, no obstante haberse ocupado muchos investigadores de esta cuestión. Fincke (1936) indicó la presencia de los ácidos málico, tartárico y oxálico, y Mosimann (1947a) encontró, además de los descritos por Fincke, los ácidos cítrico y acético. Kaden (1955) confirmó la presencia de ácido cítrico en una variedad de cacao, pero no pudo identificar los ácidos tartárico, málico o láctico. Mosimann (1947) estimó los ácidos presentes en granos frescos secados al aire procedentes de diversos países. Sus resultados se presentan en el Cuadro 6.

CUADRO 6. - ACIDOS ORGÁNICOS EN 100 G. DE GRANOS FRESCOS SECADOS AL AIRE

Acido	Bahía	Trinidad	Arriba	Puerto Cabello	Java	Accra	Santo Tomé
 Porcentaje						
Acético	0,44	0,35	0,40	0,19	0,39	0,24	0,71
Cítrico	0,45	0,55	0,57	0,66	0,75	0,54	0,46
Oxálico	0,34	0,32	0,45	0,44	0,50	0,36	0,35

Es lástima que se haya prestado relativamente poca atención a este asunto, pues un estudio cuidadoso de los ácidos contenidos en el grano fresco y en el fermentado podría suministrar datos valiosos acerca del mecanismo de la fermentación, y una investigación comparativa de los ácidos presentes en diversos cacaos los proporcionaría igualmente a propósito de las características de sabor.

El análisis completo más reciente de granos frescos de cacao es el de Knapp y Churchman (1937), que se reproduce en el Cuadro 7.

AZÚCARES

Thaler (1954) y Diemair (1958, 1959) han identificado glucosa, fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa en los cotiledones del grano de cacao, y Cerbulis (1954, 1955) refiere la presencia de glicerina libre y, además, de varios polisacáridos.

AMINOÁCIDOS

De Witt (1957) encontró en cacao fresco de Trinidad los nueve aminoácidos libres siguientes: ácido aspártico, ácido glutámico, asparagina, glutamina, alanina, prolina, ácido alfa-aminobutírico, valina y leucina. Biehl (1961) observó que en el cacao uniforme de Brasil (Pará, Maranhão y Trinitano) el número y la cantidad de los aminoácidos libres eran pequeños y que predominaban los ácidos glutámico y aspártico. Más adelante se describe cómo se ha visto que los aminoácidos aumentan en número y cantidad durante la fermentación. Schormüller y Winter (1959) describieron posteriormente la presencia de seis de estos aminoácidos en cacaos sin fermentar de Accra y Bahía, a saber: ácido aspártico, ácido glutámico, prolina, alanina, valina y leucina. Se han obtenido más aminoácidos por hidrólisis del cacao que derivan de las proteínas.

CUADRO 7. - ANÁLISIS DE UN CACAO SIN FERMENTAR DE ÁFRICA OCCIDENTAL

Constituyente	Granos secos	Granos desgrasados
 <i>Porcentaje</i>	
Cotiledones	89,60	—
Cáscara	9,63	—
Germen	0,77	—
Grasa	53,05	—
Agua	3,65	—
Cenizas (total)	2,63	6,07
Nitrógeno:		
Total	2,28	5,27
Proteínico	1,50	3,46
Amónico	0,028	0,065
Amídico	0,188	0,434
Como teobromina	1,71	3,95
Como cafeína	0,085	0,196
Hidratos de carbono:		
Glucosa	nada	nada
Sacarosa	6,10	14,09
Almidón	2,25	5,20
Pectinas	2,09	4,83
Fibras	1,92	4,43
Celulosa	1,27	2,93
Pentosanos	0,38	0,88
Mucílagos y gomas	7,54	17,43
Taninos		
Acidos:		
Acético (libre)	0,014	0,032
Oxálico	0,29	0,67

PROTEÍNAS

Niepage (1961) revisa los trabajos realizados anteriormente sobre las proteínas del cacao a título de introducción a la presentación de los resultados de su conocido estudio sobre esta materia. Los factores importantes que destacan de los últimos trabajos pueden resumirse como sigue:

1. Las proteínas del cacao se hallan combinadas con taninos y no pueden separarse de éstos.

2. En un cacao bien fermentado de Accra los porcentajes de las distintas proteínas, con relación al total de éstas, eran los siguientes:

albúmina	31,7
globulina	3,1
prolamina	8,3
glutamina	13,5
residuos	43,6

3. Un cacao de Bahía contiene sólo 2,5 por ciento del total de aminoácidos en estado libres.

PURINAS

El grano de cacao contiene cafeína y teobromina. Englis y Miles (1954) han revisado detenidamente los métodos de reconocimiento de dichos compuestos. Las cantidades de los mismos parece que varían con el tipo de cacao (Wadsworth, 1922), pero no mucho. Por ejemplo, se ha visto que el cacao de Ghana contiene 0,196 por ciento de cafeína y 3,95 por ciento de teobromina en los cotiledones secos, desgrasados (Knapp, 1937). Más adelante, se describen las variaciones de estos compuestos durante la fermentación; dichos compuestos, aunque son sustancias amargas, es dudoso que contribuyan al desarrollo de sabor. Weevers (1930) ha señalado que la función de las xantinas en el metabolismo vegetal es servir de fuente de nitrógeno de reserva para la síntesis de las proteínas. Se ha observado un incremento continuo de la concentración hasta la maduración de las semillas, seguido de una disminución rápida durante la germinación. Sin embargo, estos cambios no se han estudiado para el cacao.

1. RECOLECCION, CURADO Y RENDIMIENTO

Recolección

Cuando las mazorcas están maduras, lo que generalmente se aprecia por su color externo, se arrancan del árbol (Figuras 10 y 11) y se amontonan para llevarlas luego al lugar de fermentación y desecación. En el cultivo en pequeña escala, el tratamiento se efectúa comúnmente cerca de los poblados, que a menudo constan de sólo una o dos viviendas primitivas. Es frecuente que haya muchos de estos poblados diseminados en una comarca pequeña, especialmente en los países donde la propiedad está muy repartida. En el cultivo en plantaciones grandes existe un lugar central de fermentación al que se llevan para su tratamiento las mazorcas o a veces los granos frescos.

Normalmente, se utiliza un cuchillo o un machete para separar la mazorca del árbol, pero existen también unos ganchos largos o podaderas especiales para arrancar las mazorcas de la parte más alta del árbol (Figura 12).

Hay que tener cuidado de no dañar la mazorca al arrancarla del árbol y, lo que es más importante, que éste no sufra daños. Normalmente se recomienda que sólo se recojan las mazorcas maduras. Las ventajas de la recolección de mazorcas uniformemente maduras se aprecia después en la fermentación. La influencia de la madurez sobre el proceso de la fermentación se estudia detalladamente más adelante.

Para lograr la uniformidad de madurez, es necesario observar una frecuencia de recolección desconocida en las explotaciones pequeñas; en Ghana, por ejemplo, las mazorcas se cogen a intervalos superiores a las tres semanas recomendadas (Hammond, 1953). Según este mismo autor, la mayoría de los agricultores recolectan a intervalos mucho mayores y frecuentemente se desatienden las granjas alejadas, por lo que la recolección se puede considerar fortuita. Según Knapp (1934), sólo se practican tres recogidas o picadas por cosecha y esto es aplicable a muchos distritos de este país.



FIGURA 10. Recolección de las mazorcas del cacao.
(Foto facilitada por R.H. Kenten, del West African Cocoa Research Institute)



FIGURA 11. Recolección de las mazorcas del cacao. Modo de desprender la mazorca del árbol.

(Foto facilitada por R.H. Kenten)

En Nigeria, se disminuye la frecuencia de la recolección para compensar el gasto de mano de obra y muchas de las mazorcas quedan sobremaduras (Gibberd, 1953). Para evitar que sea demasiado grande el número de mazorcas que maduren excesivamente antes de la picada siguiente, se cosechan también mazorcas insuficientemente maduras, que se pueden madurar exponiéndolas al calor solar durante varios días (Roe-

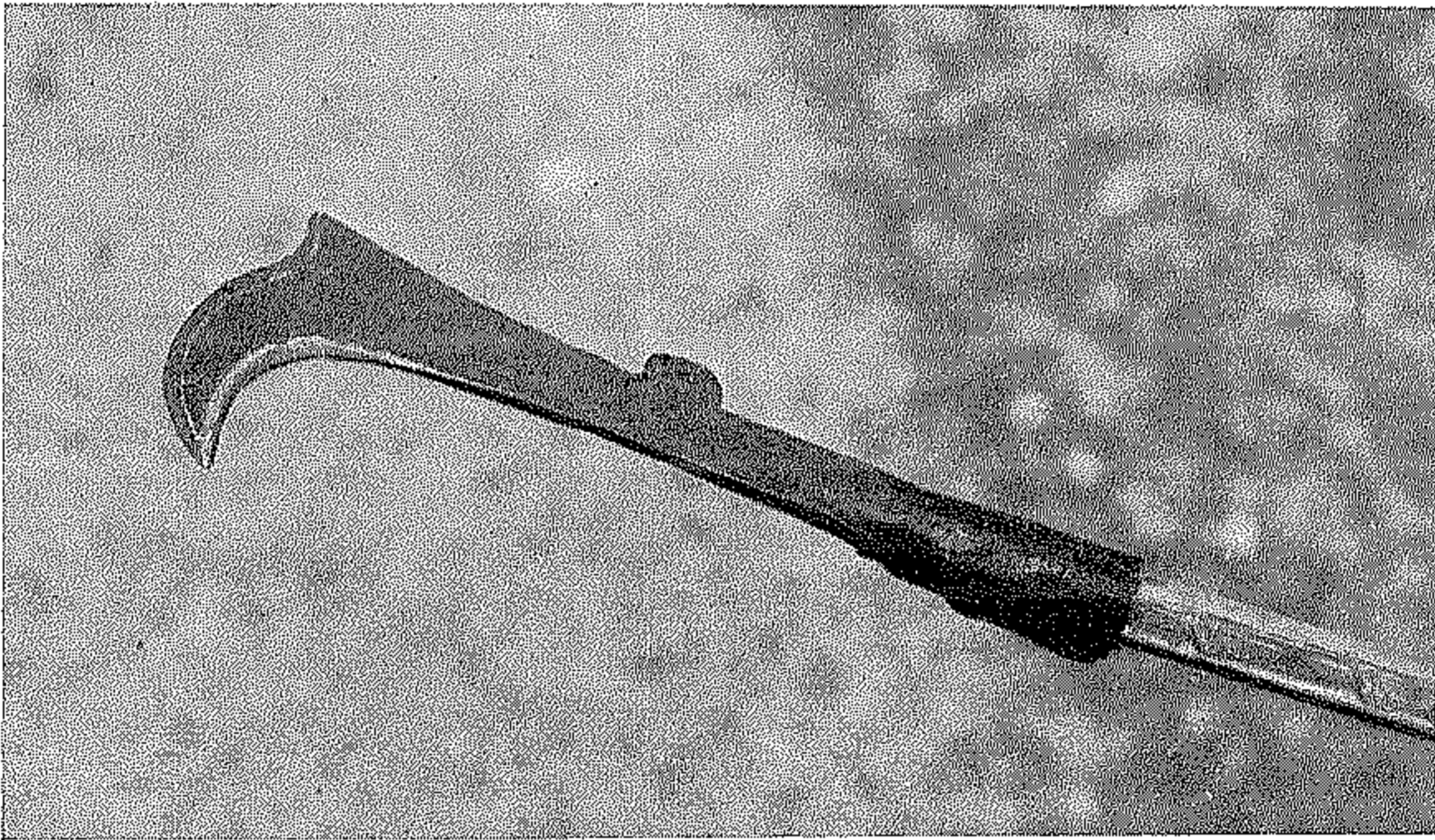


FIGURA 12. Podadera empleada para la recolección de las mazorcas del cacao.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)

lofsen, 1961). Más adelante, se verá la influencia adversa que esta costumbre tiene sobre la fermentación y sobre el rendimiento.

Es fundamental cosechar en cada vuelta las mazorcas enfermas que deben separarse luego. Este procedimiento sirve para disminuir el riesgo de enfermedades de la mazorca, que de otro modo se producirían si se dejasen tales mazorcas en el árbol, donde se convertirían en fuentes de infección. Además, cuanto más tiempo permanece una mazorca sana en el árbol, una vez madura, mayor es el riesgo de que se infecte, y un modo de reducir la posibilidad de producción de la podredumbre negra de la mazorca, por ejemplo, es efectuando frecuentes recogidas. Hay mazorcas completamente pardas que pueden contener granos sanos, los cuales se pueden agregar a los de las mazorcas sanas. Cuando una mazorca está muy infectada, los granos y la pulpa tienen generalmente un color pardo y, después de la fermentación, los granos son casi negros. En el West African Cocoa Research Institute se emplea un sistema que consiste en recolectar a intervalos regulares de diez días; las mazorcas se llevan inmediatamente al punto central de fermentación y se apartan las mazorcas enfermas. El contenido de estas mazorcas se fermenta por separado, obteniéndose un material de calidad inferior que se vende como tal. Esta

sencilla práctica ha conducido a un notable mejoramiento de la calidad general. En Java (Indonesia) las mazorcas se abren en la plantación y las cáscaras se transforman en ésta en composte (Roelofsen, 1961).

Transporte de los granos sin fermentar

Lo normal es transportar las mazorcas, y no los granos frescos, al punto de fermentación, pues toda demora en el traslado de los granos frescos puede traducirse en pérdidas por exudación y en una fermentación prematura. En el distrito brasileño de Bahía no es infrecuente el transporte de los granos frescos en mulas o en canoas al punto central de fermentación y, como este transporte lleva cierto tiempo, el capataz que vigila la fermentación debe averiguar en qué punto se halla la fermentación del cacao en el momento que él lo recibe (Figuras 13, 14 y 15).

Donde existen instalaciones centrales de fermentación, que compran el grano fresco a los agricultores locales, o donde funcionan instalaciones cooperativas de fermentación, el transporte del cacao fresco plantea los



FIGURA 13. Una mula con las cestas en que se transporta el grano fresco.

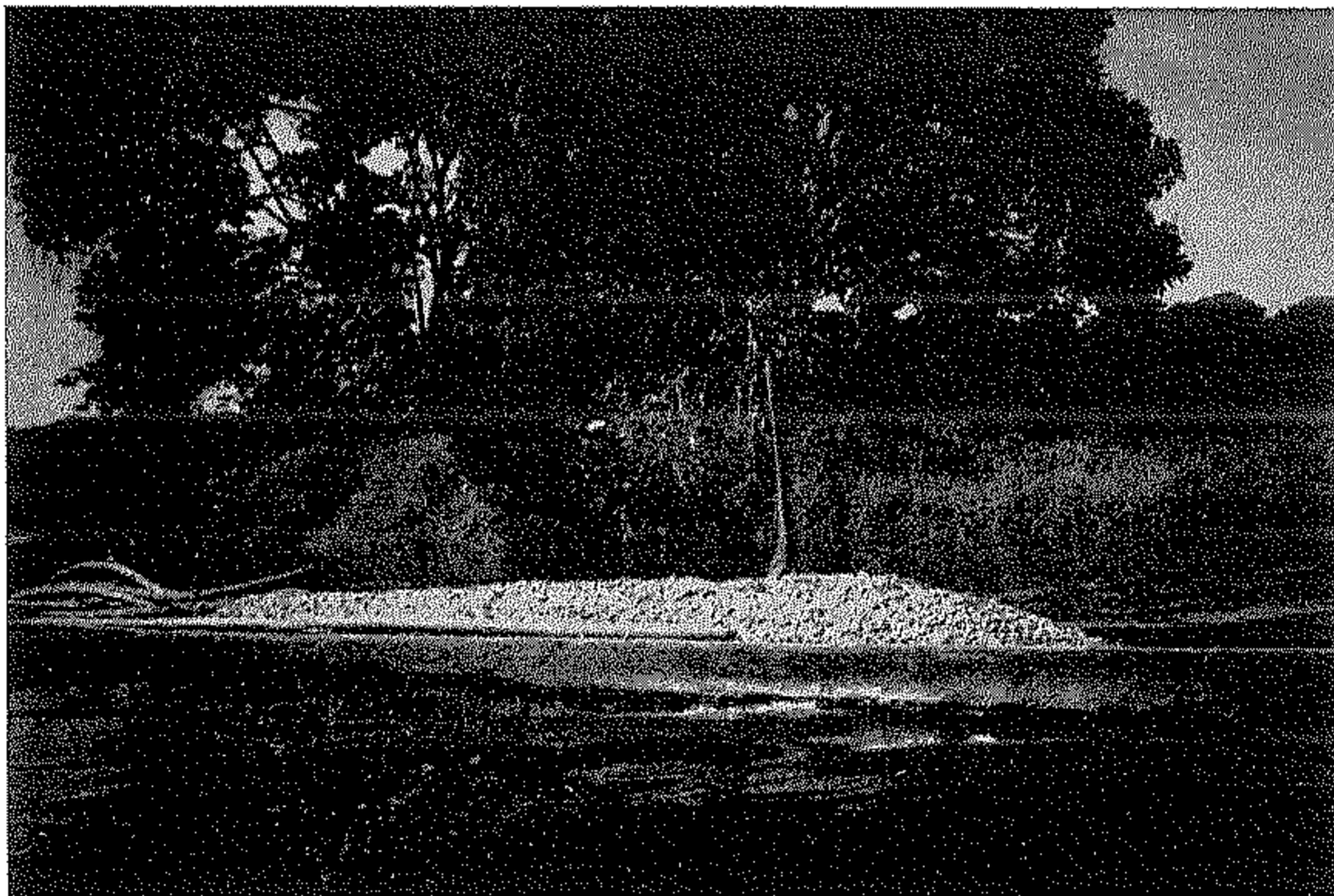


FIGURA 14. Transporte del cacao fresco en canoas en Brasil.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

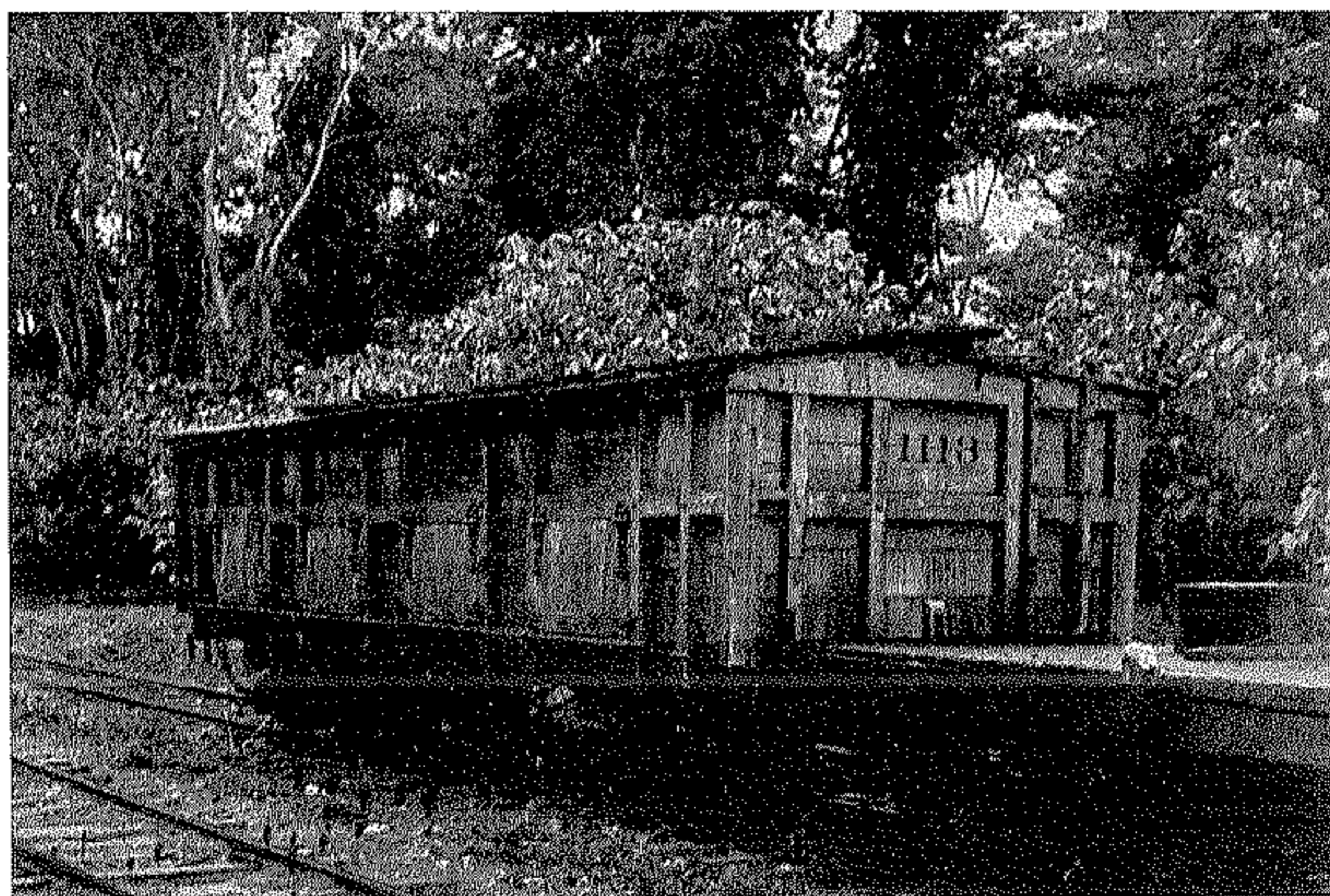


FIGURA 15. Transporte del cacao fresco en vagones de ferrocarril en Costa Rica.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

mismos problemas de inspección que acaban de describirse a propósito del Brasil. Howat y colaboradores (1957a) han investigado el transporte del cacao fresco en Ghana, indicando sus resultados que un recorrido de 50 millas (80 kilómetros) en camión y una demora de 24 horas entre la apertura de las mazorcas y la carga de las cajas de fermentación carecen de efecto apreciable sobre la temperatura de fermentación o sobre la calidad del producto. Por esto, parece ser que si los granos frescos se reciben en la instalación de fermentación dentro de las 24 horas siguientes a la apertura de las mazorcas, la fermentación no presenta problema alguno en las condiciones climáticas normales. Las cajas que se usen para el transporte de los granos no habrán de tener clavos ni objetos análogos que puedan ocasionar manchas en la piel de los granos (Roelofsen, 1961).

Influencia de las plagas de insectos y las enfermedades sobre la calidad

Se ha recomendado ya que todas las mazorcas enfermas se cosechen al tiempo de las sanas y que luego se separen de éstas. Surge la cuestión de si las mazorcas procedentes de árboles enfermos o de árboles infestados de insectos pero que tienen aspecto de sanas, se pueden aprovechar, o si, por el contrario, deben destruirse.

RAMA TURGENTE

No hay pruebas de que esta enfermedad tenga efecto sobre los frutos del árbol del cacao ni sobre la calidad del producto o la fermentación. Sin embargo, esto se debe probablemente a que todavía no se han hecho investigaciones completas y sería peligroso suponer la ausencia total de efectos perjudiciales. El tratamiento químico de los árboles enfermos demuestra que hay que tener cuidado si quiere evitarse la contaminación del producto. Ensayos organolépticos efectuados en cacao de árboles tratados con Hanane (óxido de bisdimetilamino-fluorofosfina) señalan la existencia de un efecto adverso importante (Lloyd Owen, 1953).

PODREDUMBRE NEGRA DE LA MAZORCA (*Phytophthora palmivora*)

Es posible que, antes de que los hongos hayan penetrado en la cáscara de la mazorca, los granos no hayan sufrido todavía daño alguno, por lo que pueden aprovecharse junto con los de las mazorcas sanas.

No obstante, si la recolección se ha retrasado y el ataque es fuerte, hay pruebas (Hammond, 1953) de que los azúcares libres de la pulpa son utilizados por los hongos que originan una pulpa seca análoga a la de una mazorca verde. Si tales mazorcas abundan, la fermentación sufre y resulta un producto de mala calidad.

MacLean (1953) ha referido un contenido reducido de sacarosa en los granos enfermos y un contenido también reducido de nitrógeno alcaloideo, mientras que el de nitrógeno proteínico permanecía inalterado con relación al valor observado en los granos sanos frescos. Este autor encontró también que el contenido de grasa no variaba o era ligeramente superior en los granos enfermos, pero que la diferencia más notable era un incremento muy grande en el contenido de ácidos grasos libres. No se han publicado resultados de determinaciones de la calidad del cacao obtenido partiendo de mazorcas negras.

ESCOBA DE BRUJA

Esta enfermedad es ocasionada por el hongo *Marasmius perniciosus*, y es endémica en América del Sur. Sin embargo, se ha extendido a las regiones limítrofes en que se cultiva el cacao y ha ocasionado grandes daños en Trinidad. De interés inmediato es el efecto sobre el desarrollo de la mazorca que, a no ser que esté casi madura cuando sufre el ataque, se pierde. Se han efectuado ensayos de pulverizaciones con fungicidas, pero no se ha publicado resultado alguno acerca de la influencia de estos tratamientos sobre la calidad del producto.

MONILIASIS

Esta enfermedad ataca las mazorcas jóvenes y deja pocas huellas externas de infección, aparte la presencia de unos puntos negros o de una capa blanquecina. El interior de las mazorcas enfermas está recubierto con una sustancia acuosa y los granos son inutilizables.

MAZORCA HARINOSA (*Trachysphaeria fructigena*)

Se trata también de una enfermedad criptogámica que cuando ataca las mazorcas jóvenes inutiliza los granos para su aprovechamiento comercial.

PODREDUMBRE PARDA DE LA MAZORCA (*Botryodiplodia theobromae*)

Esta podredumbre la ocasiona un parásito débil. Cuando la infección es grande, destruye los granos.

CÁPSIDOS, TRIPS DEL CACAO Y COCHINILLAS HARINOSAS

Ninguna de estas plagas parece que tiene influencia directa sobre la calidad del producto manufacturado, pero se teme que los tratamientos de pulverización con insecticidas en gran escala que se emplean para combatirlos puedan ocasionar decoloraciones en el cacao preparado.

Recientemente, en el West African Cocoa Research Institute, se han efectuado pruebas de pulverización en colaboración con el Departamento de Agricultura de Ghana para determinar la influencia de los insecticidas sobre la calidad del cacao fermentado y seco. Se hicieron aplicaciones de endrina, aldrina, dieldrina y malatión a árboles con mazorcas casi en condiciones de ser cosechadas. La recolección se hizo a intervalos regulares después del tratamiento; se abrieron las mazorcas y se procedió a la fermentación vigilada y el producto se sometió a un análisis organoléptico oficial. No se hallaron coloraciones anormales en el chocolate preparado a partir de los productos de cualquiera de los tratamientos descritos, por lo que se puede llegar a la conclusión de que en las condiciones utilizadas en estos ensayos ninguno de los insecticidas endrina, aldrina, dieldrina o malatión tuvo influencia adversa sobre la calidad. Casida y Bowman (1959) han investigado 16 insecticidas endoterápicos. Se han desarrollado métodos sensibles para descubrir estos compuestos, métodos que se han utilizado para demostrar que en los granos es pequeña o nula la cantidad de los insecticidas examinados que se puede descubrir.

Apertura de las mazorcas

Después de la recolección, las mazorcas maduras se abren mediante un machete o con un garrote. El empleo del machete, aunque hay obreros que llegan a adquirir una considerable maestría en su manejo, tiene el

inconveniente de que fácilmente pueden producirse daños a los granos. En Ghana, donde se prefiere el machete para esta operación, el procedimiento empleado consiste en introducir el machete en la mazorca en el sentido longitudinal de ésta (Figura 16). Se hace una segunda incisión en el lado opuesto y se separan las dos mitades o casquetes de la cáscara haciendo palanca con el machete (Figura 17). Los granos, junto con la placenta, se sacan luego con la punta del machete.

Si el golpe dado a la mazorca con el machete es demasiado fuerte, puede que se atraviese la cáscara y se dañen los granos (Figura 18). Los resultados de un empleo poco cuidadoso del machete se aprecian en la Figura 19. Los granos dañados de este modo quedan expuestos al ataque de los insectos y los hongos y se consideran como seriamente defectuosos.

Un medio mucho más eficaz y seguro de abrir las mazorcas consiste en el empleo de un garrote. Wickens (1953) ha descrito con cierto detalle esta técnica. «El procedimiento consiste en abrir la mazorca con dos golpes secos dados con el garrote, precisamente en la parte más distante del diámetro mayor de la mazorca (Figura 20). De este modo, la porción distal de la mazorca cae y los granos quedan ligeramente unidos a la placenta en la porción proximal (Figura 21) de la que pueden sacarse convenientemente con dos dedos, con una rapidez y una eficacia mayores aún que si los granos y la placenta hubiesen sido sacados juntos de la mazorca y separados por sacudimiento, como es costumbre hacer cuando la mazorca se abre con un machete.» (Figuras 22 y 23). Este mismo método se ha utilizado durante largo tiempo en Java (Indonesia).

Esta técnica ha sido introducida en el West African Cocoa Research Institute (Allison y Rohan, 1958) y modificada adecuadamente para adaptarla al nuevo sistema de fermentación y desecación empleado en esta estación. Los obreros se sientan junto a una larga mesa teniendo a su lado cestas llenas de mazorcas (Figura 24). A lo largo de esta mesa, a intervalos regulares, se fijan cuñas de madera (Figura 25) sobre las cuales se golpea la mazorca. Los granos se sacan del modo descrito por Wickens y se echan en un saco dispuesto al efecto. Los casquetes se echan en cestas que se apartan una vez llenas. Se ha abandonado el método tradicional, con arreglo al cual varios hombres se sentaban alrededor de un montón de mazorcas (Figura 26), pues se ha visto, observando el tiempo y el movimiento que exigía, que es ineficaz. En la Figura 27 se muestra una sencilla máquina para abrir las mazorcas.

Lozano (1958) ha descrito unas máquinas análogas que pueden utilizarse en las grandes plantaciones y en los cacahuales pequeños.



FIGURA 16. Empleo del machete para abrir las mazorcas.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)



FIGURA 17. Empleo del machete para abrir las mazorcas. Pueden verse las dos mitades de la cáscara antes de sacar los granos.

(Foto facilitada por R.H. Kenten)



FIGURA 18. Empleo del machete para abrir las mazorcas. En este caso se ha hundido demasiado el machete en la mazorca.

(Foto facilitada por R.H. Kenten)

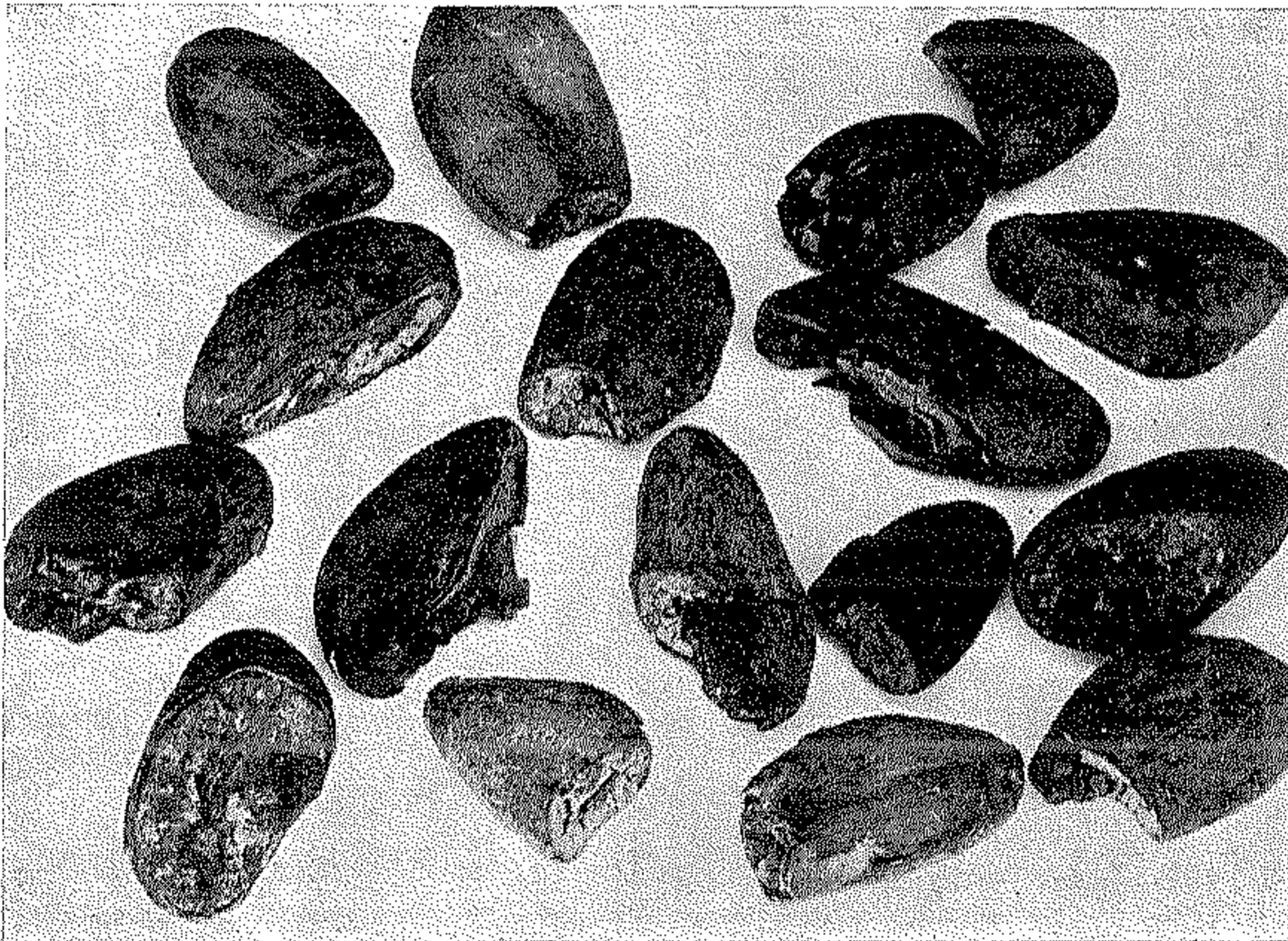


FIGURA 19. Granos dañados por el machete al abrir la mazorca.

(Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)



FIGURA 20. Apertura de las mazorcas con un garrote.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)



FIGURA 21. Apertura de las mazorcas con un garrote. Separado el extremo distal, los granos y la placenta quedan adheridos al extremo proximal.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)

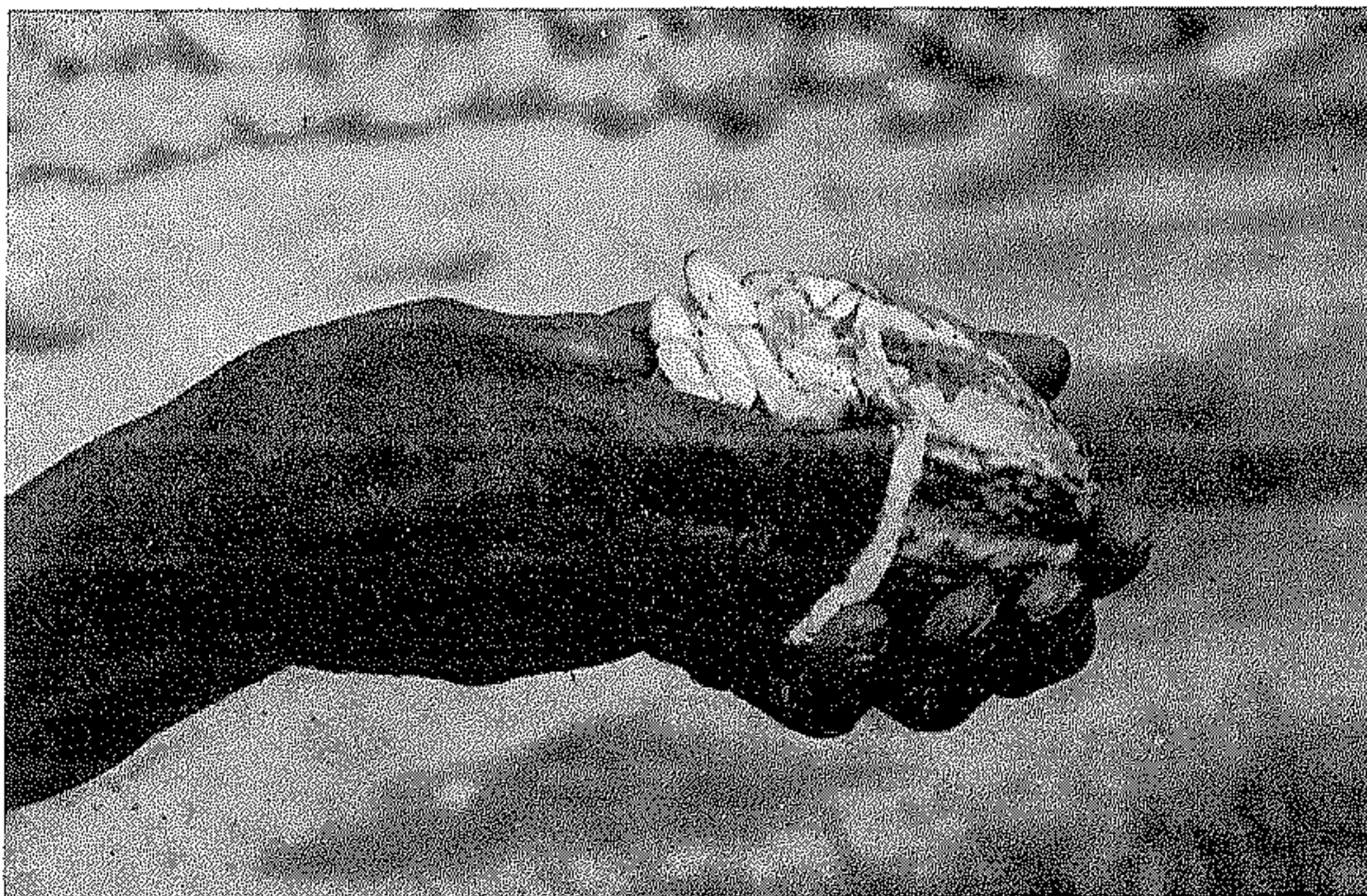


FIGURA 22. Apertura de las mazorcas con un garrote. Modo de extraer los granos.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)



FIGURA 23. Apertura de las mazorcas con un garrote. Casquete vacío con la placenta unida al extremo proximal.

(Foto facilitada por R.H. Kenten)



FIGURA 24. Mesa donde se abren las mazorcas.

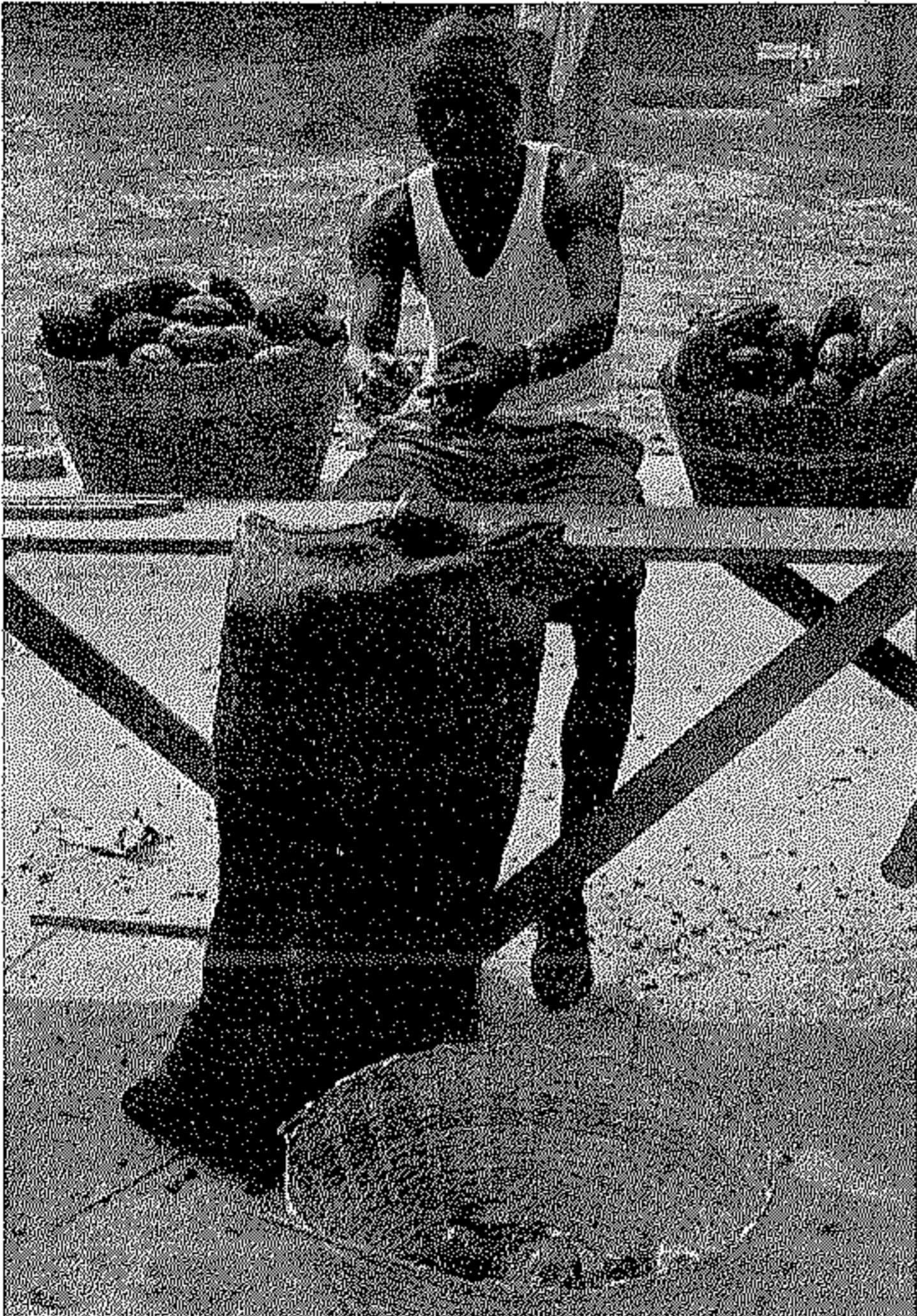


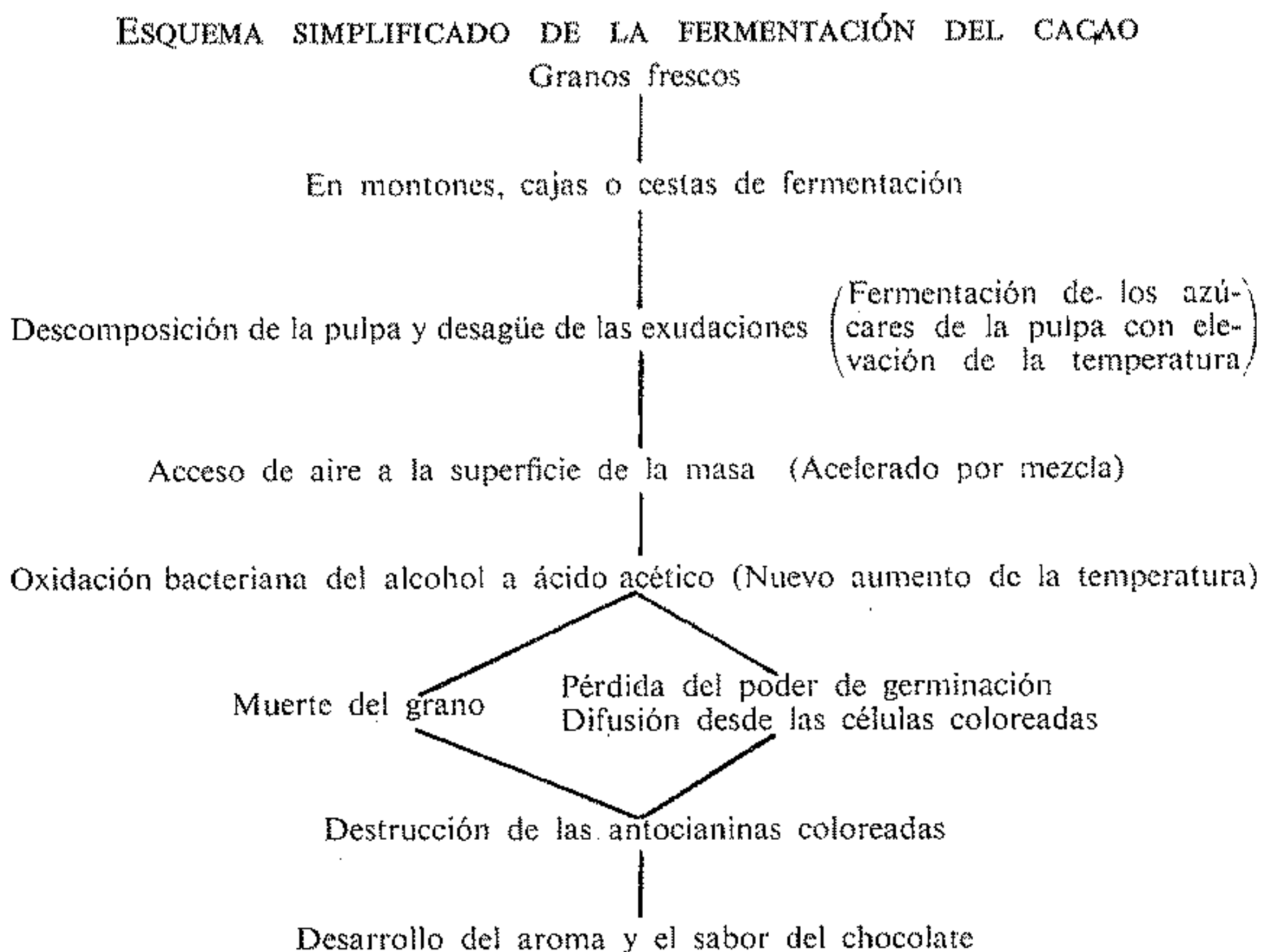
FIGURA 25. Mesa donde se abren las mazorcas. Cuña triangular empleada para la apertura.

SEPARACIÓN DE LA PLACENTA

En algunas granjas de Ghana, los granos se fermentan junto con la placenta, y aunque esto no tiene efecto adverso sobre la fermentación propiamente dicha (Kwafo y Rohan, datos inéditos), no es práctica que deba fomentarse. Las placentas se sacan al remover los montones o en las barbacoas de desecación, pero es difícil sacar todas, y cualquier residuo que quede influye desfavorablemente en el aspecto del producto seco, pues da lugar a aglomerados de granos que dificultan el secado (Figura 28). Otro inconveniente de este sistema es que la separación de las placentas lleva algún tiempo y origina una pérdida innecesaria de calor en la masa en fermentación.

Fermentación

Los orígenes del tratamiento del cacao bruto se pierden en la más remota antigüedad, pero se admite generalmente que el cacao fresco se amontonaba primeramente para efectuar la remoción de la pulpa y facilitar la desecación. Este proceso de «exudación» o fermentación espontánea originaba un producto seco de mejor aspecto, que aumentaba su valor. El cacao criollo utilizado por los aztecas de México experimentaría durante este período de exudación algunos de los cambios que hoy día se asocian con la fermentación, pero se ignora cuando comenzó a considerarse esencial la fermentación deliberada en el desarrollo del sabor y el aroma de chocolate, tal como estas características se entienden actualmente. Quizá éllo guarda conexión con los métodos modernos de elaboración, pero incluso a principios del siglo actual no se tenía una idea totalmente clara de la relación existente entre la fermentación y el desarrollo del sabor. *El término «fermentación» es realmente incorrecto cuando se aplica al tratamiento del cacao bruto* porque, aunque existe una fermentación alcohólica y láctica típica de los azúcares de la pulpa en las fases iniciales del proceso, las reacciones que se producen en los cotiledones y originan el sabor y el aroma característicos del cacao no pueden considerarse una fermentación propiamente dicha. La acción de las enzimas («fermentos») que ocurre en los cotiledones, y el metabolismo de estas células pueden denominarse fermentación. Los cambios que suceden, tanto fuera como en el interior del grano, durante este tratamiento se indican esquemáticamente a continuación.



Métodos tradicionales

Como resultado de extensas investigaciones, Forsyth y Quesnel (1957c) vieron que, esencialmente, se utilizan cuatro métodos hoy día para la fermentación del cacao bruto:

1. curado en plataformas de desecación;
2. fermentación en cestas;
3. fermentación en montones sobre el suelo, y
4. fermentación en sistemas de cajas.

CURADO EN PLATAFORMAS DE DESECACIÓN

Este procedimiento se practica casi exclusivamente en El Ecuador, donde se rompen las mazorcas y los granos frescos se amontonan en bandejas de desecación. Es costumbre que los granos permanezcan extendidos durante el día y amontonados por la noche y, en la época de la cosecha principal, se obtiene un cacao muy fino. Sin embargo, durante la cosecha secundaria, el producto es de calidad muy inferior. En algunas partes del Ecuador se emplea otro método que se conoce por el nombre de método Tendal de fermentación. Se llena una larga zanja con piedras

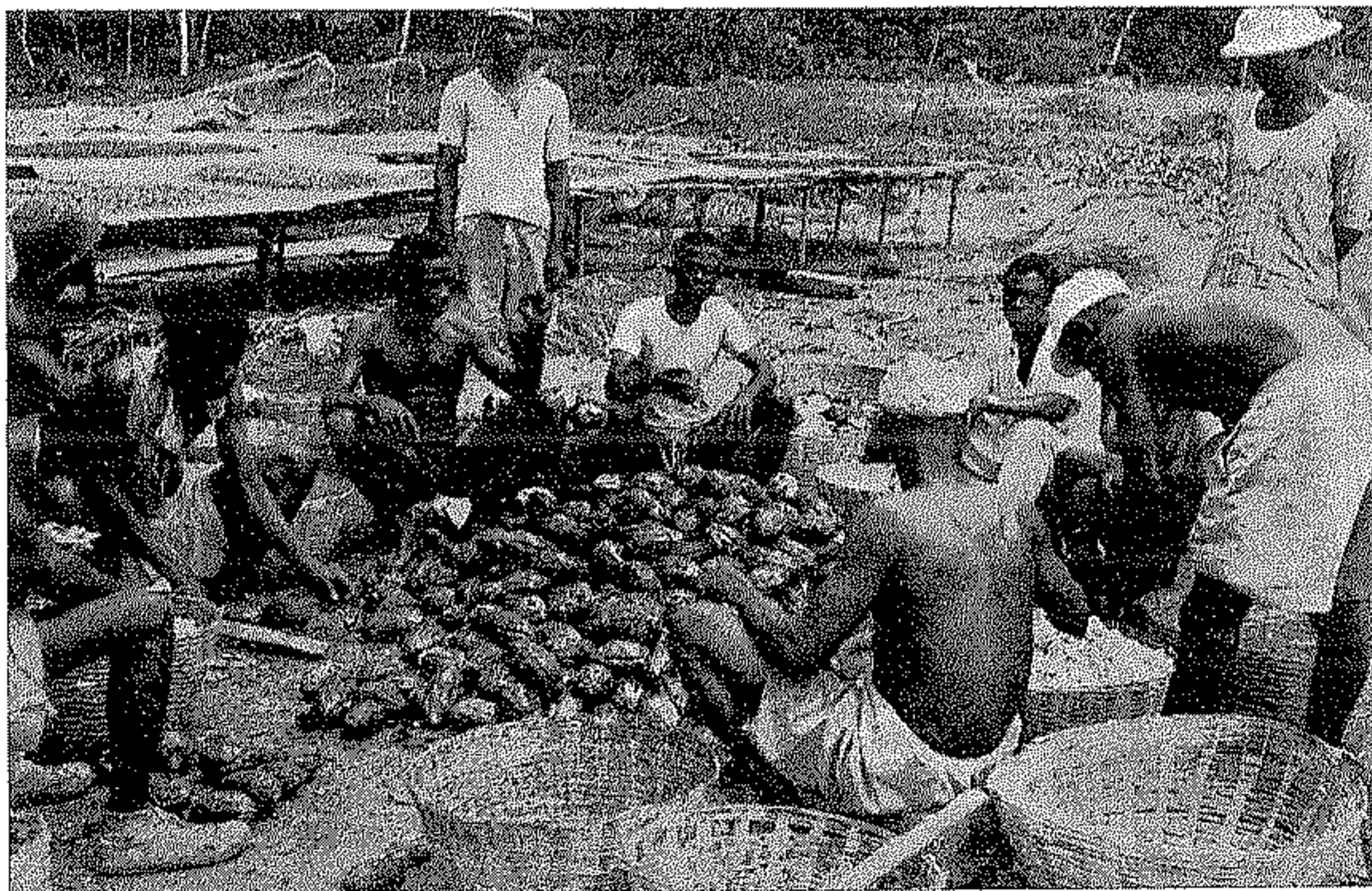


FIGURA 26. Método tradicional de abrir las mazorcas en Ghana.



FIGURA 27. Máquina para abrir las mazorcas empleada en México.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

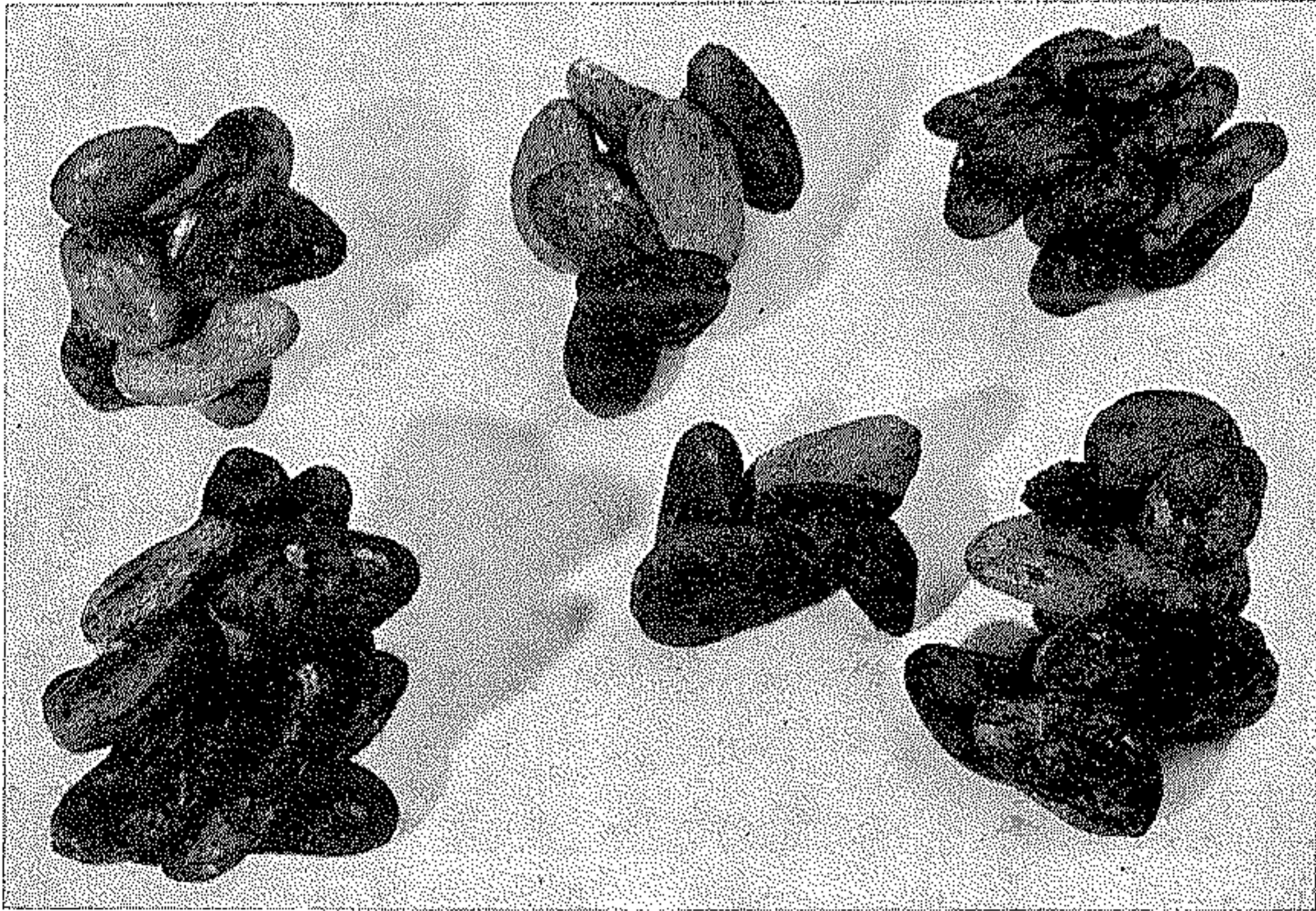


FIGURA 28. Aglomerados de granos.
(Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)



FIGURA 29. Fermentación en cestas.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)

y arena y se cubre con zarzos de bambú. El cacao fresco se amontona sobre esta base hasta una altura de unos 40 cm. Luego se le cubre con hojas de Bihau y el conjunto formado se recubre con un tejado de hojalata. El tratamiento dura 24 a 36 horas, efectuándose una remoción a las 24 horas.

FERMENTACIÓN EN CESTAS

En este método se utilizan cestas de mimbre que se llenan con granos frescos (Figura 29) y luego se cubren con hojas de palmera (Figura 30). Las exudaciones escurren por los lados de las cestas y la remoción se efectúa por trasiego de los granos de una cesta a otra. A veces conviene revestir las cestas con hojas de palmera, pero se duda que esto sea necesario.

El tamaño de las cestas varía. En Ghana su capacidad oscila entre unos 9 y 136 Kg. de grano fresco. No hay razón alguna para que este método de fermentación no dé cacao bueno, siempre que, al igual que con los demás métodos, se trabaje con cuidado.

FERMENTACIÓN EN MONTONES

Este es, quizá, el método más popular de fermentación del cacao en las explotaciones pequeñas, pues no requiere sino un dispositivo sencillísimo y prácticamente carente de valor. Los granos frescos se amontonan sobre una capa de hojas de banano o de plátano y se cubren con este mismo material. En el transcurso de un estudio de los métodos empleados por los pequeños agricultores hecho en el West African Cocoa Research Institute, se vio la conveniencia de elevar ligeramente el montón sobre el suelo mediante una capa de estacas (Figura 31). Sobre éstas se dispusieron las hojas que constituían la base (Figura 32) las cuales se perforaron con varios orificios pequeños para facilitar el desagüe de las exudaciones (Figura 33). Los granos frescos se amontonaron luego sobre esta base (Figura 34) y las hojas se doblaron de suerte que cubrieran la masa de granos. Para impedir que el viento moviese las hojas se emplearon ramas de árboles (Figura 35).

FERMENTACIÓN EN CAJAS

Este método tiene más aplicación en las fincas o plantaciones extensas, donde se dispone de cantidades de cacao relativamente grandes, que en las pequeñas explotaciones con cosechas comparativamente limitadas. Las

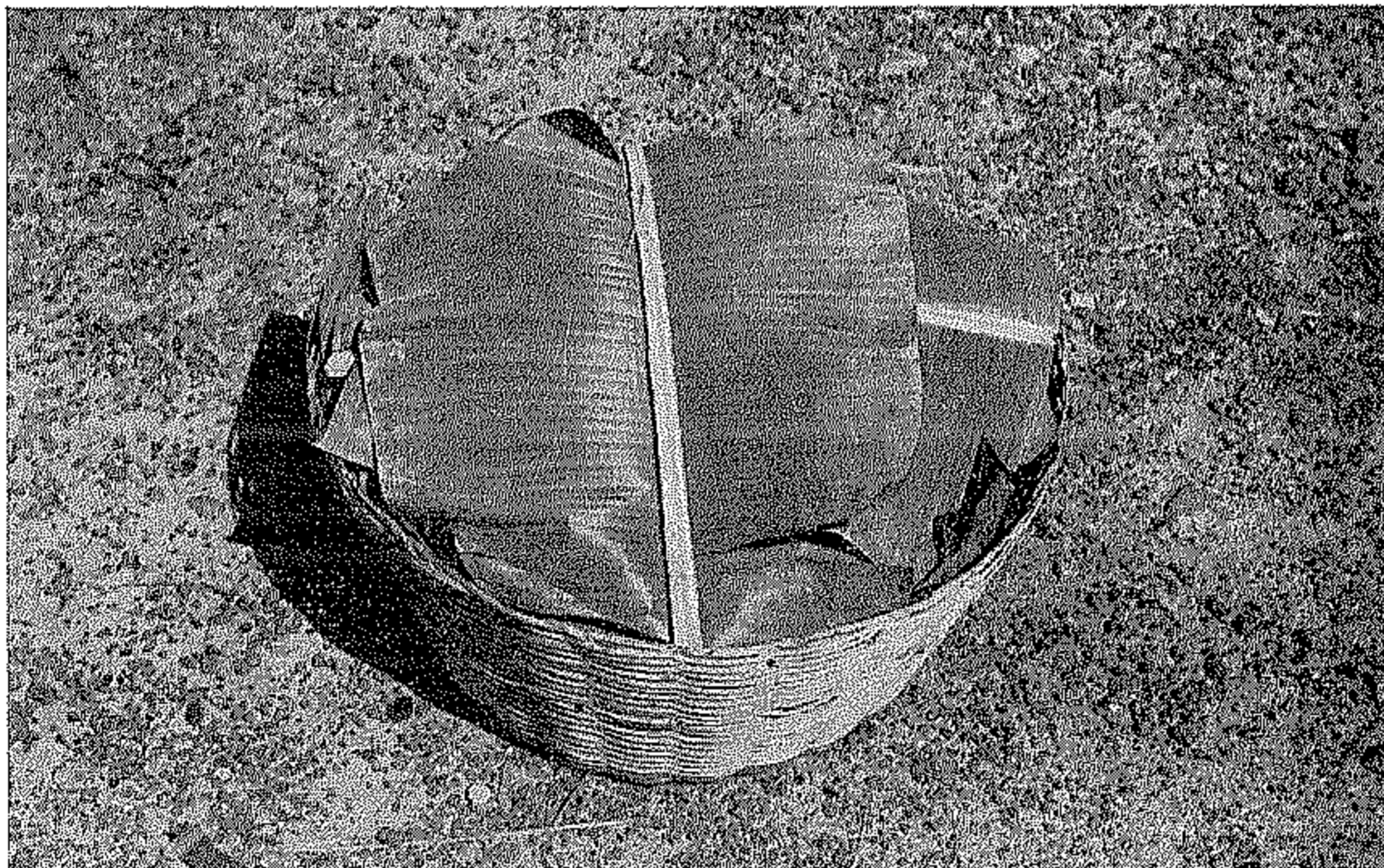


FIGURA 30. Fermentación en cestas. Cesta llena y cubierta.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)

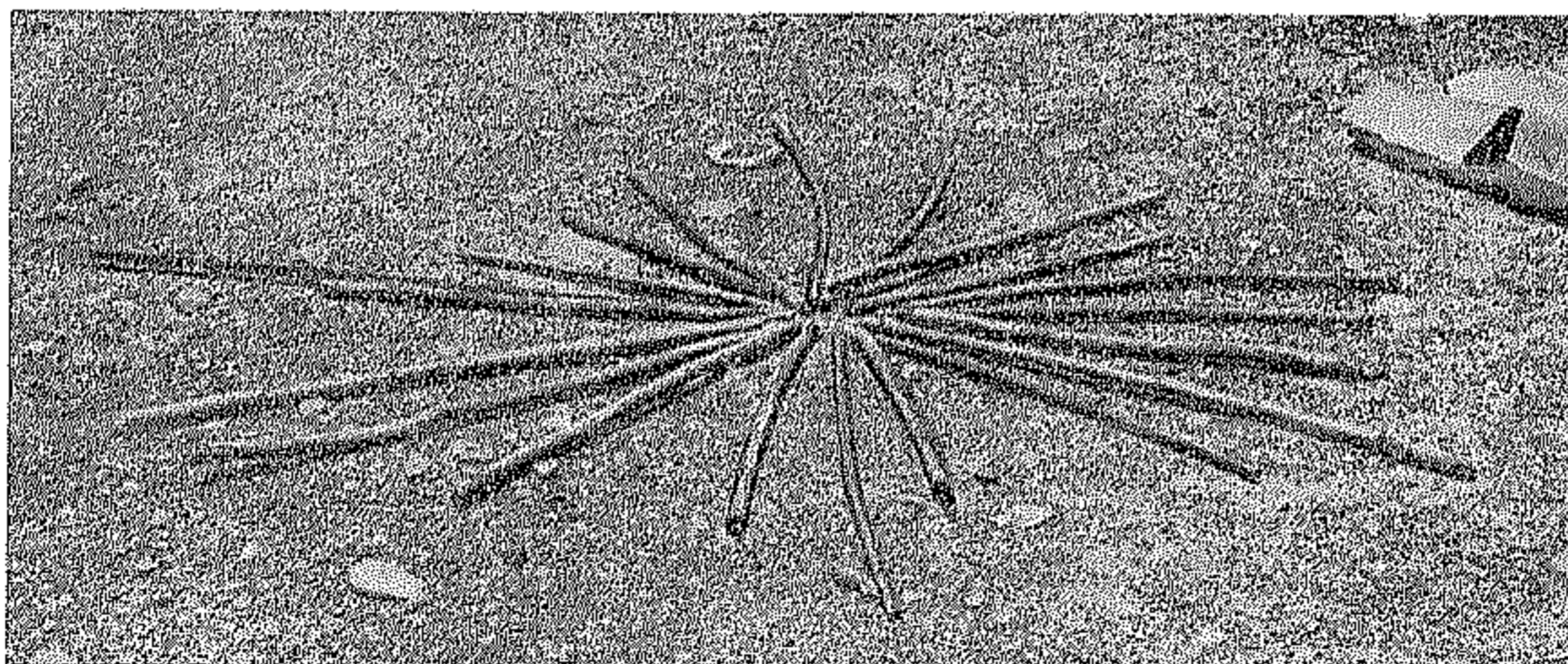


FIGURA 31. Fermentación en montones. Base de estacas.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)

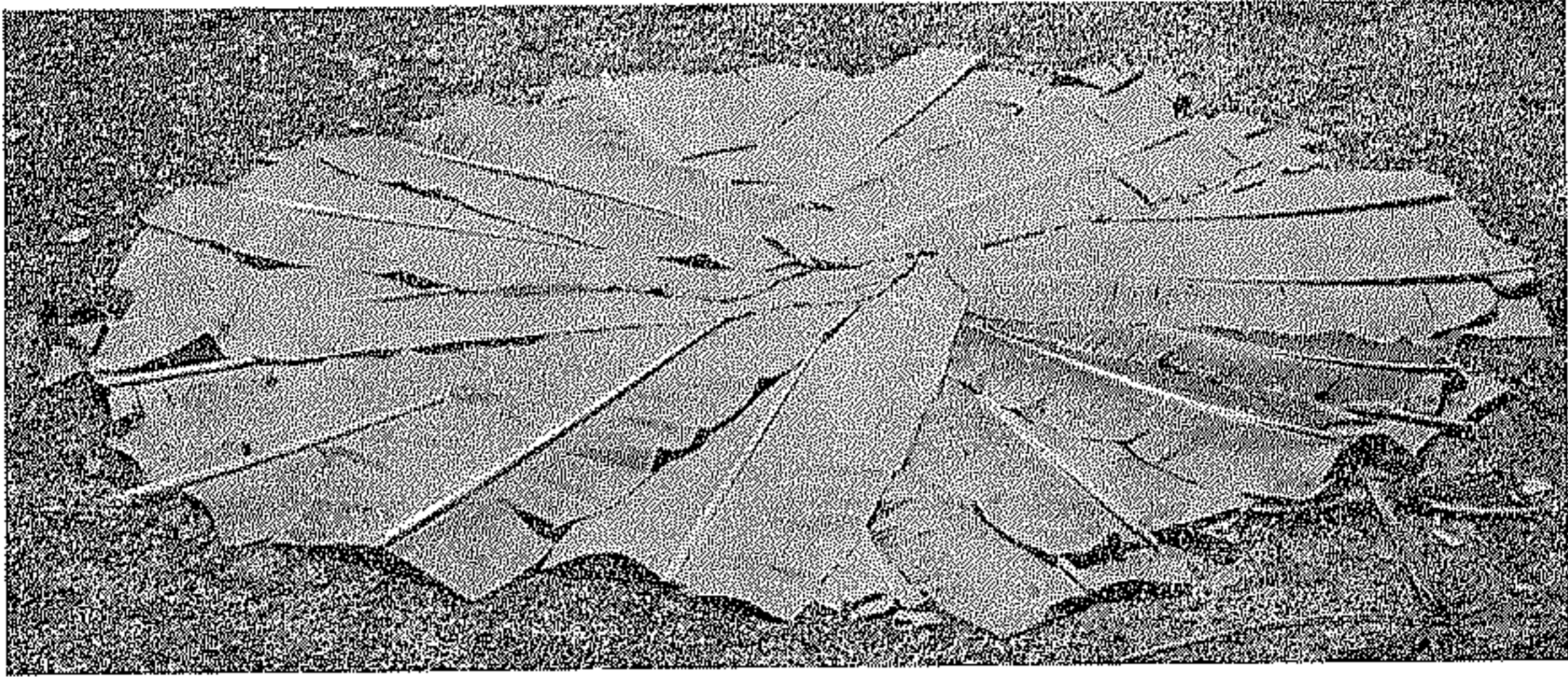


FIGURA 32. Fermentación en montones. Hojas sobre las que descansa el montón.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)

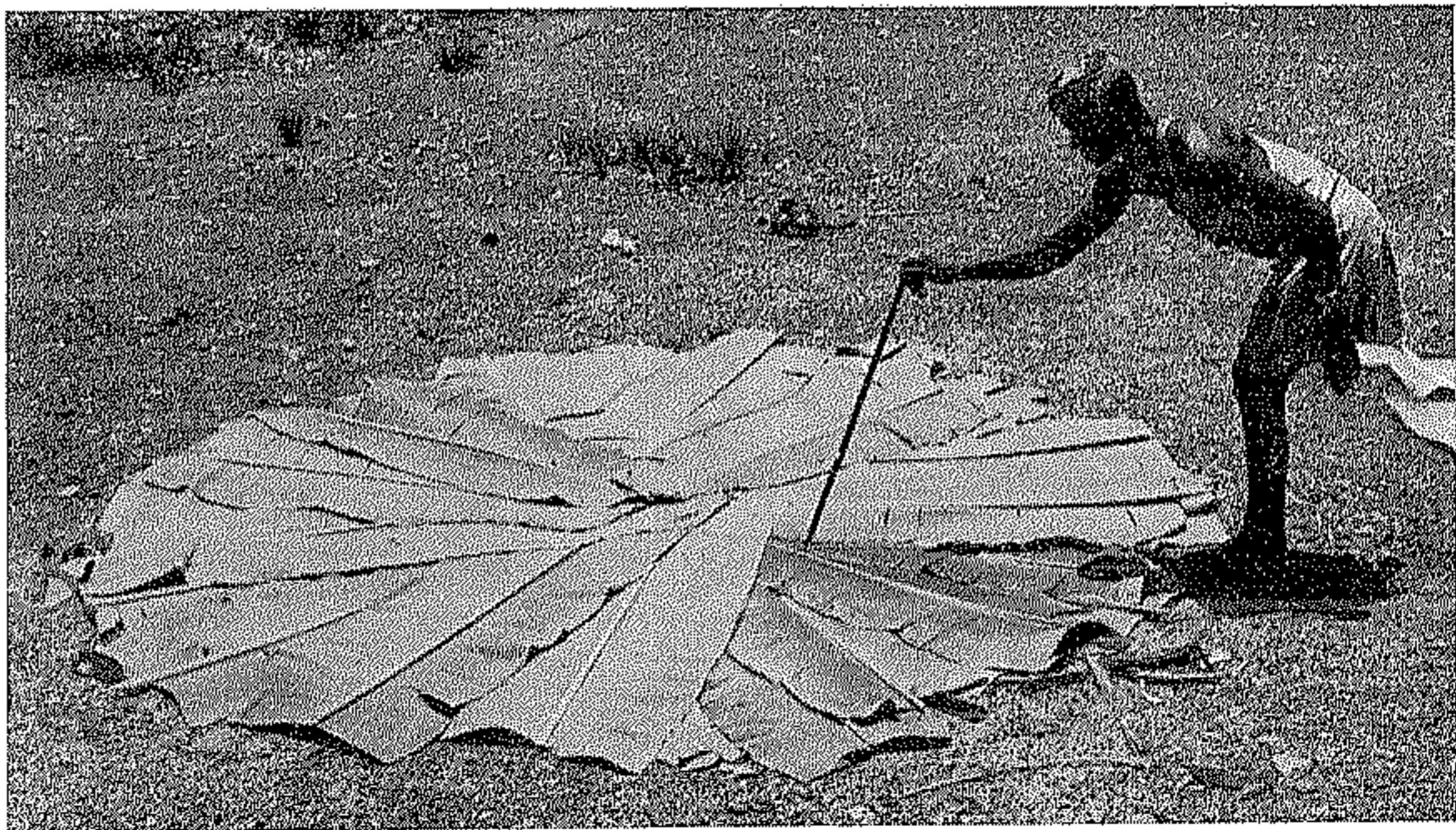


FIGURA 33. Fermentación en montones. Obrero haciendo los orificios de desagüe.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)



FIGURA 34. Fermentación en montones. Amontonamiento de los granos frescos sobre la base.

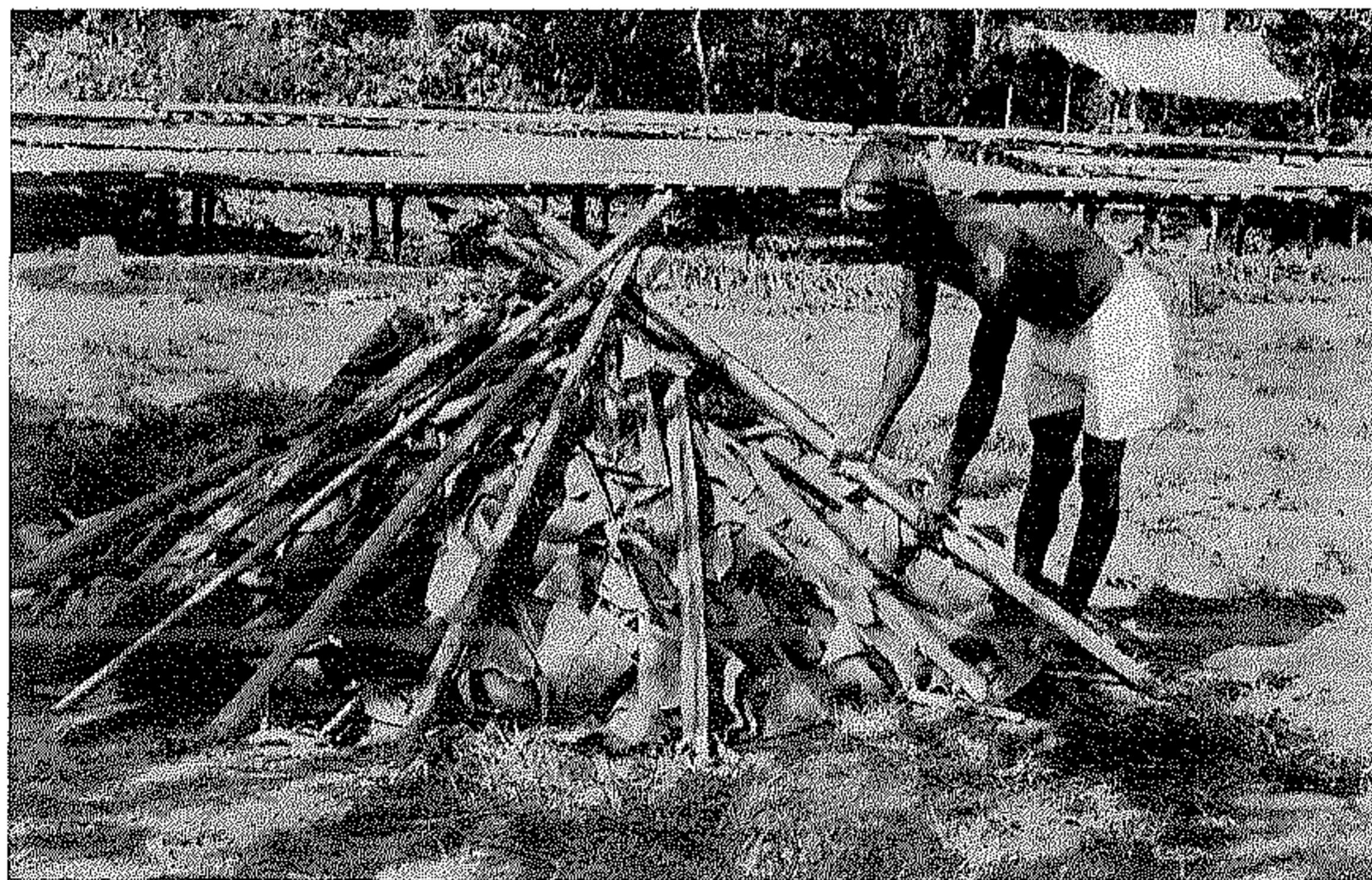


FIGURA 35. Fermentación en montones. Montón listo para la fermentación.

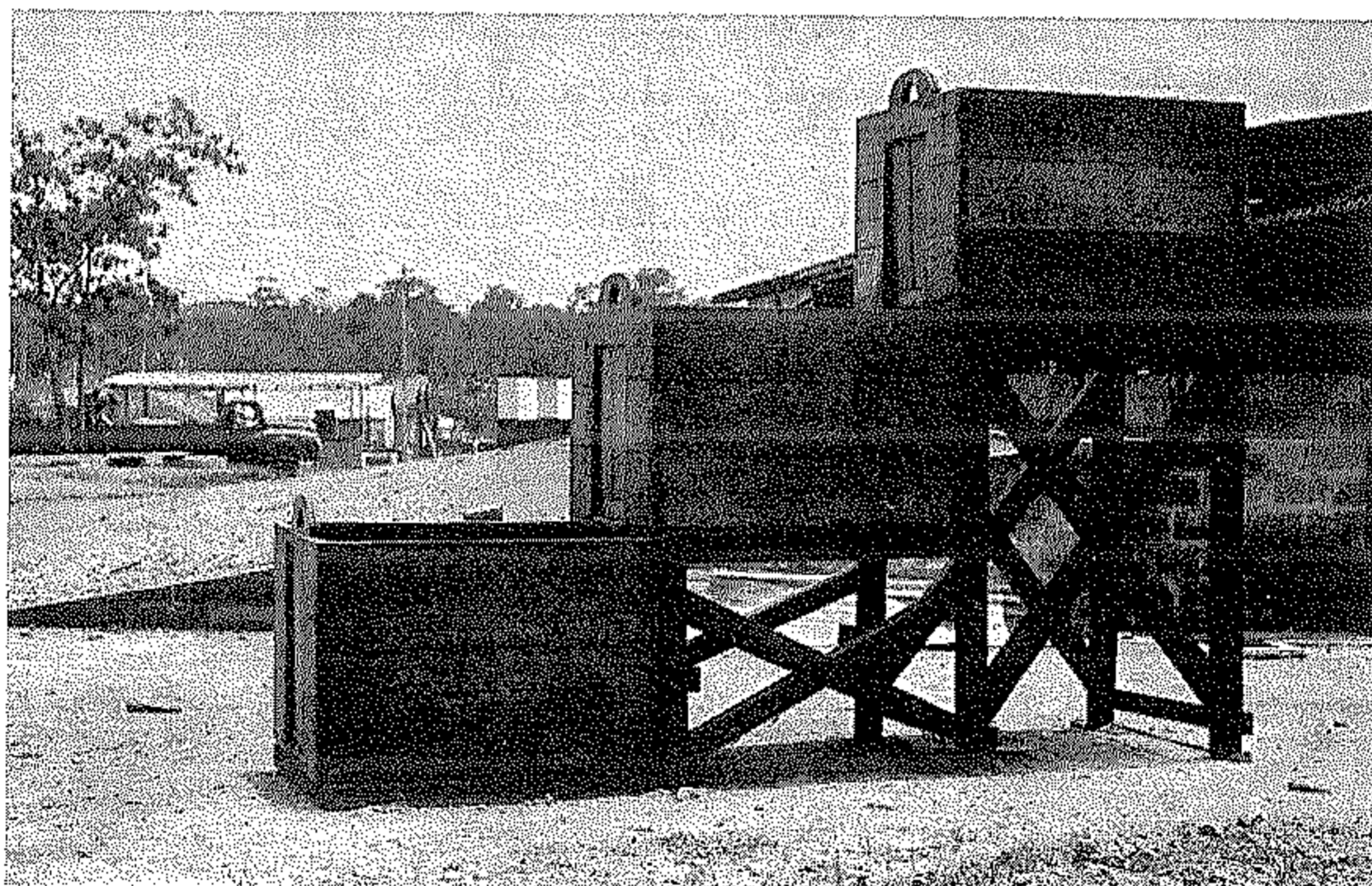


FIGURA 36. Cajas de fermentación.

(Foto facilitada por R.H. Kenten)

cajas se construyen con maderas del país y son de dimensiones variables, pero por lo general tienen una capacidad de por lo menos una tonelada de cacao fresco. Briton-Jones (1934) halló como densidad aparente del cacao fresco 800 Kg. por metro cúbico. Las cajas pueden disponerse juntas una a continuación de otra en un mismo plano o en escalera (Figura 36). Esta última disposición facilita la mezcla que puede efectuarse pasando simplemente el cacao desde una caja a la inmediata inferior (véase Figura 45). En el fondo de cada caja deben hacerse orificios de desagüe para facilitar la salida de las exudaciones y permitir la ventilación.

La eliminación de los granos sin fermentar se consigue teniendo algún cuidado durante el tratamiento y siguiendo unas cuantas recomendaciones fundamentales que se exponen claramente en esta publicación. El cacao atacado por los monos o los insectos jamás deberá mezclarse con cacao de buena calidad ni almacenarse junto a éste, y es muy dudoso que convenga intentar tratar tal cacao defectuoso. Los granos que se considera que están insuficientemente fermentados plantean otro problema distinto, pero, en todo caso, no se los tiene actualmente por defectuosos. Sin embargo, es bastante seguro que, si se observan las condiciones que se exponen a continuación, se obtendrá un mínimo de granos de color púr-

pura oscuro en todo lote, éste no tendrá granos pizarrosos, y el cacao presentará un buen aspecto y una calidad aceptable. He aquí dichas condiciones:

1. Solamente se cosecharán las mazorcas maduras y las muy ligeramente sobremaduras.
2. Se apartarán las mazorcas enfermas y si los granos no parecen normales se los fermentará separadamente.
3. Los montones serán por lo menos de 228 Kg. Pueden usarse cantidades mayores en las cajas de fermentación, siempre que el espesor de la masa fermentante no pase de 0,9 m. Las cajas de fermentación estarán provistas de dispositivos adecuados de desagüe. Los montones se prepararán como se representa en las Figuras 31 a 35 y estarán protegidos contra la lluvia. Incluso en las explotaciones pequeñas es relativamente sencillo construir un cobertizo de hojas de palmera o de banano sostenido sobre cuatro palos.
4. La primera remoción de la masa de grano se hará transcurridas 24 horas y en ningún caso dejará de efectuarse. Las remociones siguientes dependerán de la magnitud del lote; en los montones de hasta 910 Kg. se podrán repetir a las 48 horas. La remoción deberá hacerse rápidamente para impedir el enfriamiento excesivo de la masa de grano.
5. A intervalos regulares se tomarán muestras de diferentes puntos de la masa fermentante y se procederá a cortar algunos granos. Cuando los granos mueren ocurre un cambio significativo en el aspecto de los cotiledones; se forma un jugo en los repliegues de los mismos y su color varía, adquiriendo una apariencia cada vez más blanca a medida que la fermentación avanza. Si los granos después de muertos se dejan en el montón o en la caja de fermentación durante dos o tres días, la cantidad de granos fermentados incompletamente que haya en el producto seco será mínima.
6. Todo consejo acerca de la duración de la fermentación es de muy poca utilidad, ya que este factor depende de otros que actúan simultáneamente.

Descripción de los métodos empleados en varios países productores

GHANA

La producción de cacao está enteramente en manos de los pequeños agricultores y para la fermentación y la desecación se emplean instalaciones sencillísimas. Se hace uso de la fermentación en montones y en cestas, y,

aunque el Departamento de Agricultura aconsejó a los cultivadores que prolonguen la fermentación durante seis días en total, removiéndola masa de grano a las 48 y a las 96 horas, no es seguro que este consejo se siga siempre (Hammond, 1953). La cantidad de cacao que se fermenta de una vez oscila entre 10 y 2.000 kilogramos aproximadamente. Hammond (1953) propugna la fermentación en cestas para cantidades pequeñas, pero ha llamado la atención acerca del hecho de que el agricultor rara vez remueve el cacao cuando fermenta pequeñas cantidades de éste. Hay cierta tendencia a alterar las condiciones de tratamiento de conformidad con los cambios que se producen en los factores reguladores, y la variación de las normas establecidas se hace empíricamente. Algunos sostienen, por ejemplo, que en tiempo húmedo debe acortarse el período de fermentación y también se cree que la duración de ésta se debe variar proporcionalmente al tiempo transcurrido entre la recolección y la apertura de las mazorcas. No se ha intentado en serio introducir un sistema de fermentación del cacao, en grandes cantidades, en instalaciones centrales de fermentación, aun cuando un tal sistema originaría casi ciertamente una mayor uniformidad del producto y un mejoramiento general de la calidad, especialmente en la cosecha intermedia. En este país hay tantas explotaciones pequeñas que una instalación central de fermentación podría servir para varias de aquéllas sin plantear graves problemas de transporte de la materia prima.

NIGERIA

La fermentación en cestas parece que es más popular en Nigeria que en Ghana, pero también se practica en el primero de estos países la fermentación en montones. En muchas de las explotaciones más pequeñas, el agricultor atiende a su cacao ayudado por sus familiares, pero, cuando hace falta más mano de obra, el aumento de los gastos le induce a hacer economías, lo que se refleja en la calidad del producto. Se reduce la frecuencia de las picadas y, para impedir que demasiadas mazorcas sobremaduren antes de la picada siguiente, se cosecha un gran número de mazorcas insuficientemente maduras aún (Gibberd, 1953). Según este mismo autor, no es infrecuente en las fincas pequeñas que la cantidad de cacao obtenida en una recolección sea insuficiente para justificar su tratamiento y que los granos frescos se vendan sin más a intermediarios, o que el agricultor proceda simplemente a secar dichos granos sin ningún tratamiento previo. Hace unos treinta años, el Departamento de Agri-

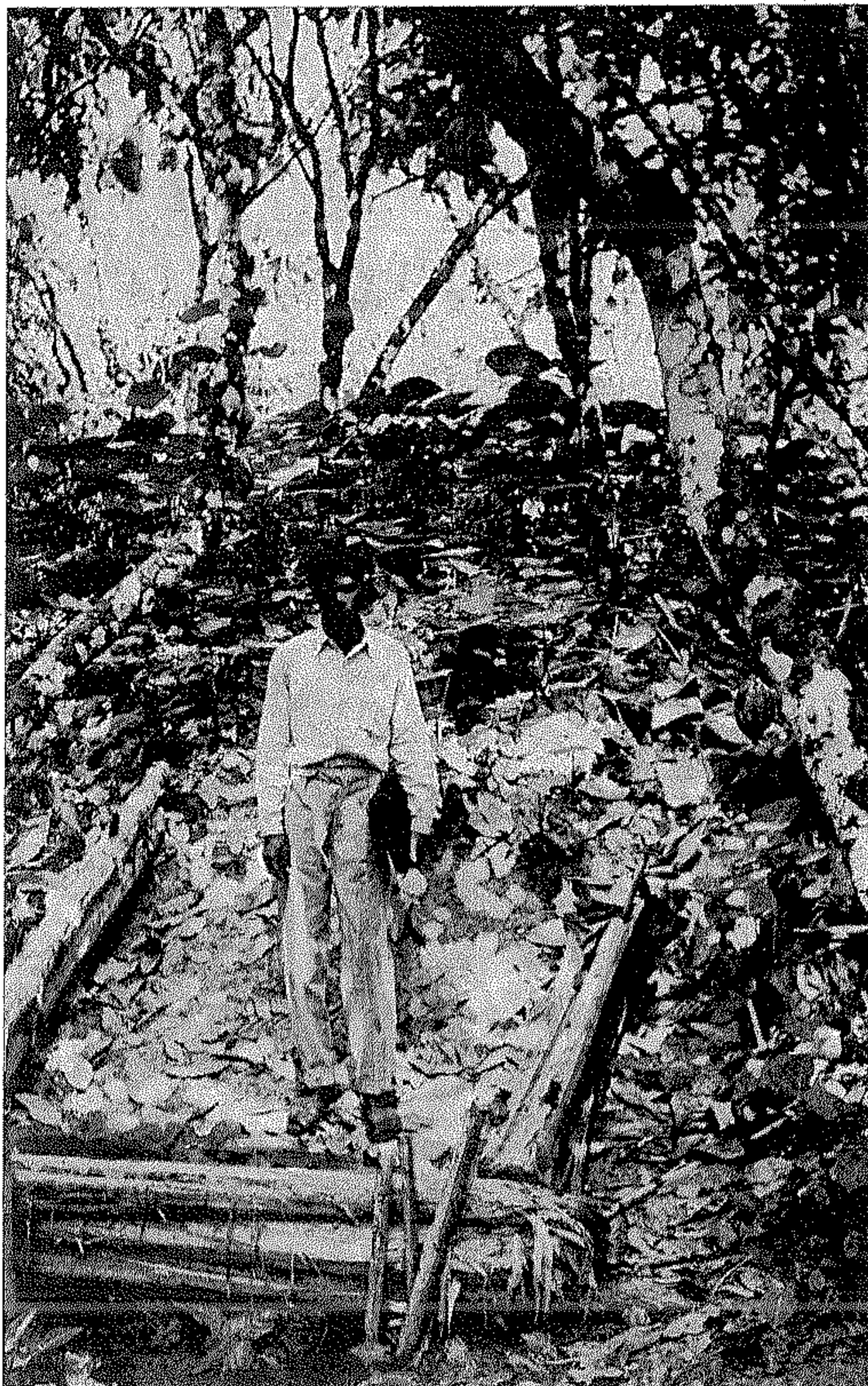


FIGURA 37. Cuadro de bambú para la fermentación del cacao empleado en Costa de Marfil.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

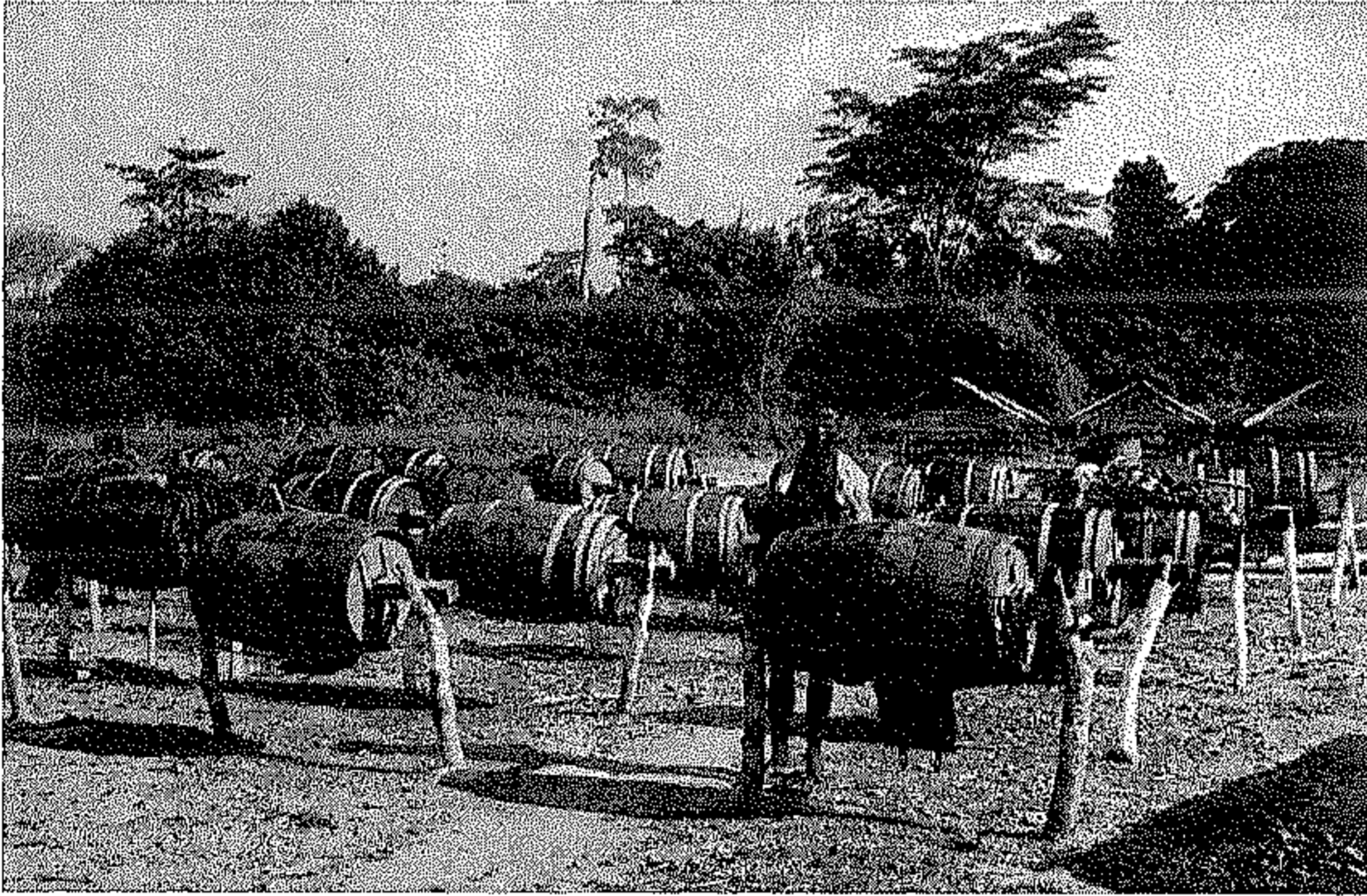


FIGURA 38. Fermentación en barriles de vino en Costa de Marfil.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

cultura de Nigeria estableció con buen resultado unos centros de fermentación cuyo funcionamiento se interrumpió una vez que se estimó que los agricultores podían perfectamente encargarse por sí mismos de la fermentación de su cacao.

COSTA DE MARFIL

Aparte el método de fermentación en montones, se practica en este país un sistema de fermentación sobre el suelo en cuadros hechos con cañas de bambú (Figura 37). Estos cuadros se construyen en un declive del terreno para facilitar el desagüe de las exudaciones, y los granos se cubren con hojas al igual que en la fermentación en montones.

El Gobierno y las grandes empresas comerciales desean fervientemente mejorar las técnicas de fermentación y de desecación. En Bongouanou se utiliza un interesante método de fermentación en barriles de vino, consistente en que los barriles se sostienen sobre un eje que los atraviesa longitudinalmente y les permite girar (Figura 38).

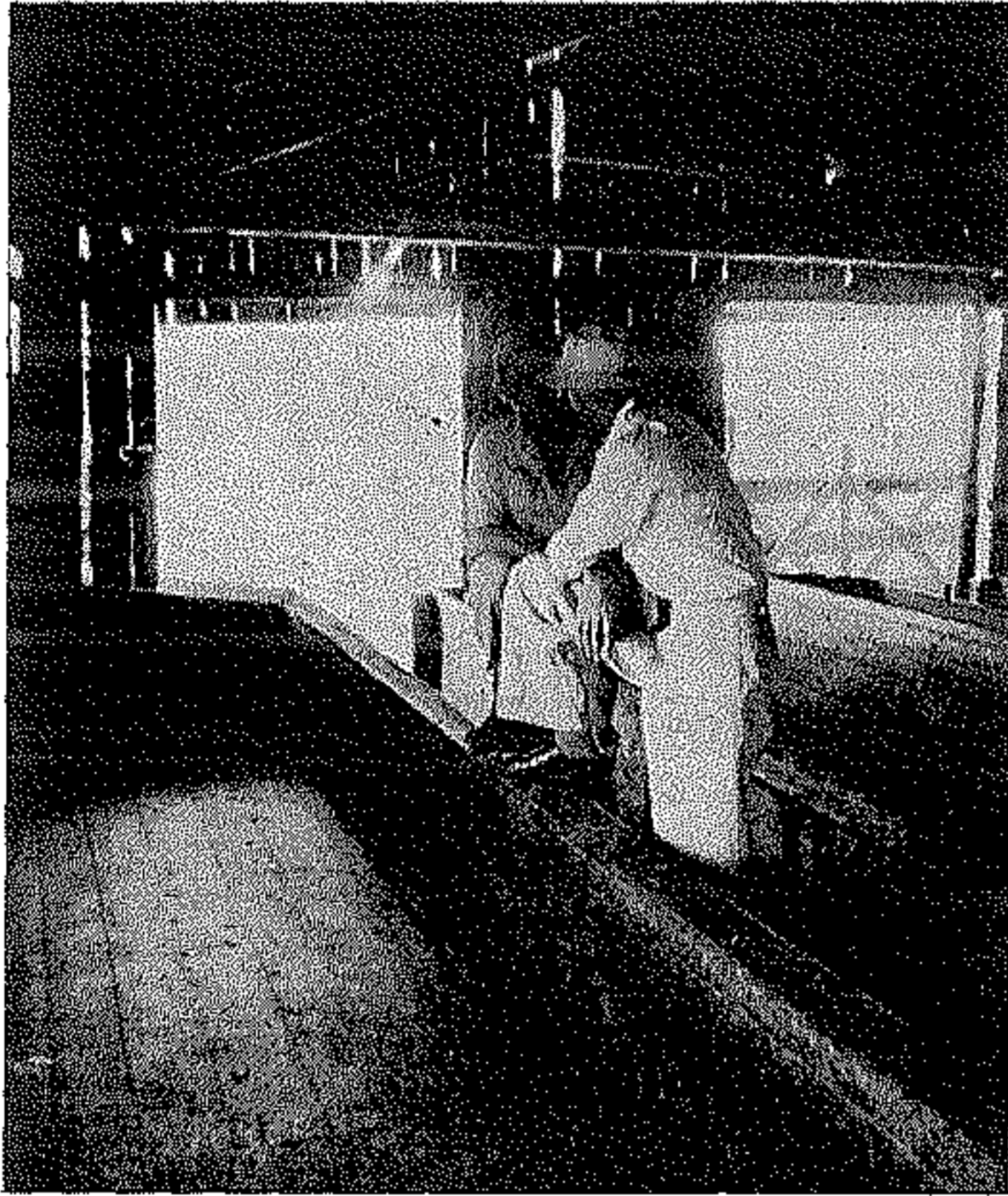


FIGURA 39. Cajas de fermentación, largas y de poco fondo, utilizadas en Brasil.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

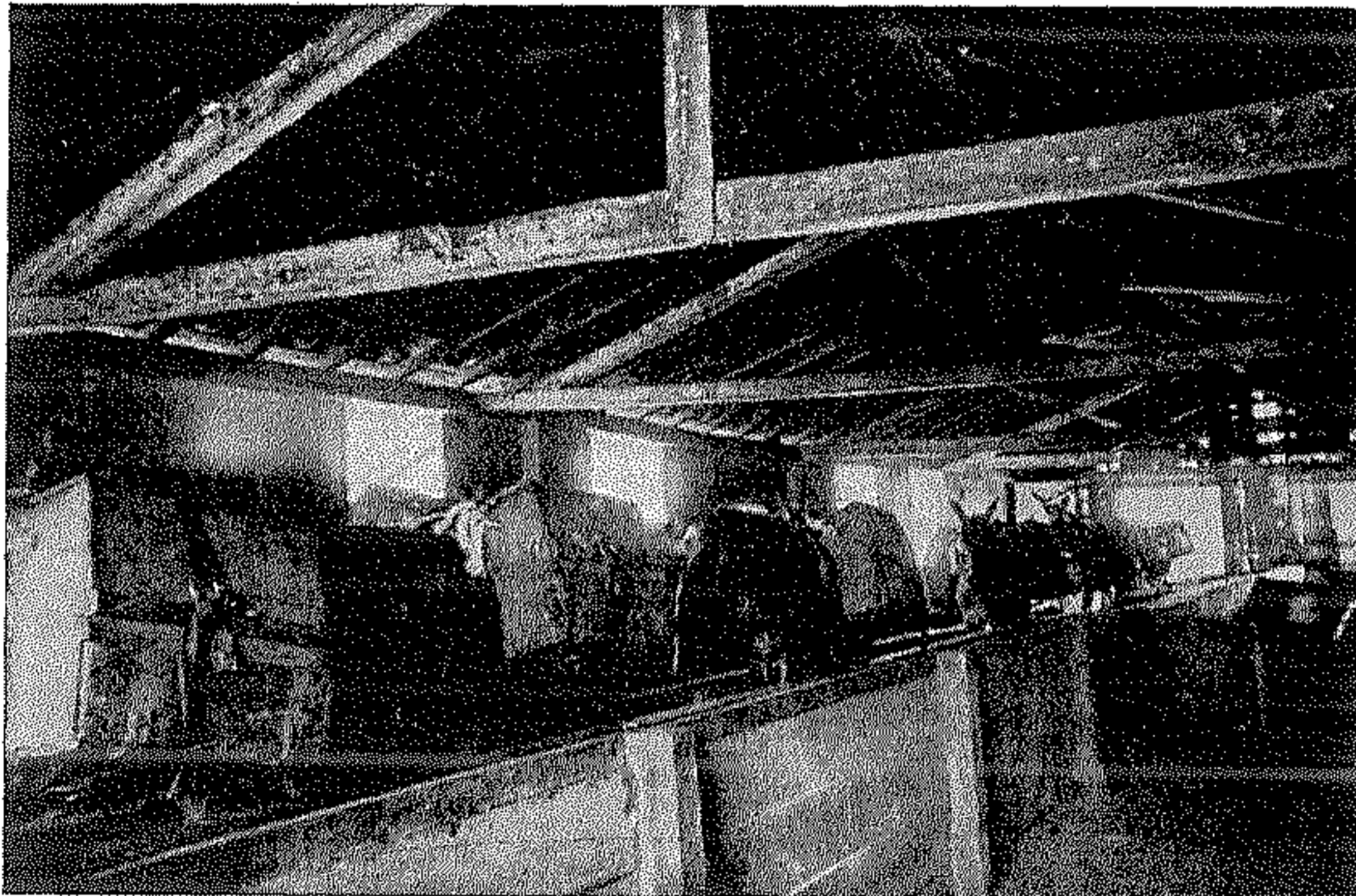


FIGURA 40. Llegada al lugar de fermentación de una reata de mulas con un cargamento de cacao fresco en Brasil.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

BRASIL

En los cacahuales grandes, la recolección se efectúa normalmente en el término de una semana, y los granos frescos se transportan en mulas (Figuras 13 y 40) o en canoas (Figura 14). El cacao pierde gran parte de su pulpa durante el traslado y está parcialmente fermentado cuando llega al centro de fermentación. La fermentación se hace en grandes cajas de madera (Figura 39) que raramente tienen orificios para el desagüe de las exudaciones. Teniendo en cuenta las pérdidas que se producen en el transporte, puede que sean pocas o ninguna las exudaciones que haya que evacuar, pero los orificios son esenciales para la ventilación de la masa de grano. Los granos generalmente no se cubren, y la duración del tratamiento oscila entre tres y seis días (Urquhart y Wood, 1954). Al comienzo de la temporada, cuando todavía no se dispone de cacao suficiente para llenar las cajas, se hace un pequeño montón en un extremo y luego se le cambia de sitio de vez en cuando a manera de remoción.

VENEZUELA

En los años últimos las cajas de madera han sustituido a los tanques de cemento (*desbabaderos*) utilizados antiguamente. En éstos se mantenía el cacao durante dos o tres días, al cabo de los cuales se sacaba de ellos. La mayoría de los agricultores efectúan todavía la fermentación durante solamente tres días. Esta costumbre ha quedado probablemente de la época en que el cacao venezolano era de la variedad criollo. Las introducciones de cacaos forasteros han dado origen a un tipo mixto que por su naturaleza se parece más a los trinitarios, pero el método de curado no ha sufrido alteración. El resultado de esto es que gran parte de este cacao no se fermenta bien (Palma, 1951). En las regiones donde las fincas son pequeñas, la recolección da sólo un pequeño número de mazorcas por picada, y es costumbre acumular mazorcas durante una semana antes de proceder a su apertura. Palma (1951) ha descrito un método de fermentación que consta de tres fases:

Fermentación. Una vez sacadas las semillas de las mazorcas, se fermentan aquéllas en cajas durante unas 48 horas sin remoción, después de lo cual los granos se exponen al sol durante unas seis u ocho horas en plataformas de desecación.

Desbabe. Esta fase de desecación al sol ocasiona una reducción considerable del peso. Terminada esta operación, se vuelven los granos a las

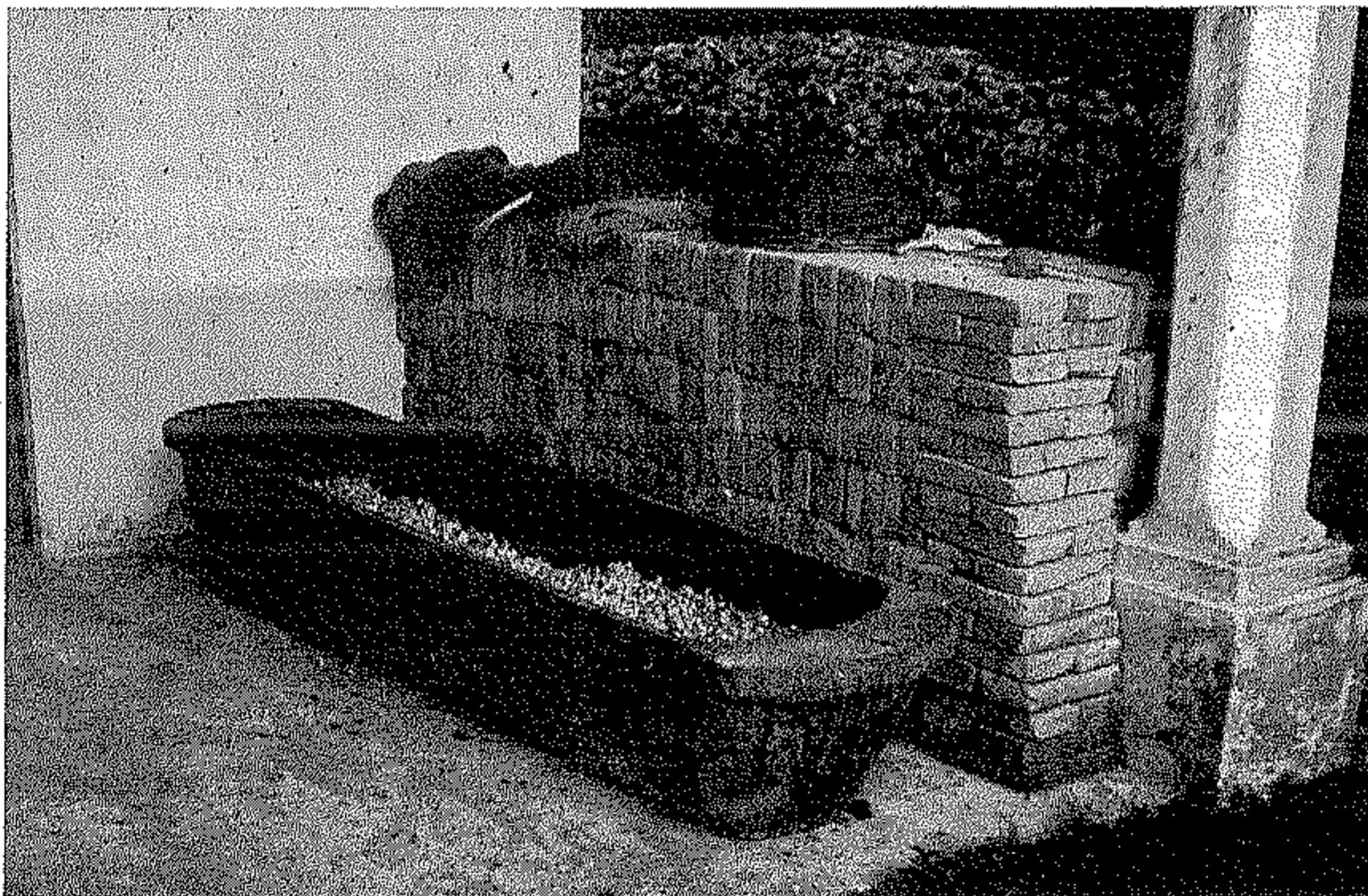


FIGURA 41. Toya o vasija de fermentación utilizada en México.

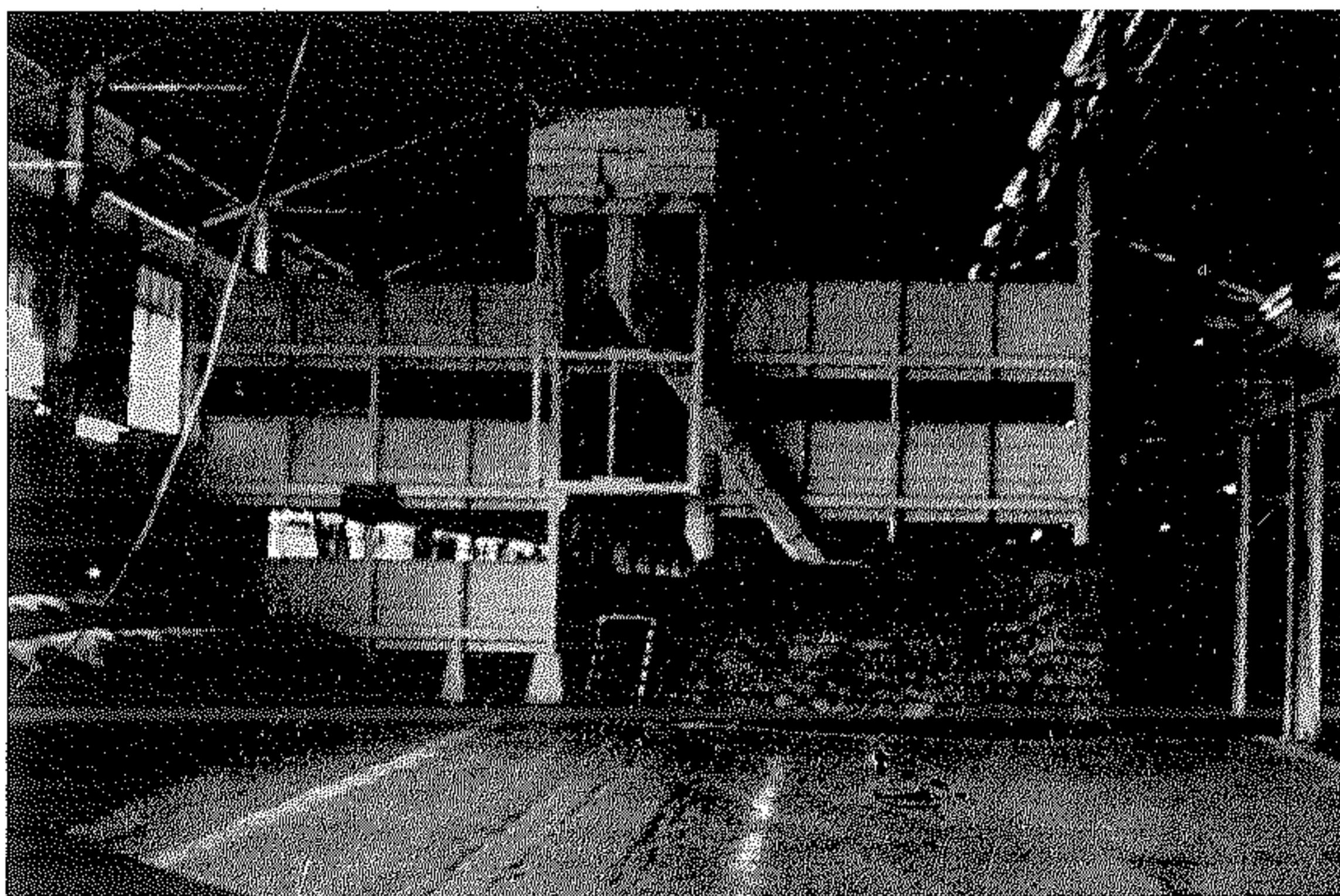


FIGURA 42. Cajas de una nave de fermentación de la United Fruit Company en Costa Rica.

† (Fotos facilitadas por Cadbury Bros. Ltd.)

mismas cajas en que fermentaron, o se los amontona sobre un suelo de madera y se cubren con sacos.

Cocimiento y oxidación. Esta última fase que precede a la desecación dura dos o tres días, a partir del momento en que se amontona el cacao después del desbabe. El calor solar absorbido favorece la continuación del proceso de fermentación. La penetración de aire hasta los cotiledones origina cambios químicos internos y el hinchamiento y el desprendimiento de los tejidos de los cotiledones.

Este sistema de fermentación es muy semejante a un proceso descrito por Schult-im-Hofe (1913), en que los granos se fermentaban durante dos o tres días, luego se secaban parcialmente y después se volvían a las mismas cajas donde fermentaron y se los calentaba artificialmente. Se parece también dicho sistema a la nueva técnica de fermentación interrumpida, ideada en Nueva Guinea, y que se describe más adelante.

ECUADOR

Aunque el cacao de este país es del tipo amelonado, genéticamente es distinto del amelonado del Africa occidental y exige un tratamiento diferente. Los granos frescos se dejan en montones durante uno o dos días después de la apertura de las mazorcas, para dar tiempo a la descomposición de la pulpa, y luego se los seca al sol. En algunas explotaciones, los granos frescos se extienden sobre barbacoas de secado y sólo se los amontona por la noche. Todos los cambios que se producen en los cotiledones, asociados generalmente con la fermentación, son accesorios respecto de la eliminación de la pulpa (Lipscomb, 1949) a la que, al parecer, se le atribuye más importancia. Es posible que durante la cosecha principal (verano), cuando se dispone de cantidades más considerables de cacao, la fermentación en las masas mayores recogidas para la descomposición de la pulpa sea más intensa que lo que es posible durante la cosecha secundaria, cuando el producto es de calidad inferior. El tratamiento se ha mejorado en los últimos años (Palma, 1951), con el resultado de que el cacao *Nacional* es de muy buena calidad.

REPÚBLICA DOMINICANA

En este país el cacao no se fermenta sino que se esparce inmediatamente sobre plataformas de desecación una vez abiertas las mazorcas (Wood, 1957a). Cuando la cosecha es abundante y los granos se extienden sobre

las plataformas de desecación formando capas espesas, pueden producirse algunos de los cambios asociados con la fermentación, pero el producto contiene una proporción elevada de granos sin fermentar y es de muy mala calidad.

MÉXICO

Después de abrir las mazorcas, los granos frescos se colocan en una toya (Figura 41), que es una larga artesa de madera o un tronco hueco de árbol, que lleva orificios para el desagüe de las exudaciones. Transcurridas 24 horas, los granos se lavan y se secan al sol. Este procedimiento puede que fuese adecuado para el cacao de tipo criollo que en otro tiempo se cultivaba en México, pero da un producto malo cuando se aplica a los híbridos forastero que actualmente se cultivan en este país (Wood, 1957a). Este mismo autor refiere que algunos agricultores, al parecer, fermentan en cajas de madera durante 72 a 96 horas el cacao recolectado por ellos y obtienen un producto superior.

COSTA RICA

El cacao, que es de un tipo trinitario, se cosecha todo el año, y los agricultores, o bien proceden a la fermentación de su cosecha en sus mismas fincas, o bien venden el grano fresco a la United Fruit Company, que tiene una gran instalación de beneficio en Limón. La fermentación en las fincas es variable, y se hace tanto en montones como en cajas. El tratamiento no dura más de tres días y no es raro hallar granos puestos a secar ya con sólo un día de fermentación para aprovechar el sol (Wood, 1957a). En el centro de fermentación de la United Fruit Company se reciben los granos frescos de las explotaciones grandes y de las pequeñas, pero se tiene cuidado de asegurarse de que el intervalo transcurrido entre la apertura de las mazorcas y el comienzo de la fermentación no sea superior a 48 horas. Los granos frescos se llevan mecánicamente a las cajas de fermentación que tienen el fondo enrejado y una capacidad de unos 3.700 Kg. de cacao sin fermentar. Se disponen 90 cajas en tres planos (Figura 42) y la fermentación dura cuatro o cinco días (Wood, 1957a).

TRINIDAD Y TABAGO

El cacao trinitario, característico de estas islas, normalmente está bien fermentado. En Trinidad, la Cocoa Planters Association se ocupa

de conseguir las mejores condiciones, tanto en las grandes como en las pequeñas explotaciones, divulgando técnicas de curado y ayudando a construir centros cooperativos de fermentación. Todo esto se ha traducido en un señalado mejoramiento de la calidad. La fermentación se hace en cajas que se colocan adyacentes unas a otras en hilera. La primera caja se llena con cacao fresco, que se pasa a la segunda a las 24 horas. En esta segunda el cacao permanece 48 horas antes de trasladarlo a la caja siguiente. El período de fermentación dura, en total, cuatro a nueve días y varía de unas a otras explotaciones. En una encuesta de los métodos utilizados en las plantaciones de Trinidad, MacLean (datos inéditos, WACRI, Ghana) observó una tendencia a echar cacao en las cajas de fermentación durante dos a tres días, cuando el cacao de una recolección era insuficiente para llenar las cajas inmediatamente. La duración de la fermentación depende, en cierto modo, de las condiciones atmosféricas. Durante la estación húmeda, los granos se sacan de las cajas de fermentación antes que en la estación seca. MacLean vio también que las mazorcas se abrían el mismo día de su recolección. Palma (1951) describe el uso de barriles de madera para la fermentación en las fincas pequeñas. Estos barriles tienen una capacidad de unos 150 Kg. de grano fresco y cuentan con orificios de desagüe, y para permitir la ventilación se les agita o hace girar de vez en cuando.

GRANADA

MacLean observó que en esta isla es costumbre humedecer los granos durante la fermentación, especialmente en la estación seca, pero no ha indicado qué efecto tiene esto sobre la marcha del tratamiento. En una explotación, el cacao se fermenta regularmente durante 14 días. El cacao de Granada es de muy buena calidad y parece que se cuida mucho su preparación para la venta.

CEILÁN

Aunque en un tiempo se cultivaba cacao criollo, las introducciones del tipo forastero han alterado considerablemente el carácter del cultivo. Después de abiertas las mazorcas, se llevan los granos frescos a la nave de fermentación y se echan en cajas rectangulares de unos 2,4 m. por 1,4 m. y 1,2 m. de hondo. Estas cajas tienen fondo de rejilla y generalmente se disponen en series de cuatro cajas. Transcurridas unas 12

horas, se humedece el grano y se le pasa a la segunda caja, donde permanece 24 horas, después de lo cual se le lava para quitarle la pulpa residual (Fernando, 1938). Urquhart (1957) describe el empleo de cajas menores, pero la técnica parece que es esencialmente la misma. Los pequeños agricultores emplean métodos análogos e instalaciones más toscas, pero utilizan cantidades muy pequeñas de cacao, a veces de sólo 2,3 a 2,7 Kg. y raramente superiores a 25 Kg. (Fernando, 1938).

NUEVA GUINEA

En esta isla para fermentar el cacao se emplean las cajas. Aquél es en su mayor parte de tipo trinitario, aunque están representados en la isla todos los tipos, desde los parecidos al criollo a los parecidos al forastero (Green, 1938). A la producción de cacao se dedican agricultores europeos e indígenas; las cosechas de estos últimos se tratan generalmente en centros de fermentación (Bridgland y Friend, 1957). Una serie de cajas situadas en un mismo plano horizontal se considera satisfactoria, pues de este modo se consigue una mezcla mejor, al pasar los granos desde una a otra caja, que cuando las cajas se disponen en planos horizontales distintos. Estas cajas tienen 1,5 m. de largo por 1,2 m. de ancho y 0,9 m. de hondo, y van montadas sobre un canal de desagüe en forma de V en baterías de tres cajas (Henderson, 1954). Fuertes pilares acanalados encajan en orificios hechos en el suelo de cemento y los costados y tabiques se deslizan en las canales, de manera que las cajas se pueden desmontar fácilmente para limpiarlas. La limpieza de las cajas es fundamental para impedir la contaminación con microorganismos indeseables. La fermentación dura seis a diez días y la remoción se efectúa a intervalos de 24 ó 48 horas.

Factores que intervienen en la fermentación

DURACIÓN

Este factor varía ampliamente entre los diversos países donde se cultiva el cacao, incluso para cacaos de tipo semejante. Duthie (1937) sugirió que la duración de la fermentación se relaciona con la cantidad de pigmentos de color púrpura presentes en los granos frescos y que cuanto más oscuro es dicho color más larga debe ser la fermentación. En efecto,

es ya tradicional que los granos criollo, poco o nada pigmentados, fermenten mucho más pronto que los tipos forastero de color púrpura, pero no se conoce exactamente hasta qué punto ha sido sólo el color el que ha influido en la elección de la duración de la fermentación. Según Bellefroid (1935), el tamaño del grano influye en el tiempo que dura la fermentación. Este autor encontró que los granos finos venezolanos fermentan más rápidamente que los tipos forastero más gruesos. Palma (1951) opina que la duración de la fermentación depende de la cantidad de cacao que se trate, de la variedad del mismo y de la época del año en que la fermentación ocurra. Esto hace pensar que puede que sea imposible fijar con exactitud el tiempo necesario para que el cacao fermente, sin acudir a otros factores, y más adelante se presentan pruebas de que efectivamente sucede así.

Forsyth y Quesnel (1956) distribuyeron un cuestionario entre los productores de cacao de todo el mundo a fin de conocer los diversos métodos de fermentación y desecación de uso común. Hallaron que un histograma de frecuencia de las respuestas relativas a la duración de la fermentación es bimodal, con máximos de dos a tres días y de seis a ocho días, correspondientes a la fermentación de los tipos criollo y forastero. En resultados tabulados, dichos autores dividieron los tratamientos en fermentación larga, media y corta. En el Cuadro 8 se presentan unos cuantos ejemplos.

CUADRO 8. - DURACIÓN DE LA FERMENTACIÓN EN DIFERENTES PAÍSES PRODUCTORES

Pais	Tipo de cacao	Duración (días)
Ecuador	Criollo	1,5
Ceilán	Trinitario	1,5
Venezuela	Forastero	2 Corta
Venezuela	Criollo	2
Zanzibar	Criollo	6
Venezuela	Forastero	5
Trinidad	Trinitario	6-8 Media
Ghana	Forastero	6
Granada	Trinitario	8-10 Larga
Congo (Leopoldville)	Criollo/forastero	7-10

Se ve inmediatamente que hay tipos criollo tanto en los grupos de fermentación larga como en los de fermentación corta y otro tanto sucede con los forastero.

Para establecer las exigencias del cacao amelonado del tipo de Africa occidental, el West African Cocoa Research Institute emprendió un estudio detallado (Rohan, 1957a, 1958a, 1958b). Los resultados demuestran hasta cierto punto que este tipo de cacao puede fermentar en un tiempo más breve que el que se recomienda normalmente, sin que su calidad sufra por ello. Se observó, en el transcurso de esas investigaciones, una falta de uniformidad en las velocidades con que los cambios asociados con la fermentación se producían en las diferentes partes del montón. Esta cuestión se estudia con algún detalle, pues ha tenido gran influencia sobre los estudios posteriores.

FALTA DE UNIFORMIDAD DE LA VELOCIDAD DE LA FERMENTACIÓN EN MONTONES

Al abrir un montón de 2.000 Kg. de cacao fresco al cabo de 48 horas, se observó que los granos de una capa superficial de unos 10 cm. habían experimentado un cambio notable en su aspecto, en tanto que los granos del centro estaban prácticamente inalterados. El examen químico y físico del cacao confirmó que los granos superficiales habían experimentado los cambios asociados normalmente con la fermentación y por estudios de viabilidad se vio que habían perdido su poder germinativo, mientras que los del centro de la masa estaban todavía vivos (Lámina 1). Además, cuando los granos de este montón se secaron y transformaron en chocolate, se obtuvo un producto de buena calidad con los granos superficiales, pero el que dieron los granos del centro era de calidad muy mala. Reduciendo el tamaño del montón a 450 Kg. de cacao húmedo, se observó que el efecto superficial era proporcionalmente mayor, y al reducirlo a menos de 230 Kg., la masa de grano tenía un aspecto uniforme transcurridas 48 horas. Con montones de unos 230 Kg. de cacao húmedo, la duración de la fermentación se pudo reducir a cuatro días y el producto era más uniforme y de aspecto y calidad mejores que el cacao comercial de Ghana (Rohan, 1957b). Biehl (1961), independientemente, ha hallado en Brasil que la temperatura de una masa de cacao en fermentación subía más rápidamente en la capa exterior que en el centro de la masa.

Howat y colaboradores (1957a) encontraron también que una fermentación de cuatro días en montones daba un producto superior al cacao

comercial de Ghana, pero inferior al obtenido con un tratamiento de seis días. La confirmación de la posibilidad de reducir la duración de la fermentación la han aportado Forsyth y colaboradores, quienes han sugerido que el cacao de Trinidad puede fermentar adecuadamente en cuatro días por los métodos usuales (Forsyth, 1957).

Una frecuente toma de muestras de la capa superficial de los montones en fermentación indicó que se podía obtener cacao de buena calidad en tan sólo 30 horas (Rohan 1957b; véase también Cuadro 25). Posteriormente se intentó aislar este efecto superficial que, como se describirá después, se debe a una mayor ventilación en la superficie del montón. Como resultado de estas investigaciones, se ha desarrollado un sistema totalmente nuevo de fermentación del cacao (Allison y Rohan, 1958) que permite una fermentación más rápida con un mínimo de manipulación y proporciona un producto más uniforme. Esta técnica se expone detalladamente más adelante. La fermentación más rápida de los granos en la parte exterior de los montones fue observada ya hace medio siglo por Schult-im-Hofe (1913). Briton-Jones (1934) atribuyó las temperaturas más altas que halló en la superficie de los montones en fermentación a una mejor ventilación.

FERMENTACIÓN LARGA

Si la fermentación se prolonga demasiado se corre el peligro de que se produzca una pérdida de sabor a cacao (Wadsworth, 1951), de que se originen malos sabores y de que se desarrollen hongos externamente (Knapp, 1937; Roelofsen, 1958). A medida que la fermentación avanza, el pH de la pulpa aumenta de valor y cuando éste llega a 5,0, aproximadamente, comienzan a aparecer bacterias putrefactivas.

El metabolismo de estas bacterias hace ascender aún más el pH y a valores de éste de 7,0 y superiores los granos se oscurecen considerablemente y huelen mal. Wickens (1953) halló una tendencia incrementada al desarrollo de mohos cuando la fermentación duraba ocho días. Este desarrollo iba acompañado de una pérdida de sabor. Hancock (1949) sacó muestras de una caja de fermentación diariamente y observó que en los primeros días de la fermentación se producía pérdida de la astringencia y desarrollo de sabor a chocolate. Al cabo de cinco días se desarrollaba un buen sabor en el cacao de Trinidad, sabor que disminuía al continuar el tratamiento y, después de siete días, el cacao era de calidad inferior. En algunos experimentos, el desarrollo de sabor era completo ya a los cuatro días de fermentación. La pérdida de sabor

con la prolongación de la fermentación ha sido observada también por Montserin (1952). Knapp (1926b) ha demostrado un incremento en el contenido de cáscara al aumentar el tiempo de fermentación.

TERMINACIÓN DE LA FERMENTACIÓN

De las respuestas a su cuestionario, Forsyth y Quesnel (1956) dedujeron que existen seis modos de determinar cuándo hay que detener la fermentación y comenzar la desecación :

1. Por la fijación del tiempo. Es decir, que el proceso se normaliza para que dé iguales resultados en un tiempo determinado o, de otro modo, se prescinde de las variaciones naturales.
2. Por el corte de muestras de granos para examinar su color interior.
3. Por el examen del color de la parte externa de las cáscaras.
4. Por el examen del olor de la masa fermentante.
5. Por la observación del descenso de la temperatura.
6. Por la observación del hinchamiento de los granos.

Se han descrito métodos químicos (Zeller, 1937; Neirinckx y Jennen, 1952), pero estos métodos son tan inexactos que resultan muy poco útiles. Knapp (1937) suponía que la desecación es una continuación de la fermentación y que no es posible que exista un punto crítico en que haya que detener la fermentación y comenzar la desecación. Estudios recientes de la química de la fermentación confirman que así es, efectivamente, por lo menos para algunos de los cambios que se producen en los cotiledones (Rohan, 1958c). La variación natural de las condiciones de fermentación es tan grande que resulta difícil hallar el modo de normalizar con exactitud este proceso. Montserin (1952) confirma esta impresión en su hipótesis de que no puede haber una regla fija en lo relativo al número de días necesarios para la fermentación y que hay que guiarse por la experiencia adquirida mediante la observación de las condiciones de trabajo. Existen, en efecto, varios factores de la fermentación del cacao que están íntimamente relacionados entre sí y ninguno de los cuales es más importante que los demás. Quesnel ha referido no hace mucho (1958) que el final de la fermentación puede reconocerse por la aparición de un anillo pardo exterior en los cotiledones de un corte del grano. Este autor supone que esta aparición señala la terminación de la fase hidrolítica anaerobia y el comienzo de la fase de condensación oxidativa aerobia, y que los granos pueden pasarse a las bandejas de desecación en cuanto se produzca este fenómeno.

MAGNITUD, REMOCIÓN Y VENTILACIÓN DE LA MASA FERMENTANTE

Estos tres factores dependen uno de otro en gran manera y tienen considerable influencia sobre la duración de la fermentación, según se demostrará. El rápido pardeamiento de la parte externa de los granos de la capa exterior de un montón de cacao en fermentación se debe a que estos granos mueren rápidamente al elevarse de modo brusco la temperatura y la acidez, y a la oxidación subsiguiente de determinados constituyentes de los cotiledones, que se difunden a través de la testa una vez muertos los granos. El desarrollo de calor y de acidez depende de la ventilación de la masa, y como el acceso de aire es mayor en la superficie, es natural que estos cambios se produzcan con más rapidez en ella. Al reducir la magnitud de la masa, la ventilación superficial aumenta proporcionalmente hasta que, para una magnitud crítica, la penetración de aire en la masa fermentante es casi completa. Esta reducción de la magnitud de la masa va acompañada de un incremento en la velocidad de fermentación en toda la masa y de una mayor uniformidad (Láminas 1, 2 y 3).

Por consiguiente, si el cacao puede fermentar bien en dos días en la superficie de un montón, el factor limitativo en las masas grandes es la imposibilidad de que el aire penetre en el centro de la masa hasta las últimas fases del tratamiento. Para acelerar esta ventilación en los montones mayores, se remueve la masa de cacao. En los montones pequeños, en que la penetración de aire es completa, será innecesario remover la masa y así resulta realmente. Sin embargo, se recomienda encarecidamente efectuar esta remoción para impedir el desarrollo superficial de mohos (Figura 43) y toda tendencia de los granos superficiales a secarse. Existe una magnitud mínima para los montones, por bajo de la cual la fermentación puede no ser satisfactoria debido a una pérdida excesiva de calor y al subsiguiente peligro de que los granos queden vivos hasta la operación de desecación. Hay diversidad de opiniones respecto a la cantidad mínima de cacao que se puede fermentar adecuadamente en condiciones naturales. En el Cuadro 9 se presentan cuatro cifras.

Gran parte de la producción mundial de cacao se obtiene en plantaciones de poca extensión donde las cantidades de cacao que se recolectan en una cosecha son demasiado pequeñas para que la fermentación sea adecuada (Roelofsen, 1958), y no es infrecuente hallar agricultores que pretenden beneficiar cantidades extremadamente reducidas de cacao fresco (Palma, 1951; Fernando, 1938).

CUADRO 9. - MAGNITUD MÍNIMA DE LA MASA FERMENTANTE PARA OBTENER UNA FERMENTACIÓN SATISFACTORIA

Autor	Pais	Magnitud de la masa fermentante (Kg.)
Knapp (1937)	Ghana	450
Hammond (1953)	Ghana	35
Rohan (1957)	Ghana	228 (70, con cuidado)
Palma (1951)	Venezuela	450

Según Jacquemin (1958), la fermentación en montones pequeños origina una proporción mayor de granos pizarrosos (sin fermentar) por la imposibilidad de alcanzar una temperatura suficientemente elevada. Se ha hecho un estudio de la fermentación del cacao amelonado de Africa occidental en montones cuyo tamaño variaba entre 10 y 100 Kg. (Rohan, 1958a; 1958b). Se observó que el aumento de temperatura era más uniforme en toda la masa cuanto menor era el montón, pero en montones de 10 Kg. era evidente la influencia de las condiciones atmosféricas reinantes (véase Figura 50). Aunque varios de estos montones muy pequeños fermentaron bien, los resultados malos fueron lo bastante frecuentes para justificar el que se desaconseje a los agricultores el empleo de montones pequeños en la fermentación normal.

Magnitud máxima de la masa fermentante

El límite superior de la cantidad de cacao que se puede fermentar de una vez lo determina la facilidad de manipulación, pero hay pruebas de que es más importante la altura de la masa que su peso. En los montes, la altura máxima varía en proporción directa al peso hasta que éste es de unos 150 Kg. (Rohan, 1958b), pero, por encima de esta cifra, la altura no aumenta proporcionalmente, debido a la tendencia de los montones grandes de cacao fresco a extenderse. En las cajas de fermentación, las condiciones son algo diferentes, y Montserin (1952) fija en 90 cm. la altura máxima de la masa de cacao para lograr una fermentación eficaz. Cuando las cajas son demasiado hondas, la fermentación suele ser pequeña o nula en el centro de la masa, mientras que en las partes de ésta inmediatas a las paredes de las cajas la fermentación se suele producir rápidamente.



LÁMINA 1. Sección transversal de un montón de 900 Kg. al cabo de 48 horas, que permite apreciar el efecto superficial.

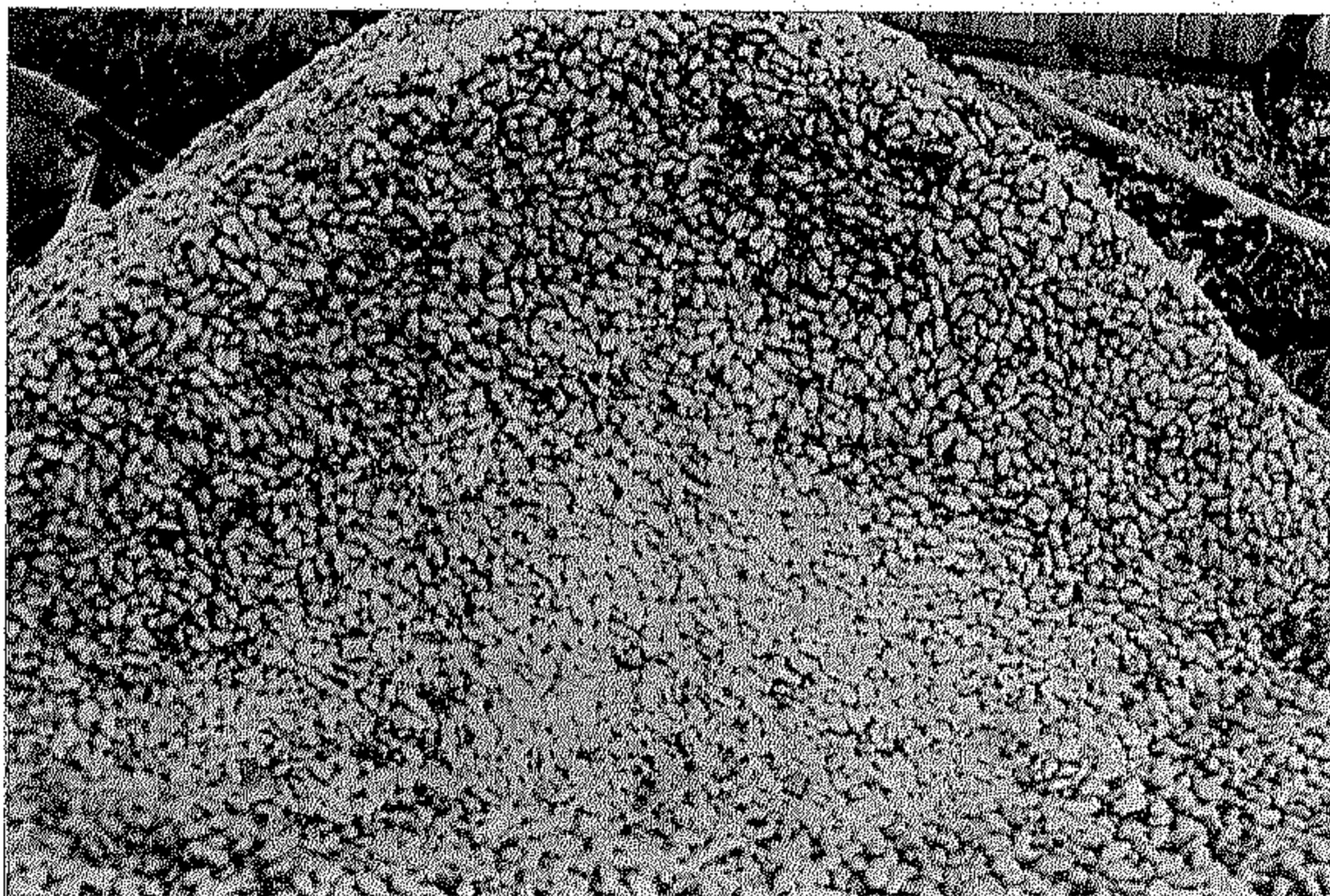


LÁMINA 2. Sección transversal de un montón de 225 Kg. al cabo de 48 horas, que permite apreciar la mayor uniformidad.

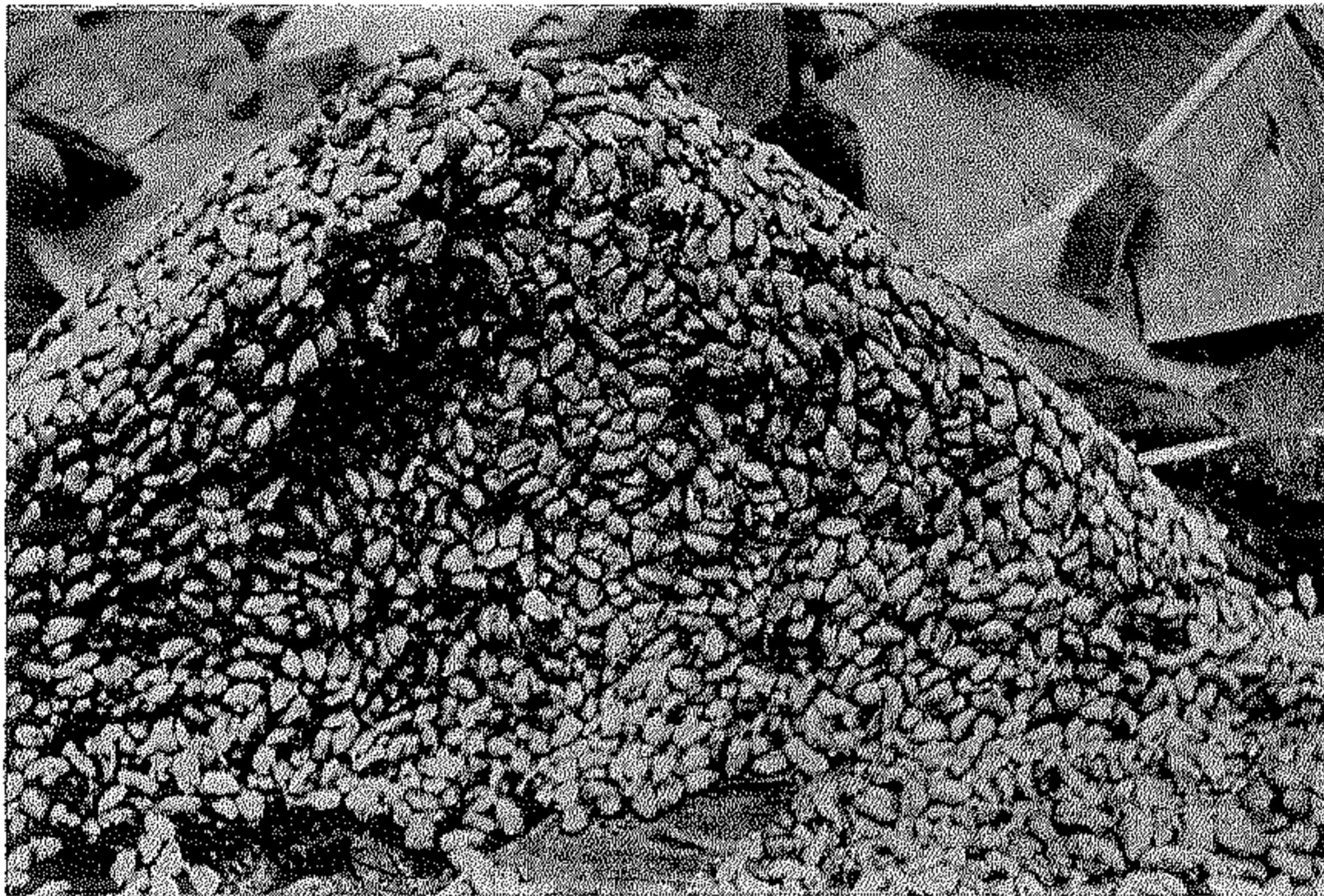


LÁMINA 3. Sección transversal de un montón de 45 Kg. al cabo de 48 horas, que permite apreciar la casi completa uniformidad.

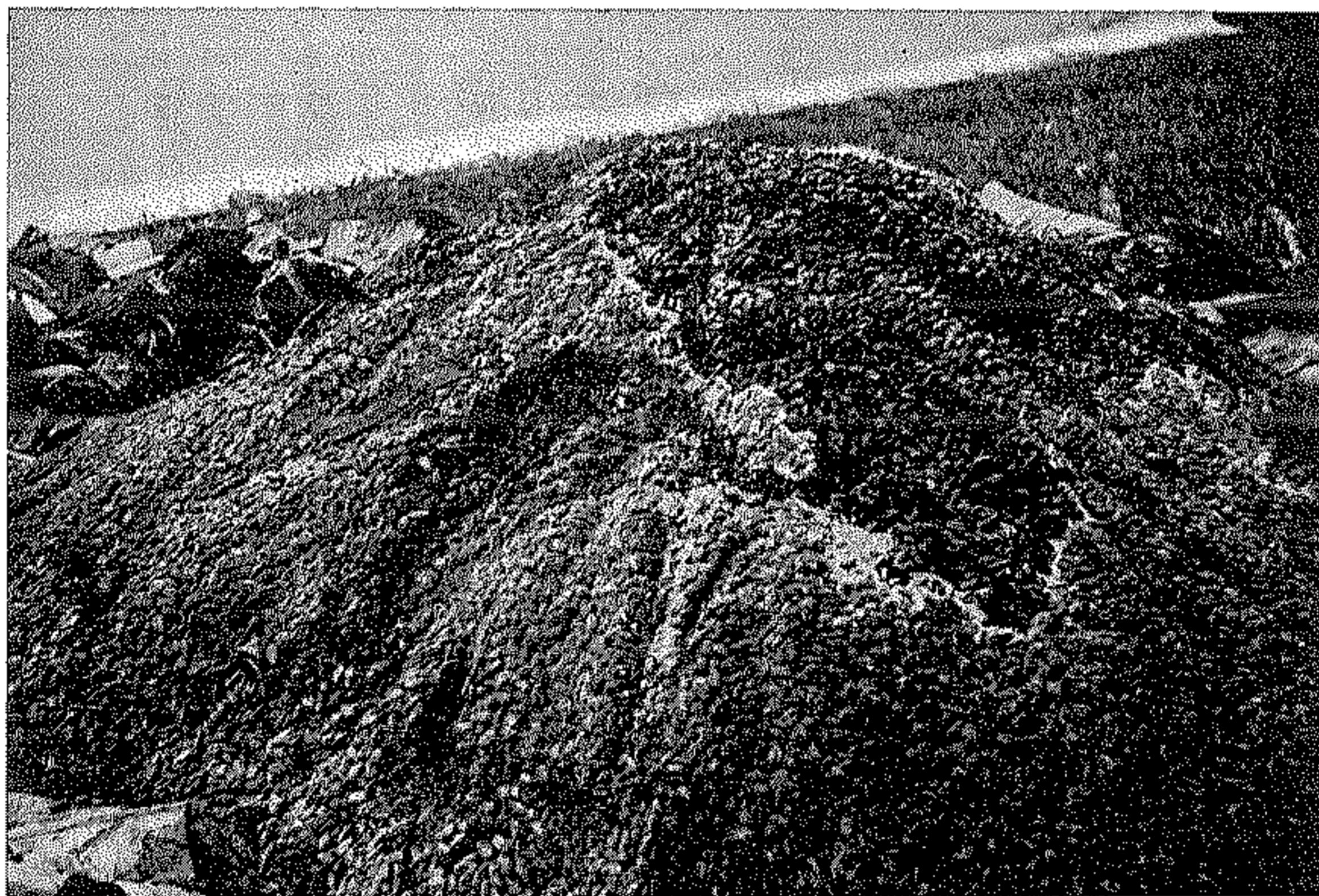


FIGURA 43. Mohos en la superficie de un montón de cacao sin remover.



FIGURA 44. Removiendo un montón de cacao en fermentación.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)

Remoción

Se han propuesto varios métodos para remover la masa fermentante, considerándose generalmente fundamental la práctica siguiente para conseguir una buena fermentación. Cuando se opera en montones, se prepara una base nueva de hojas de plátano y se echa sobre ella el cacao, bien sea a mano o bien mediante palas (Figura 44).

En la fermentación en cajas, es posible un sistema algo más sencillo, con arreglo al cual los granos se pasan de una a otra caja. Estas cajas se pueden disponer en distintos planos horizontales y cada una de ellas tiene una trampilla de corredera para facilitar la operación (Figura 45).

Anteriormente se ha mencionado un sistema de fermentación en barriles de vino, que pueden girar sobre su eje mayor, que se emplea en la Costa de Marfil (Figura 38) y que ha introducido en este país la Société mutuelle de production rurale. Con sólo hacer girar los barriles durante la fermentación se logra la remoción necesaria.

Whitworth y Holloway (1925) patentaron una instalación comercial rotatoria de fermentación, que, sin embargo, no ha encontrado aplicación alguna.

La finalidad principal que se persigue con la remoción es aumentar la ventilación y, por consiguiente, la uniformidad de la fermentación en toda la masa. Se han utilizado cañas de bambú perforadas, introducidas en la masa, para aumentar el acceso del aire al centro de la misma, pero no se ha publicado ningún resultado relativo a la eficacia de este método. Se ha hablado ya de la influencia de la reducción de la magnitud de los montones, pero también se ha observado que en los montones grandes los granos del centro *morian* a las 72 horas, aunque la masa no se removiera, y que el desarrollo de sabor era tan rápido como en la superficie, una vez muertos los granos. Por ello, la remoción después de transcurridas 48 horas parece poco eficaz, pero la efectuada prematuramente puede acelerar la muerte de los granos. Palma ha señalado la producción de una fermentación butírica cuando los granos se dejan demasiado tiempo sin remover, y Knapp ha demostrado el desarrollo superficial de mohos en condiciones análogas. La menor velocidad de la fermentación en las cajas de fermentación se ha atribuido a una muy inferior penetración del aire (Rohan, 1958c), habiéndose visto que la remoción pasadas 24 horas proporciona una elevación mucho más rápida y uniforme de la temperatura en toda la masa (véase Cuadro 10). Como resultado de un estudio de las condiciones prevaletientes durante la fer-

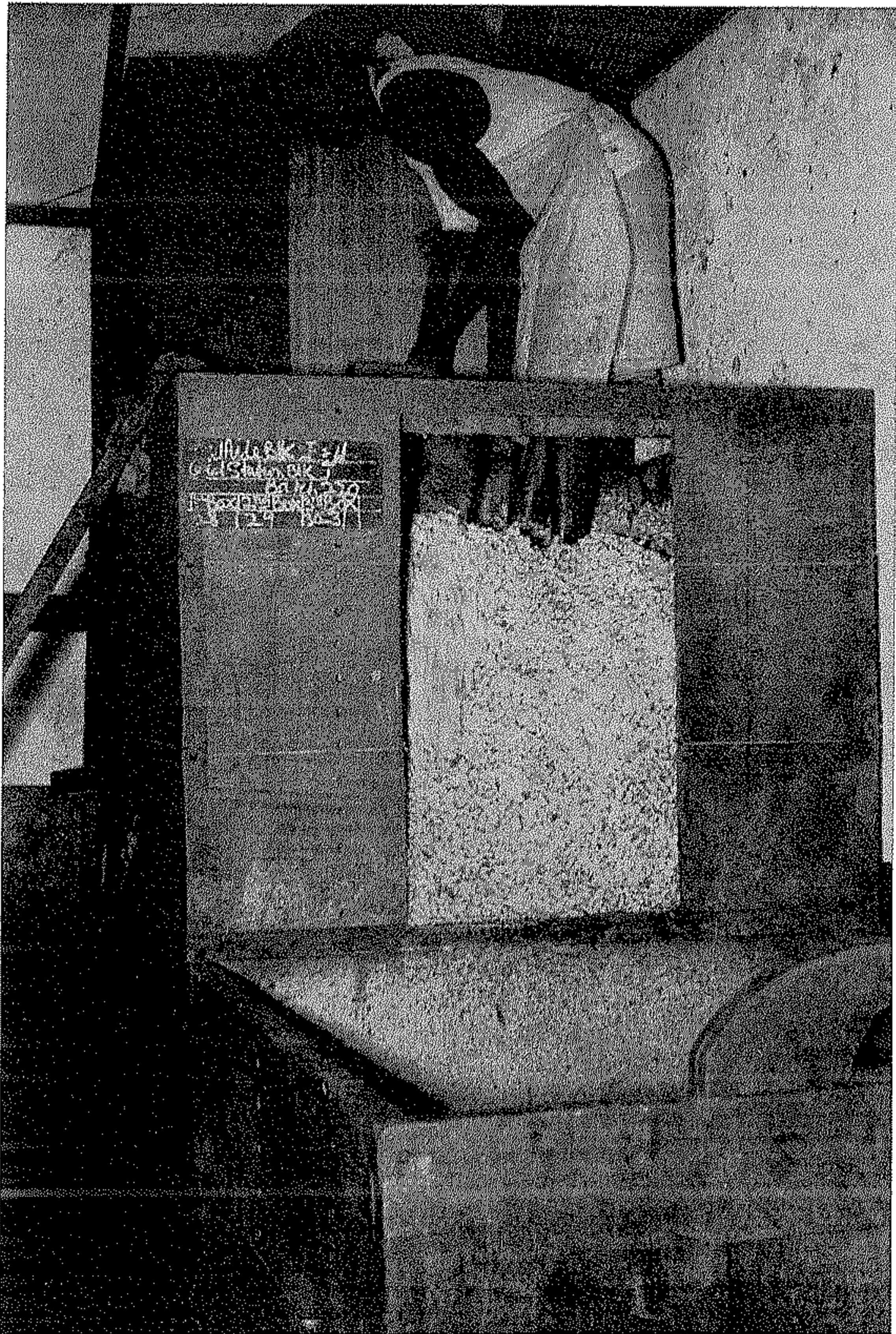


FIGURA 45. Mezcla en la fermentación en cajas por paso del grano de una a otra caja.

mentación en cajas, se vio que un tratamiento de cuatro a cinco días, removiendo la masa a las 24 y 48 horas, daba un producto mejorado comparado con el que se obtiene con la fermentación de seis días y la remoción después de 48 y 96 horas, recomendadas.

CUADRO 10. - EFECTO DE LA REMOCIÓN SOBRE LA TEMPERATURA EN LAS CAJAS DE FERMENTACIÓN (Temperatura °C)

Tiempo (horas)	1.000 Kg.		1.000 Kg.		450 Kg.		450 Kg.	
	Superficie	Centro	Superficie	Centro	Superficie	Centro	Superficie	Centro
0	25	27	27	26	27	27	28	27
24	33	29	32	28R	40	32R	37	31
48	44	32R	46	40	50	43R	43	34
72	43	41	48	47	51	50	43	35

R = remoción.

En la caja de 1.000 Kg., la remoción después de 24 horas producía una elevación relativamente rápida de la temperatura en el centro, en tanto que la remoción diaria en la caja de 450 Kg. era aún más eficaz.

Ventilación

En los últimos años, los entendidos en fermentación han expuesto pareceres diversos acerca de la influencia del anhídrido carbónico que se acumula en el centro de una masa de cacao en fermentación (Howat y col., 1957a). Wadsworth (1955) cree que, en presencia de este gas, no se forman sustancias precursoras del sabor. Si esto es así, no es probable que constituya un problema en la fermentación en montones, en que el anhídrido carbónico desaparece por difusión. En la fermentación en cajas, donde la ventilación es menos eficaz, dicho gas podría tener influencia de no removerse la masa de grano. Sin embargo, en tales condiciones un peligro mayor sería la germinación. Quesnel (1957) ha demostrado que en una atmósfera de anhídrido carbónico se puede preparar cacao de calidad aceptable, y es evidente que *el objeto primordial de la ventilación es fomentar los cambios que originan la muerte del grano*. En el Cuadro 11 se expone el efecto del incremento de la ventilación en las cajas de fermentación al aumentar grandemente el número de orificios de desagüe

en el fondo de dichas cajas y al incrementar el número de tales orificios haciendo gran número de ellos en los costados de las cajas.

CUADRO II. - EFECTO DEL INCREMENTO DE LA VENTILACIÓN SOBRE LA TEMPERATURA EN LAS CAJAS DE FERMENTACIÓN (°C)

Tiempo (horas)	Caja normal		Caja modificada	
	Superficie	Centro	Superficie	Centro
0	30	27	28	28
24	32	31	49	38
48	36	35	45	45
72	38	37	49	46

Caja normal: 0,9 m. de largo × 0,9 m. de ancho × 0,7 de hondo, con 20 orificios de 1 cm. en el fondo.

Caja modificada: Como la normal, con 220 orificios de 1 cm. en cada lado y 143 orificios de 1 cm. en el fondo.

En un sencillo experimento de laboratorio, Sack (1913) obtuvo una fermentación satisfactoria en probetas de vidrio al permitir en ellas el libre acceso del aire, pero no cuando las probetas se cerraron. Roelofsen (1958) demostró también la necesidad de una ventilación eficaz durante la fermentación y observó una reacción mucho menos rápida al obturar el fondo de la caja de fermentación. En investigaciones experimentales recientes, Bridgland (datos inéditos) ha demostrado el efecto de la falta de ventilación forrando las cajas de fermentación con láminas de polietileno. Los resultados, como era de esperar, fueron muy pobres.

MUERTE DEL GRANO

Es importante que el grano muera en el transcurso de la fermentación (Sack, 1913; Schult-im-Hofe, 1913). Los granos que según se sacan de la mazorca se secan no presentan las características del buen cacao. Además, casi siempre son pizarrosos. Knapp (1937) explicó cómo los cotiledones del cacao forastero se caracterizan por presentar células de color violeta intenso dispersas entre las otras incoloras. Estas células coloreadas contienen probablemente, además de los pigmentos coloreados, todos los constituyentes polifenólicos de los cotiledones (Brown, 1954).

Los polifenoles parece que están asociados en cierto modo con el desarrollo del sabor y el aroma de cacao, pero es fundamental que, durante

la fermentación, sean liberados de las células en que están contenidos. Si no ocurre así, el producto seco no tendrá ni el sabor ni el aroma del cacao bien curado. Por muerte de los granos se entiende, pues, no sólo la pérdida del poder de germinación, sino también los cambios en la sustancia celular de los cotiledones que originan la difusión del contenido de las células violetas en el tejido circundante. Esta fase va acompañada de la acumulación de un jugo de color púrpura en el interior del grano que se hincha apreciablemente. Se han expuesto varias teorías para explicar la muerte del grano durante la fermentación, y como factores más importantes de tal muerte se mencionan la temperatura y la acidez. Roelofsen (1961) considera probado que el ácido acético es la causa principal de la muerte del grano. Forsyth (1955), por ejemplo, ha mostrado que son necesarias una temperatura y una acidez mínimas determinadas en la masa fermentante para que los granos mueran en un tiempo razonable. Cuando se incubaron granos lavados en una solución de ácido acético al 2,5 por ciento, ajustada a pH 4,6, sólo los granos que se expusieron a una temperatura de 36°C murieron en un plazo de 2½ días. A temperaturas inferiores, los granos vivieron más tiempo. En estudios de viabilidad, Stevens (1925) obtuvo los resultados que se exponen en el Cuadro 12 con granos enviados a Estados Unidos desde los trópicos.

CUADRO 12. - ESTUDIOS DE VIABILIDAD EN GRANOS DE CACAO

Tiempo (minutos)	Estado de los granos a			
	45°C	55°C	60°C	75°C
20	vivos	muertos	muertos	muertos
30	vivos	—	—	—
120	muertos	—	—	—

Sack (1913) determinó las temperaturas necesarias para destruir el poder germinativo de los granos maduros, en condiciones tropicales, y ha obtenido los siguientes resultados:

Knapp (1937) encontró que cinco horas a 50°C eran suficientes para matar todos los granos y ocasionar la difusión del color de las células pigmentarias. Rohan (1958c) ha demostrado que la destrucción completa de las células de pigmento es relativamente lenta, y que la temperatura

CUADRO 13. - ESTUDIOS DE VIABILIDAD EN GRANOS DE CACAO

Tiempo (horas)	Temperatura (°C)	Granos muertos (%)
3	43	0
6	43	60
9	43	100
6	44	100

y la acidez son factores importantes en lo que a la regulación de la velocidad se refiere. Los datos que figuran en el Cuadro 14 muestran las condiciones típicas observadas durante el período en que murieron los granos.

CUADRO 14. - CONDICIONES FÍSICAS EN LA MASA FERMENTANTE EN EL MOMENTO DE LA MUERTE DE LOS GRANOS

Magnitud del montón (Kg.)	Situación en el montón	Período en que murieron los granos (horas)	Condiciones físicas		
			Temperatura (°C)	pH	
				Pulpa	Cotiledones
280	Superficie	23-27	42-47	3,3-3,6	6,1-5,6
280	Centro	23-46	39-49	3,6-4,1	6,4-5,9
1.000-2.000	Superficie	21-38	38-46	3,5-3,8	6,1-5,2
1.000-2.000	Centro	45-72	33-40	4,2-4,5	6,5-5,7
280	Superficie	20	50	3,3	5,1

Velocidad de la muerte de los granos

Knapp (1937) ha propuesto que la temperatura de la masa fermentante se eleve tan rápidamente como sea posible para destruir prontamente el poder germinativo de las semillas. Wadsworth (1955), por el contrario, dice haber demostrado de modo concluyente que los granos deben mantenerse vivos durante los primeros tres días de la fermentación. De Witt y Cope (1951) expusieron anteriormente la tesis de que los cambios que se producen en los granos inmediatamente después de la recolección son de gran importancia. Estos autores suponían la existencia de una germinación incipiente que se detiene con la muerte del grano durante

la fermentación y sugirieron que los cambios que se producen antes de la muerte del grano determinan la bioquímica del tratamiento siguiente. Investigaciones recientes llevadas a cabo en el West African Cocoa Research Institute (Rohan, 1958c) indican que es posible matar el grano antes de transcurridas 24 horas desde el comienzo de la fermentación y obtener un buen producto.

Quizá el cambio más importante que se sabe se produce con anterioridad a la muerte del grano es la destrucción de un pequeño disco circular de la cáscara que cubre el germen. Este es el primer indicio de la germinación y es de naturaleza enzimática (Bunting, 1931). Probablemente las enzimas causantes tienen ciertas exigencias de temperatura y pH y aunque puede que necesiten dos o tres días, a la temperatura ambiente, para manifestar actividad, es posible que a temperaturas más elevadas de fermentación este período se reduzca mucho. El orificio que se observa en el extremo micropilar del grano puede que permita el fácil acceso de los productos de la fermentación de la pulpa a los cotiledones, y a una velocidad superior a la que sería de esperar por su difusión a través de la testa. Esto podría explicar la observación, debida a Rohan, de que muchos granos parcialmente fermentados son de color púrpura en el centro y pizarrosos al exterior.

Debe subrayarse que el más rápido acceso de los productos de la fermentación de la pulpa a los cotiledones a través del extremo micropilar debilitado del grano es puramente hipotético. Sin embargo, existen ciertas pruebas en favor de esta hipótesis y es posible que la germinación incipiente postulada por De Witt y Wadsworth no sea otra cosa sino esta debilitación selectiva de la testa. Preyer (1913) observó en la estructura de ésta un cambio que parecía debido a la fermentación y que hacía que la testa fuese permeable para los solutos.

EFFECTOS DE LAS ESTACIONES

En Java (Indonesia), Roelofsen y Giesberger (1947) encontraron que la fermentación es más rápida a medida que avanza la temporada y, a temperaturas inferiores, los cambios de la composición de la microflora se producen más lentamente en la masa fermentante.

El cacao de la cosecha intermedia de Ghana tiene fama de ser algo inferior al de la cosecha principal y la razón que generalmente se da para ello es que, al disponer de menos cacao, el agricultor tiende a hacer montones más pequeños, que no fermentan bien. Wickens (1953) observó

un incremento en el peso de los granos secos y en el rendimiento final a medida que progresaba la estación. Allison y Kenten (1962) han demostrado un ligero incremento en el rendimiento en la época de la cosecha principal, en Ghana, en relación con la cosecha intermedia. Sin embargo, aún no se han publicado datos que indiquen una relación entre la calidad y la estación en Africa occidental. En Trinidad, según se refiere (Comisión del Caribe, 1957), la fermentación es normalmente más larga durante la estación seca y Hammond (1953) da cuenta de la creencia común en Ghana de que la fermentación debe acortarse cuando el tiempo es húmedo. Hancock (1949) hizo algunas observaciones interesantísimas a este respecto sobre el cacao de Trinidad y describió cómo, al comienzo y al final de la temporada, la fermentación parecía iniciarse más lentamente con un período largo a 37°C. Este tipo de fermentación daba un cacao ligeramente aromático comparado con el producto de mediados de la temporada, que mostraba una elevación de la temperatura mucho más pronunciada. Phillis (1948) describió con más detalle el mismo fenómeno y supuso la existencia de dos fases en la fermentación normal: (a) unos cuatro días a 37-38°C seguidos de (b) un brusco aumento hasta 50-52°C. De Verteuil (1922) publicó las cifras de rendimientos observados en Trinidad en las estaciones húmeda y seca, respectivamente, que se reproducen en el Cuadro 15.

CUADRO 15. - PÉRDIDAS EN LA FERMENTACIÓN Y LA DESECACIÓN EN TRINIDAD SEGÚN LA ESTACIÓN

Estación	Días de fermentación	Pérdida (%)	Días de desecación	Pérdida (%)	Pérdida total (%)
Seca	1½	6,3	9	50,7	57,0
Húmeda		7,2		50,1	57,3
Seca	3½	8,9	7	46,1	55,0
Húmeda		10,9		46,8	57,7
Seca	5½	13,7	6	41,3	55,0
Húmeda		16,1		41,4	57,5

Hudson (1913) ha referido un efecto estacional sobre el rendimiento de cacao seco más importante que el que se indica en el Cuadro 15. Este autor encontró que 136 Kg. de cacao fresco daban 45 a 48 Kg.

de cacao seco (33,3 a 35,3 por ciento de rendimiento) en la estación húmeda; 48 a 50 Kg. de cacao seco (35,3 a 36,6 por ciento de rendimiento) en tiempo ni húmedo ni seco; y hasta 55 Kg. de cacao seco (40 por ciento de rendimiento) en la estación seca.

Haworth (1953) investigó la influencia de la variación estacional sobre la constitución química de los cotiledones; sus resultados se reproducen en el Cuadro 16.

CUADRO 16. - INFLUENCIA DE LAS ESTACIONES SOBRE LA CONSTITUCIÓN QUÍMICA DEL CACAO DE TRINIDAD

Fecha	Humedad	Grasas	Nitrógeno, expresado como porcentaje de los granos secos desgrasados				
			Total	Soluble	Como teobromina	Como cafeína	Proteínico
 <i>Porcentaje</i>						
22 Febrero	35,54	51,39	4,71	1,214	0,695	0,177	2,619
17 Marzo	34,45	51,65	4,73	1,220	0,722	0,182	2,607
5 Abril	33,76	52,47	4,74	1,210	0,715	0,178	2,640
22 Abril	32,56	52,58	4,73	1,231	0,714	0,178	2,612
21 Mayo	32,15	53,13	4,72	1,231	0,705	0,177	2,633

Doyne y Voelcker (1939) hallaron una diferencia de 5 por ciento en el contenido de grasas entre el cacao de la cosecha principal y el de la intermedia en Nigeria. MacLean (1951), que no observó un fenómeno semejante en Ghana, donde las precipitaciones son más uniformes, atribuyó esta diferencia a la escasez de las lluvias durante las primeras fases del desarrollo de la mazorca.

DEMORA ENTRE LA RECOLECCIÓN Y LA APERTURA DE LAS MAZORCAS

Se ha visto que esta demora origina un aumento más brusco de la temperatura y máximos más altos de la temperatura durante la fermentación (Hancock, 1949). Según Montserin (1952), cuando las mazorcas se apilan en el campo y se dejan varios días sin abrir, las todavía verdes maduran y los granos de las completamente maduras experimentan un ligero cambio. En estas condiciones, se requiere una fermentación más corta que cuando se abren diariamente mazorcas recién cosechadas. Howat y colaboradores (1957a) dejaron las mazorcas sin abrir durante

una semana después de recogidas y obtuvieron un producto fermentado cuya calidad no se diferenciaba de la del producto obtenido por el procedimiento, normal en el oeste africano, de la caja de fermentación. Este es el único ejemplo reciente de aplicación de la determinación del sabor al estudio del efecto del almacenamiento de las mazorcas, y los resultados son, por consiguiente, de gran valor. MacLean y Wickens (1951) han estudiado el efecto de este factor sobre el cacao amelonado de Africa occidental, habiendo observado un incremento de 2°C en la temperatura en la fermentación siguiente cuando las mazorcas se dejaron dos días o más sin abrir.

Los mismos autores hicieron también observaciones sobre la recuperación, el tamaño del grano y el aspecto del producto fermentado (Cuadro 17). Wilboux (1937) refirió una mayor actividad de polifenol-oxidasa en mazorcas que habían permanecido sin abrir tres días después de recogidas. Esto podría explicar el mayor porcentaje de granos totalmente pardos observado por MacLean y Wickens, cuando se fermenta el contenido de mazorcas sobremaduras (véase Laycock, 1930).

CUADRO 17. - EFECTO DEL ALMACENAMIENTO DE LAS MAZORCAS SOBRE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS GRANOS FERMENTADOS

Criterio y unidades	Duración del almacenamiento (<i>días</i>)			
	1	2	3	4
Rendimiento en peso en seco (%)	42,68	42,5	43,1	44,2
Granos en una muestra de 312 g.	329,5	338,3	331,7	327,5
Granos púrpura (%)	82,0	44,3	39,6	52,8
Granos arrugados (%)	95,5	92,7	91,1	88,2

INFLUENCIA DE LA MADUREZ DE LA MAZORCA

Se subraya la importancia de coger sólo las mazorcas maduras, siendo suficientes las pruebas experimentales de que se dispone que confirman que la calidad y el rendimiento pueden sufrir menoscabo si se aprovechan las mazorcas sobremaduras y las insuficientemente maduras. Knapp (1926a) investigó el comportamiento de las mazorcas de distinto grado de madurez y llegó a la conclusión de que los resultados óptimos se obtenían sólo

empleando mazorcas maduras (Cuadro 18). Observó un efecto inmediato sobre las temperaturas alcanzadas durante la fermentación. Este efecto era más pronunciado con los granos verdes; se alcanzaba prontamente un máximo de 40°C, al que, sin embargo, seguía un rápido descenso a 30°C, temperatura que se mantenía hasta el final del tratamiento.

Hay ciertas pruebas de que las mazorcas verdes dan, después de la fermentación, granos aplastados y arrugados (Knapp, 1934). Este mismo autor señaló el peligro de germinación en los granos sobremaduros que, una vez fermentados y secados, son grandes y voluminosos, pero con cáscara quebradiza. La falta de una definición adecuada de los términos verde, insuficientemente maduro y sobremaduro dificulta la comparación de los resultados de los diferentes investigadores, pero de todos estos trabajos se evidencian ciertas tendencias. MacLean y Wickens (1951) han estudiado la influencia de la madurez sobre el rendimiento de cacao seco y el porcentaje de granos púrpura contenidos en el producto seco. Sus resultados (Cuadro 19) señalan una notable reducción en el rendimiento en el caso de las mazorcas insuficientemente maduras y una reducción importante en el número de granos púrpura cuando se utilizan mazorcas sobremaduras (véase Laycock, 1930). Esto ha sido confirmado más recientemente por Helfenberger, que da cuenta de un rendimiento del 21 por ciento a partir de cacao brasileño verde (sin madurar) y una cifra de 44 por ciento partiendo de cacao maduro de la misma variedad.

CUADRO 18. - INFLUENCIA DE LA MADUREZ DE LAS MAZORCAS SOBRE LA FERMENTACIÓN

	Sobremaduras (Kg.)	Maduras (Kg.)	Verdes (Kg.)
Peso en fresco	305	262	270
Pérdida en la fermentación (%)	19	18	10
Pérdida en el secado (%)	37	35	69
Rendimiento (%)	44	47	21
Cáscara (%)	12,3	—	14,3
Textura	normal	normal	leñosa
Aroma	normal	normal	ácido; ligeramente quemado
Contenido de grasas	normal	normal	elevado
Calidad	normal	normal	inferior
Dureza de la cáscara	muy quebradiza	normal	normal

CUADRO 19. - INFLUENCIA DE LA MADUREZ DE LAS MAZORCAS SOBRE EL RENDIMIENTO DE CACAO Y EL ASPECTO DE ÉSTE

	Experimento	Insuficiente-mente maduras	Maduras	Sobremaduras
Granos púrpura (%)	1	85,2	81,3	65,6
	2	70,2	53,7	28,1
Peso en seco/peso en fresco (%)	1	39,9	44,1	45,2
	2	39,5	43,1	44,2

Parece, pues, que un ligero grado de sobremaduración no es perjudicial y puede incluso compensar una proporción demasiado elevada de granos púrpura en el producto acabado. Es incomprensible que ninguno de los investigadores que se han ocupado de esta cuestión haya definido lo que entiende por «púrpura», pues indudablemente se trata de un concepto subjetivo. Por tal razón habrá que repetir alguna de estas investigaciones utilizando métodos químicos o físicos para determinar las antocianinas residuales en los granos fermentados y secos. Únicamente mediante tales métodos objetivos se podrá determinar con cierto grado de exactitud la influencia que sobre los pigmentos inalterados ejercen los factores como la madurez y el almacenamiento de las mazorcas.

Biehl (1961), basándose en los resultados de experimentos de fermentación hechos con granos verdes, ha llegado a la conclusión de que el aspecto de madera de los granos color púrpura no guarda correspondencia con la madurez de las mazorcas recogidas. Laínez y Bullard (1958) han observado una relación entre el contenido de grasas y la madurez en el cacao ICS-6, pues dicho contenido era mayor en los granos maduros (42,1 por ciento) que en los verdes (38,5 por ciento).

Rendimiento después de la fermentación y la desecación

El rendimiento definitivo de cacao fermentado y secado se define por la expresión:

$$\frac{\text{Peso del cacao fermentado y secado}}{\text{Peso del cacao sin fermentar} + \text{peso de la pulpa}} \times 100$$

y es de considerable importancia económica. El rendimiento depende de varios factores, muchos de los cuales son regulables.

VARIEDAD BOTÁNICA

Son pocos los datos publicados acerca de la influencia de la variedad sobre el rendimiento y sería difícil valorar la importancia de este factor sin normalizar el tratamiento. Esto es cierto sobre todo por lo que se refiere a la comparación de los cacaos criollo y forastero. Howat y col. (1957a) hallaron una diferencia muy significativa en los rendimientos de los cacaos amelonado del oeste de Africa y amazónico, al fermentarlos y secarlos en condiciones comparables. A continuación se resumen los datos correspondientes de varios países productores.

País	Rendimiento (%)	Tipo del cacao	Duración de la fermentación (días)	Investigador
Ghana	44	Amelonado	6	Howat y col.
Ghana	38	Amazónico	6	Howat y col.
Trinidad	43-44	Trinitario	6-8	De Verteuil
Congo (Leopoldville)	46	Forastero	6-10	Devondel
Nueva Guinea	37	Híbridos de criollo y forastero	6-10	Bridgland
Costa Rica	34	Trinitario	6	Helfenberger
Costa Rica	42	No especificado	6	J.S. Kelley
Ecuador	31,5	No especificado	5	Helfenberger
Ecuador	36,8	No especificado	5	Helfenberger
Surinam	35,6	Trinitario	1	Van Suchtelen
Brasil	40-44	Amelonado	3-6	Helfenberger

La cifra de 42 por ciento para Costa Rica fue amablemente comunicada por el Sr. J.S. Kelley de la Compañía Bananera de Costa Rica, y puede ser que sea algo superior a la normal para la variedad, puesto que los granos frescos se transportan normalmente a la instalación de fermentación de Limón. Por consiguiente, las pérdidas de pulpa durante el tránsito son algo superiores a las que se observan cuando los granos se pesan inmediatamente después de sacarlos de la mazorca. El valor de 46 por ciento, dado por M. Devondel, podría parecer no muy alto en vista de lo prolongado de la fermentación, pero como los resultados se obtuvieron de una serie de observaciones cuidadosas se le puede aceptar como una prueba más de los altos rendimientos característicos de la producción de Africa occidental.

DURACIÓN DE LA FERMENTACIÓN

Humphries (1944b) y Koppers (1951) han demostrado una pérdida constante de materia sólida en el grano durante la fermentación, que origina una relación inversa entre el rendimiento y la duración. Esta pérdida asciende a 1,54 g. de materia seca por 100 granos por día, o sea, 10,8 g. en siete días, lo que equivale a una reducción de 11,2 por ciento en el contenido de materia sólida de los granos. En Venezuela se observó un incremento de 3 por ciento en el rendimiento al secar el cacao sin fermentar (Palma, 1951); esta cifra está de acuerdo con la de Humphries, pues el cacao venezolano se fermenta normalmente durante períodos muy cortos. Sin embargo, hay que insistir firmemente en que la fermentación debe efectuarse pensando sobre todo en la calidad del cacao y que el dar en esta operación preferencia al rendimiento frustra los fines del beneficio de dicho producto. El cacao sin fermentar es inaceptable comercialmente y sólo mediante la fermentación se puede evitar la presencia de granos pizarrosos en el producto seco.

EFEECTO DE LAS ESTACIONES

Wickens (1953) ha demostrado un incremento constante en el rendimiento de cacao seco a medida que avanza la estación, y Allison y Kenton (1962) han hallado ciertas pruebas de un rendimiento inferior durante la cosecha intermedia en Ghana. De Verteuil (1922), por el contrario, no descubrió una diferencia importante en el rendimiento de cacao seco entre las estaciones húmeda y seca en Trinidad. Debe recordarse, no obstante, que existen variaciones en la duración de la fermentación entre la estación húmeda y la seca en Trinidad que anularían todo efecto de las estaciones. Hudson (1913) mencionaba los siguientes rendimientos en las distintas estaciones para el cacao de las Indias Occidentales, basándose sobre los datos relativos a más de veinte años:

Estación húmeda	33,3 a 35,3	por ciento de rendimiento de cacao seco
Estación intermedia	35,3 a 36,6	» » » » » » »
Estación seca	36,6 a 40,0	» » » » » » »

MADUREZ DE LAS MAZORCAS

El empleo de mazorcas verdes en la fermentación origina una considerable reducción del rendimiento de cacao seco, que depende del grado de madurez (Cuadros 18 y 19).

ALMACENAMIENTO DE LAS MAZORCAS

Hay pruebas de que el dejar transcurrir dos a cuatro días entre la recolección y la apertura de las mazorcas se traduce en un ligero incremento del rendimiento (Cuadro 17, y Roelofsen y Giesberger, 1947).

MAGNITUD DE LA MASA FERMENTANTE

Rohan (1958b) ha registrado una relación directa entre la cantidad de cacao que se fermenta y el rendimiento final. Los resultados, expuestos a continuación, se refieren a fermentaciones en montones y se obtuvieron en un estudio de los métodos empleados por los agricultores de Ghana:

115 Kg. de cacao fresco en montones	dieron un rendimiento de 44,4%	de cacao seco
35 Kg. » » » » » » » » » »	» » » » » » » » » »	42,4 » » » »
9 Kg. » » » » » » » » » »	» » » » » » » » » »	40,0 » » » »

Este efecto ha sido confirmado recientemente (Helfenberger) para el cacao brasileño, que dio un rendimiento de 33 por ciento en un montón de 45 Kg. y de 44 por ciento en uno de 100 Kg.

HUMEDAD

A una mayor humedad en el cacao sometido a desecación corresponde naturalmente un rendimiento más alto, pero la tendencia a aumentar el rendimiento por una desecación insuficiente tiene el peligro de que se pierda todo el lote de cacao a consecuencia del desarrollo de mohos. Una humedad de 6 a 7 por ciento es satisfactoria y no deberá sobrepasarse en ningún caso.

2. CAMBIOS QUE OCURREN DURANTE LA FERMENTACION

Cambios que ocurren en la pulpa

FERMENTACIÓN MICROBIANA

Los granos y la pulpa del cacao están estériles en el momento de abrir la mazorca, pero rápidamente se contaminan con una variedad de microorganismos al contacto con la cáscara de la mazorca y las manos de los obreros. Las vasijas utilizadas para llevar el grano al lugar de fermentación y los insectos que se posan en los granos constituyen nuevas fuentes de infección. La naturaleza química y física de la pulpa hace de ésta un medio ideal para el desarrollo de las levaduras y los hongos. En el transcurso de la fermentación, los cambios que se producen en el medio fermentante originan alteraciones en la composición de la flora microbiana. Forsyth y Rombouts (1951) han descrito del modo siguiente una secuencia microbiana típica en la fermentación en cajas en Trinidad:

- 1^{er} día La infección inicial es rápidamente superada por las levaduras que, en condiciones prácticamente anaerobias, transforman por fermentación los azúcares de la pulpa en alcohol y desagregan la pulpa.
- 2^o día Se intensifican las condiciones anaerobias que originan una breve activación de las bacterias lácticas. Sin embargo, las células de la pulpa se desmoronan prontamente y, como consecuencia de ello, se facilita la ventilación, lo que permite que predominen las bacterias acéticas. Estas transforman todo el alcohol presente en ácido acético. Simultáneamente, los granos mueren por la acción combinada del calor y del ácido acético.
- 3^{er} día Se establece un equilibrio entre las bacterias acéticas, las levaduras aerófilas y los bacilos aerófilos, que persiste a partir de entonces, y los cotiledones muertos quedan en continuo contacto con un licor ácido a alta temperatura.

LEVADURAS

El pH bajo, el elevado contenido de azúcares y la insuficiencia del acceso de oxígeno a la pulpa durante las fases iniciales de la fermentación favorecen la actividad de las levaduras, que llegan a comprender más del 90 por ciento del total de los microorganismos (Rombouts, 1952). Según Roelofsen (1958) se han hallado 24 razas de levadura en cacao en fermentación en Africa occidental y Java (Indonesia), y Chatt (1953) ha sugerido que, como la flora varía con la situación geográfica, es posible que los tipos existentes tengan cierta relación con las sutiles diferencias de sabor que presentan los cacaos cultivados en localidades distintas (véase también Briton Jones, 1934). Hoynak y col. (1941) han expresado, sin embargo, la opinión, basada sobre un estudio de la microflora del cacao fermentado en el laboratorio, de que « parece probable que las condiciones y el tipo del grano, y el medio físico en que se efectúa la fermentación, tengan más importancia en la determinación de la calidad definitiva del cacao que el número y los tipos de los microorganismos presentes ».

La función principal de las levaduras es transformar por fermentación los azúcares de la pulpa en alcohol, pero Roelofsen estima que muchas de las razas examinadas por él en Java (Indonesia) eran capaces de macerar la pulpa.

Rombouts (1953) revisó la literatura publicada acerca de las especies de levaduras existentes en el cacao y señaló 16 especies cuya identificación es bastante segura. Consideró de poca garantía gran parte de los trabajos anteriores sobre esta cuestión.

BACTERIAS

La desasimilación del ácido cítrico, existente en la pulpa, por las levaduras, ocasiona una elevación del pH y, junto con el aumento de la temperatura resultante de la fermentación alcohólica, proporciona condiciones más apropiadas para las bacterias lácticas. Estas bacterias fueron aisladas primeramente en Java (Indonesia) (Roelofsen, 1958) de pulpa fermentante y eran del género *Betabacterium* (Orlo-Jensen), que es un tipo heterofermentativo, que produce también ácido acético y favorece la creación de un medio anaerobio. La elevación de la temperatura y del pH de la pulpa, como consecuencia del desarrollo de estas bacterias, no favorece la actividad de las levaduras, y la menor absorción de oxígeno de éstas,

unida al desmoronamiento de las células de la pulpa, permite una mejor ventilación de la masa. En estas condiciones nuevas, prosperan las bacterias acéticas, y las lácticas sólo compiten con aquéllas durante unas horas (Forsyth y Rombouts, 1951). Por consiguiente, parece poco probable que las bacterias lácticas sean de gran importancia en la fermentación. El metabolismo de los microorganismos existentes en la pulpa origina un fuerte aumento de la temperatura y cuando ésta llega a 40 ó 45°C, las bacterias acéticas quedan inactivadas. Esto sucede antes de que todo el ácido acético se oxide, por lo que queda un residuo del mismo durante toda la fermentación.

El pH de la pulpa continúa aumentando a medida que progresa la fermentación y cuando pasa de 5,0 las bacterias *Aerobacter* se vuelven activas. Estas bacterias desdoblan los aminoácidos con formación de amoníaco y aminas y dan a la testa un color pardo oscuro o negro característico y un olor desagradable. Se ha demostrado la presencia de concentraciones muy elevadas de anhídrido carbónico en el centro de la masa de grano en las primeras fases de la fermentación (Howat y col., 1957a). Estas condiciones favorecen la actividad de las bacterias lácticas que es máxima en medio anaerobio.

CAMBIOS QUÍMICOS

De los azúcares existentes en la pulpa, dos terceras partes son monosas y el resto sacarosa (Roelofsen, 1958). Estos datos difieren algo de los análisis de Humphries que dan: glucosa 1,09 por ciento; fructosa, 1,06 por ciento, y sacarosa, 2,90 por ciento. Forsyth (1949) encontró sacarosa, dextrosa y levulosa y confirmó la identificación de ácido cítrico hecha por Hardy (1925) como único ácido libre presente. También halló que ya en el segundo día de la fermentación gran parte de los azúcares habían sido utilizados (Cuadro 20). Roelofsen y Giesberger (1947) obtuvieron resultados análogos en un estudio de los cambios químicos que se producen en la pulpa de cacao de Java durante la fermentación.

VARIACIÓN DEL pH

La constante elevación del pH de la pulpa durante la fermentación se ha atribuido a la desasimilación del contenido de ácido cítrico por las levaduras y las bacterias lácticas y su sustitución por los ácidos láctico y acético menos disociados (Roelofsen, 1958). En la Figura 46 se repro-

CUADRO 20. - CAMBIOS QUÍMICOS QUE SE PRODUCEN EN LA PULPA DURANTE LA FERMENTACIÓN

Constituyente químico	Concentración (%)		
	Tiempo (horas)		
	0-36	36-60	60-144
Alcohol	1,8	2,0	0,2
Acido acético	0,2	2,5	1,6
Azúcares	7,4	0,2	0,2

duce una curva típica de la variación del pH con el tiempo, observada durante la fermentación de cacao amelonado de Africa occidental.

Las bacterias acéticas aparecen primero en las zonas superficiales de las masas en fermentación (Roelofsen, 1958) y en mayor número que en el centro. Podría esperarse, pues, que el cambio de pH de la pulpa se produjera más rápidamente en la superficie. Las Figuras 47 y 48 muestran las variaciones del pH observadas en la capa superficial y en el centro de dos montones, de tamaño distinto, de cacao amelonado de Africa occidental (Rohan, 1958c).

La diferencia es más manifiesta en el montón mayor y la comparación de las dos cifras muestra claramente otro aspecto de cómo aumenta la uniformidad al disminuir la magnitud del montón. Es posible que en la capa superficial haya desde las primeras fases de la fermentación una ventilación suficiente para suprimir casi por completo las bacterias lácticas. Saposhnikova (1952) cree que un pH de la pulpa final inferior a 5,0 indica una fermentación defectuosa.

VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA

La fermentación de la pulpa va acompañada de una elevación de la temperatura de la masa de grano. Ya se ha dicho que este fenómeno se debe, al menos en parte, a la actividad microbiana que se desarrolla en la pulpa. Howatt (1957) ha sugerido que la fermentación exotérmica de los azúcares de la pulpa no es suficiente por sí sola para explicar las temperaturas que se observan durante la fermentación normal y ha indicado la posibilidad de que la actividad microbiana que se desarrolla en los cotiledones comunique calor a la masa. En apoyo de esta teoría, se ha demostrado que cuando se dejó escurrir cacao fresco durante cuatro días,

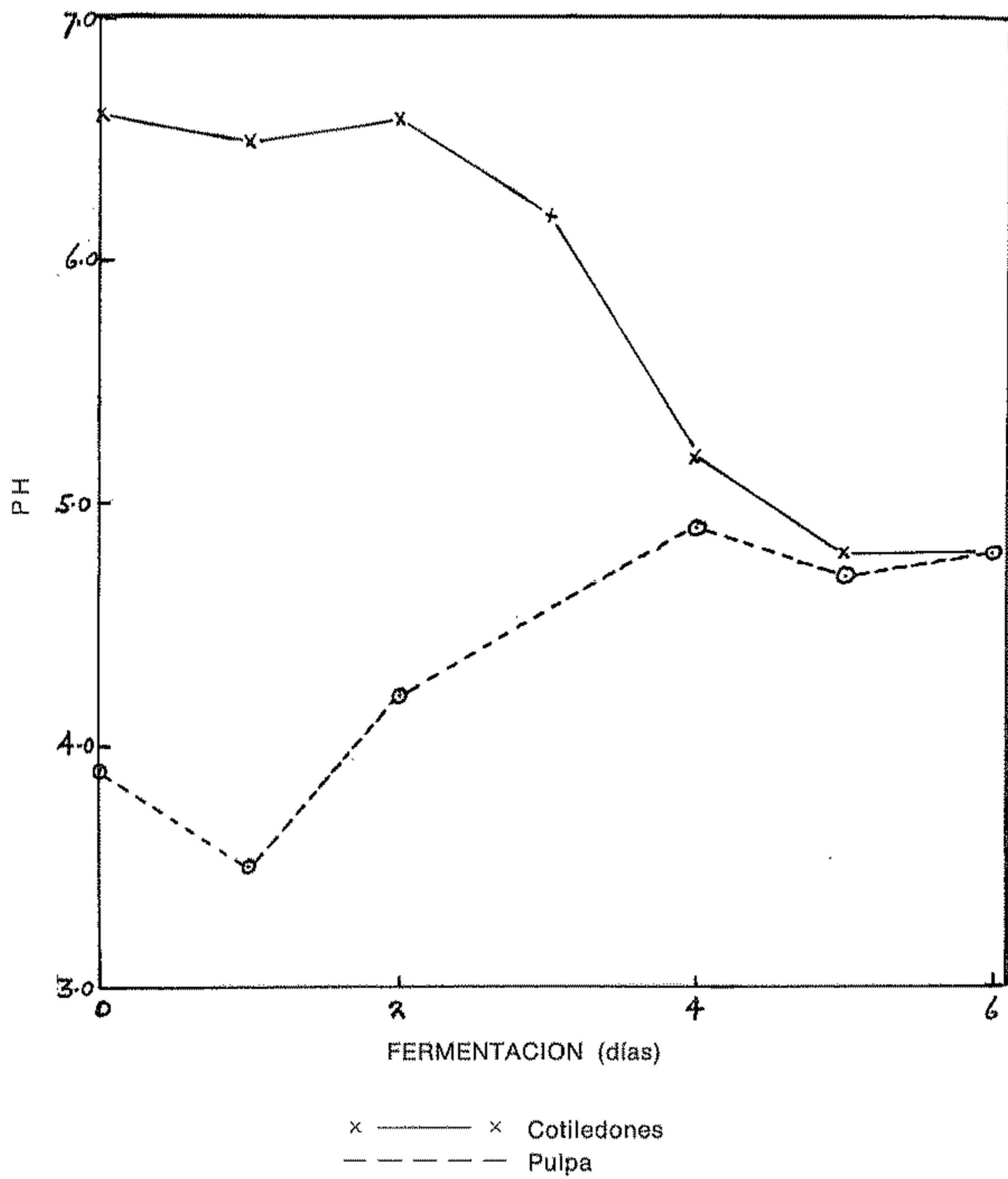


FIGURA 46. Variación del pH durante la fermentación.

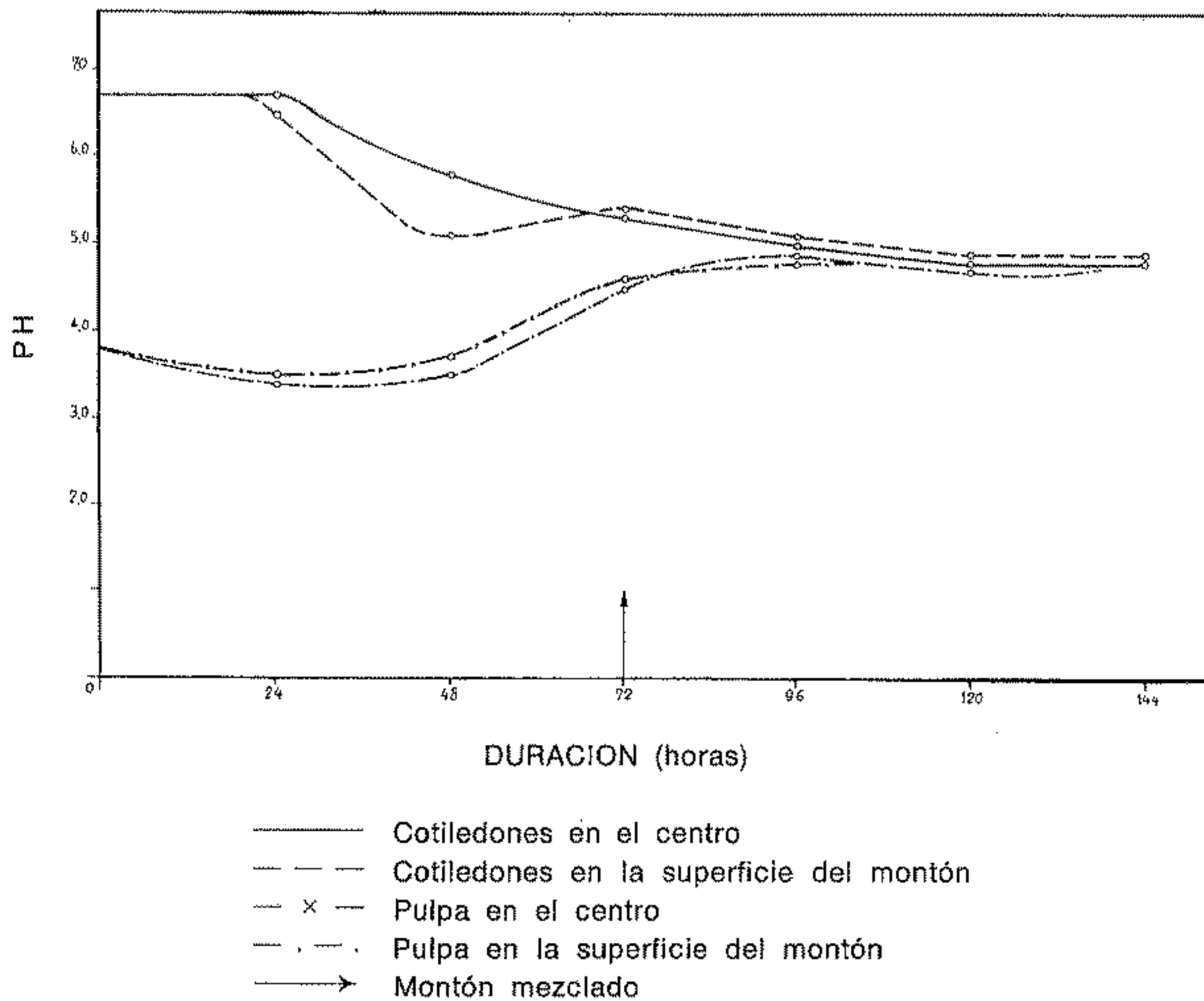


FIGURA 47. Variación del pH en la superficie y en el centro de un montón de 275 Kg. durante la fermentación.

en condiciones casi anaerobias, no se produjo elevación alguna de la temperatura de la masa de grano. La mayor parte de la pulpa se perdió y con ella probablemente una cantidad considerable de los azúcares. Al preparar con este cacao un montón como el que los cacahueros utilizan normalmente, se observó un aumento rápido y considerable de la temperatura y como gran parte del substrato de las levaduras y las bacterias había desaparecido durante el escurrimiento, hubo que pensar en otra fuente de calor. Bunting (1931) observó que ciertos mohos, el más común de los cuales es *Aspergillus fumigatus*, pueden hacer subir la temperatura de la masa fermentante. Sin embargo, no es seguro que tales mohos fuesen activos en el ejemplo descrito.

Kenten y Powell (1960) han probado experimentalmente que el calor producido durante la fermentación se debe a la acción de los microorga-

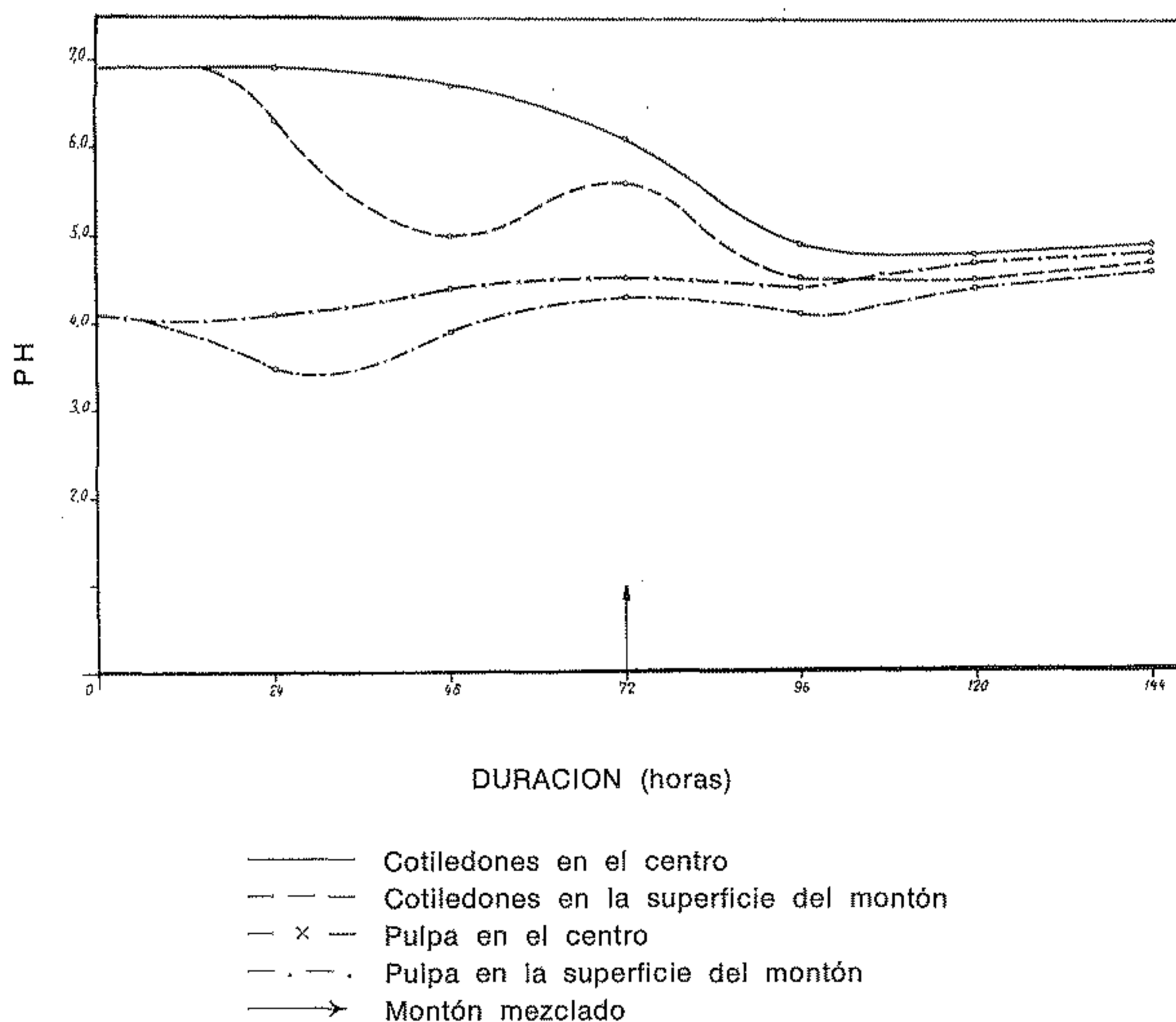


FIGURA 48. Variación del pH en la superficie y en el centro de un montón de 2.000 Kg. durante la fermentación.

nismos sobre la pulpa. Estos resultados confirman las conclusiones de Sack (1913) que decía que «el aumento de la temperatura del cacao en las cajas de fermentación es ocasionado por un proceso de fermentación mediante el cual los azúcares existentes en la pulpa del fruto se transforman en alcohol que, a su vez, se oxida pasando a ácido acético».

Se han hecho muchas observaciones de las variaciones de la temperatura producidas en el cacao en fermentación, pero muchos de los datos publicados no aluden a la cantidad de cacao empleado, a la altura de la masa en fermentación o al punto de la masa en que se tomaron las temperaturas. Por ello, habría que suponer de un modo general que existe uniformidad en las variaciones de la temperatura en toda la masa

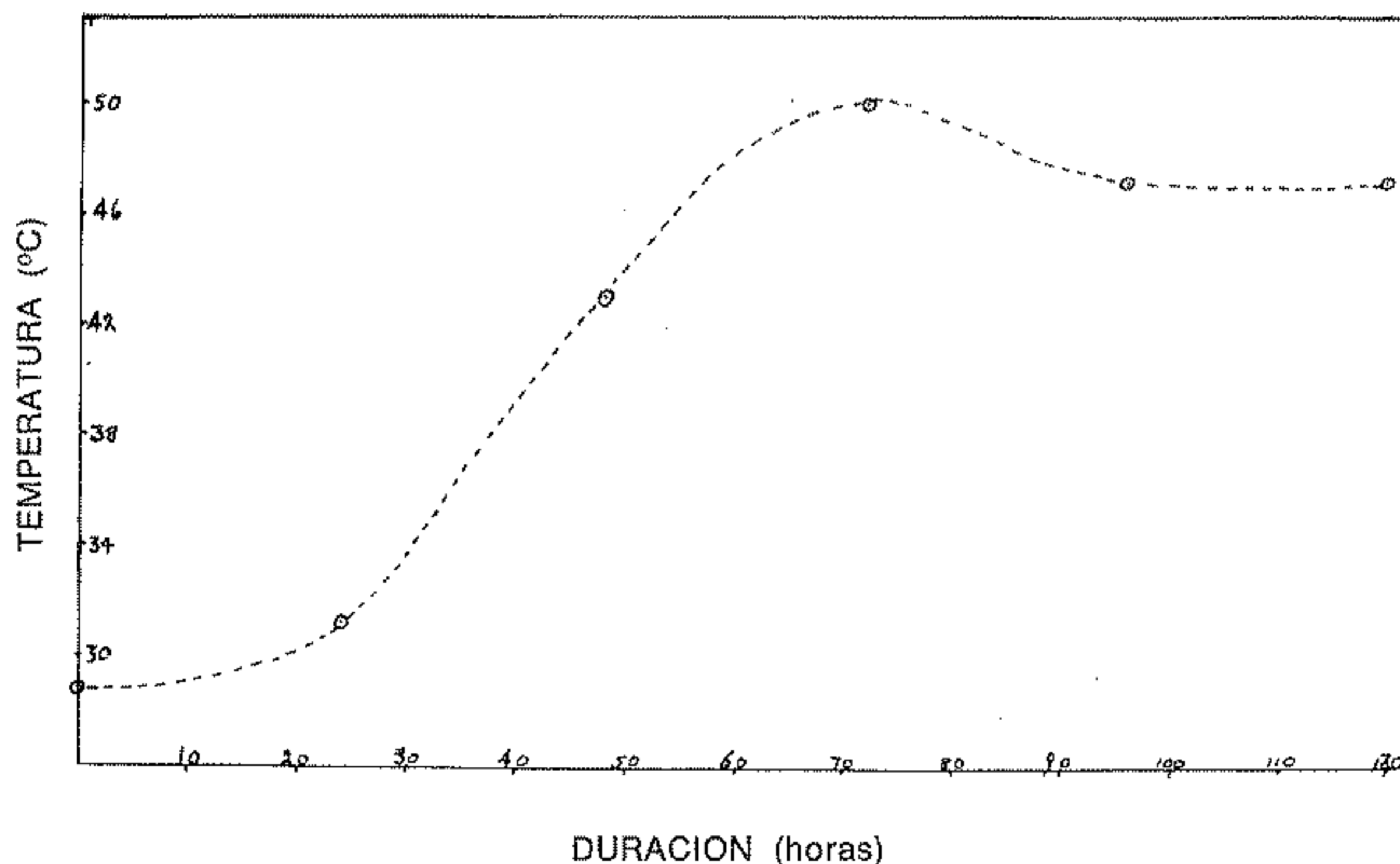


FIGURA 49. Variación de la temperatura durante la fermentación.

de grano, aun cuando se sabe que implícitamente se cree también que en el centro reina invariablemente una temperatura más elevada que en el resto del montón. En la Figura 49 se muestra una gráfica típica de la variación de la temperatura durante la fermentación, variación probablemente representativa de lo que ocurre en el centro de la masa.

En el curso de investigaciones recientes sobre la fermentación en montones (Rohan, 1958c) se midió la temperatura en la capa superficial y en el centro de diversos montones. Las Figuras 50 a 53, inclusive, muestran la variación de la temperatura en tales puntos durante la fermentación de montones de cacao cuya magnitud oscilaba entre 10 y 2.000 Kg. La reducción del tamaño de los montones se refleja en una disminución de la diferencia de temperatura entre la capa superficial y el centro de un montón y, como la temperatura está tan íntimamente relacionada con la muerte de los granos, dicha reducción se refleja también en una muerte más uniforme en toda la masa. Las cifras que hay junto a las

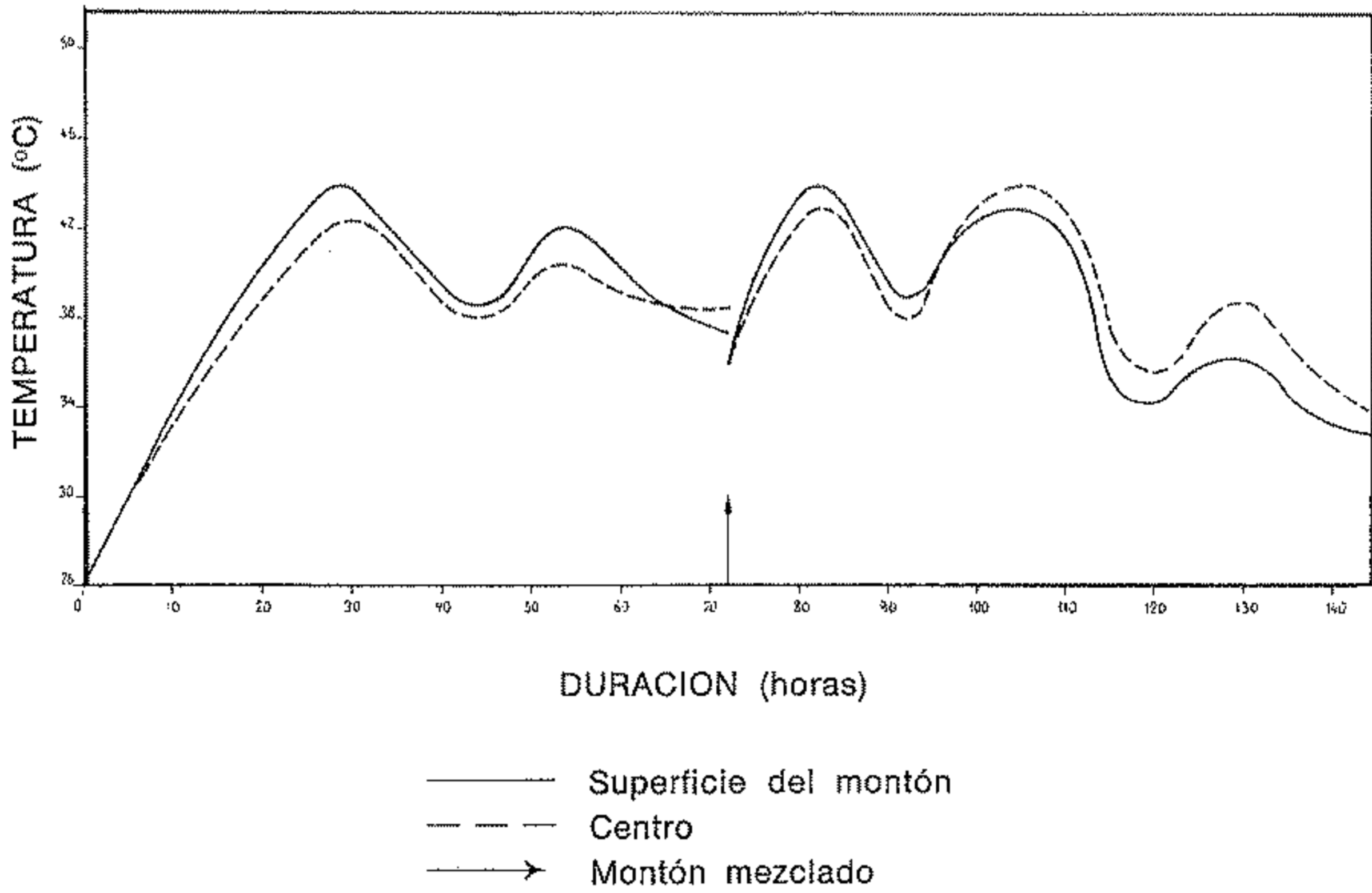


FIGURA 50. Variación de la temperatura durante la fermentación; montón de 10 Kg.

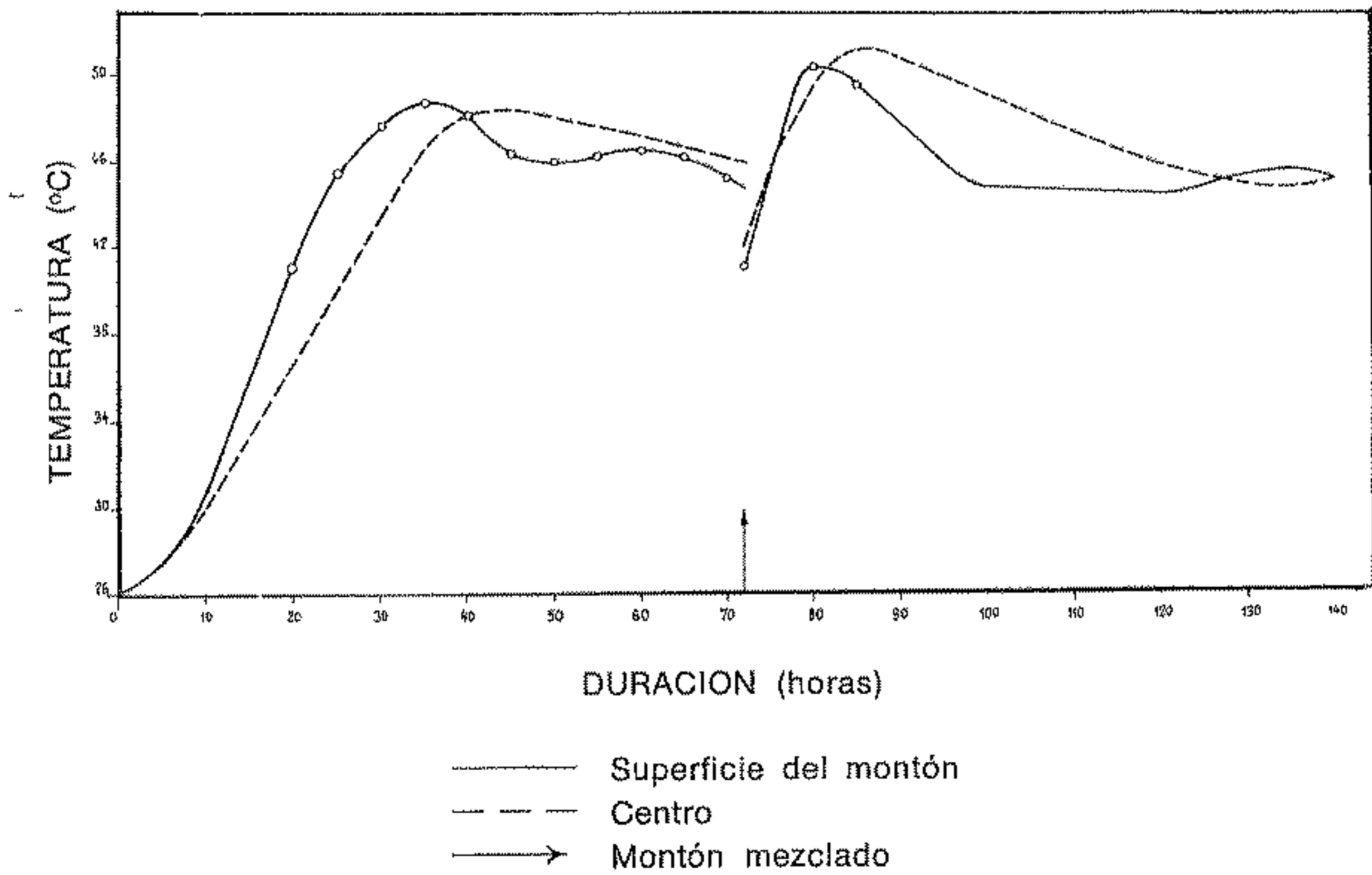


FIGURA 51. Variación de la temperatura durante la fermentación; montón de 115 Kg.

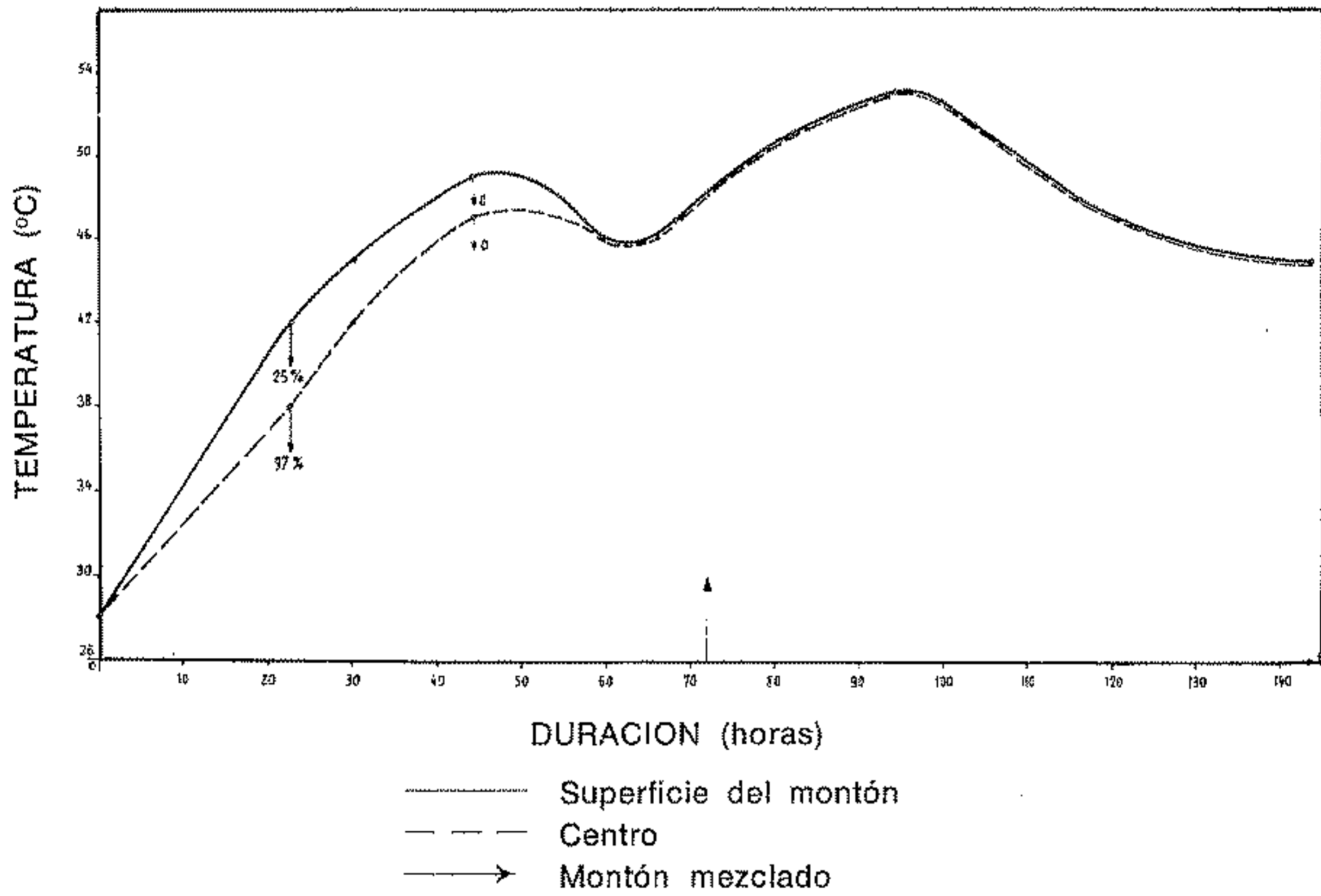


FIGURA 52. Variación de la temperatura durante la fermentación; montón de 275 Kg.

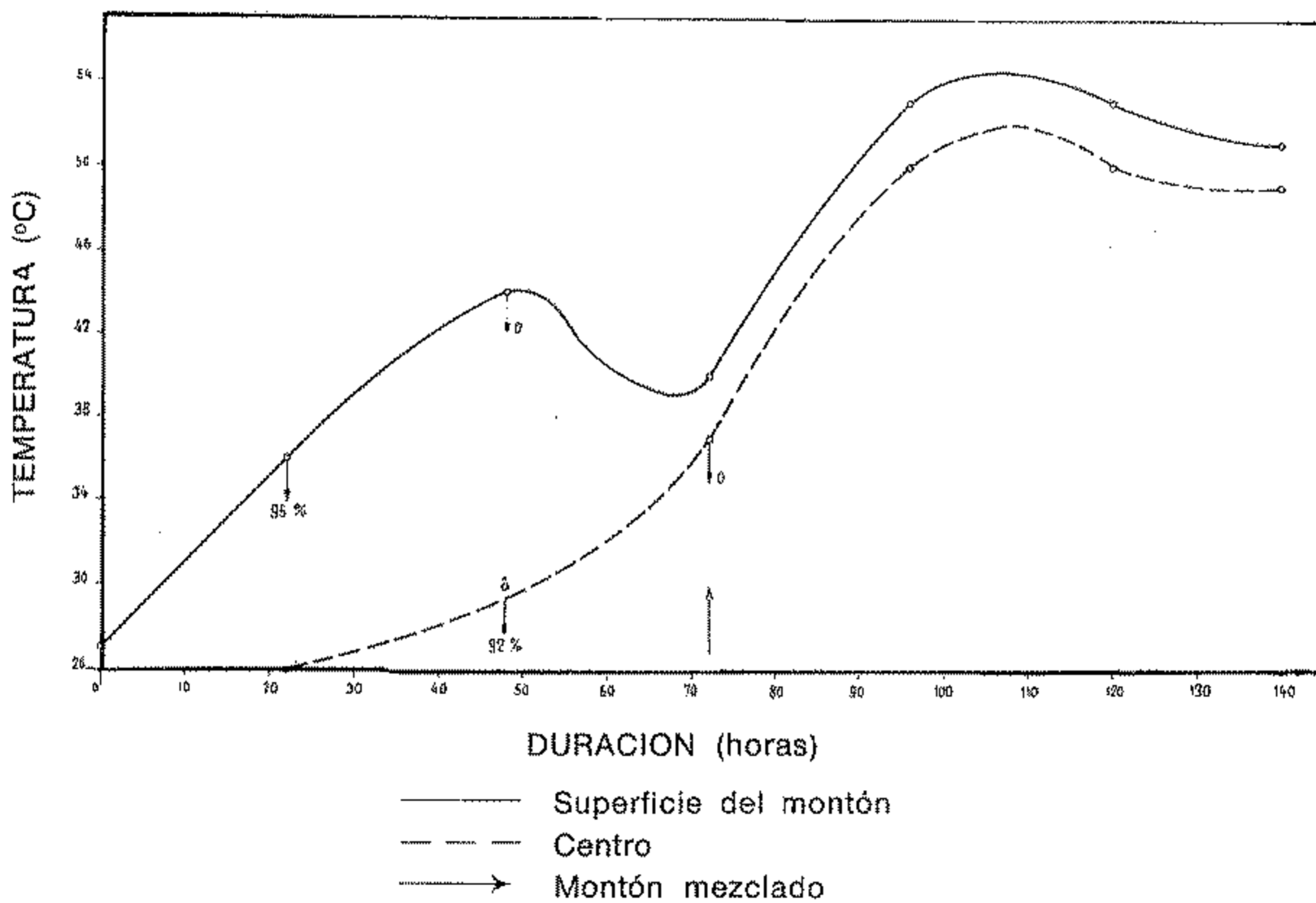


FIGURA 53. Variación de la temperatura durante la fermentación; montón de 2.000 Kg.

flechitas verticales unidas a las curvas de las figuras 52 y 53 señalan la viabilidad del grano en el momento correspondiente.

EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA

Un aspecto importante del aumento de la temperatura en la masa de grano durante la fermentación es el efecto de dicho aumento sobre la viabilidad del grano, habiéndose demostrado cómo el desarrollo del sabor de chocolate depende de este efecto. Después de la muerte del grano, se producen reacciones enzimáticas (de que se trata más adelante) que originan la desaparición de los pigmentos coloreados de los cacaos forastero y el desdoblamiento de las moléculas de las sustancias proteínicas en moléculas más sencillas, y que probablemente ocasionan el desarrollo del sabor y el aroma característicos del chocolate. Por lo menos se sabe que algunas de estas reacciones son sensibles a la temperatura.

TEMPERATURA ÓPTIMA

Si se consideran las dos fases de esta reacción compleja (la muerte de los cotiledones y la actividad enzimática siguiente) se aprecia, en cierto modo, que la temperatura que se alcanza en la fermentación es importante. Los resultados, reproducidos ya en las Figuras 50 a 53, indican una relación entre el tiempo y la temperatura en la muerte del grano, creyéndose que una temperatura de 44 a 47°C, alcanzada al cabo de 48 horas, basta para ocasionar la descomposición completa de las células de los cotiledones. Forsyth y Quesnel (1957c) observaron una correlación entre la temperatura máxima obtenida durante la fermentación y la duración del tratamiento. En su opinión, esto está de acuerdo con la intención manifestada de producir una temperatura de 40 a 45°C con cacao criollo, que se fermenta en períodos relativamente cortos, y de 46 a 52°C con cacaos forastero, que se fermentan en períodos más prolongados. Roelofsen (1958) ha demostrado que los granos púrpura (forastero) e incoloros (criollo) mueren a una temperatura aproximadamente igual y, a falta de datos acerca del curado siguiente, pueden aceptarse con algunas reservas los márgenes anteriores de temperatura para el cacao criollo. Con respecto a las reacciones enzimáticas posteriores, Forsyth (1955) ha mostrado que la temperatura óptima para la actividad de la enzima beta-glicosidasa, causante de la descomposición hidrolítica de las antocianinas, se halla próxima a los 45°C. La actividad disminuye rápidamente a medida que la

temperatura sobrepasa este valor y la destrucción térmica de los pigmentos adquiere más importancia (véase, Forsyth y Quesnel, 1957a).

Biehl (1961) ha hallado que la fermentación a 45-50°C durante los tres días primeros, seguida de cuatro días a 28°C, producía exactamente los mismos resultados que la fermentación a 45-50°C durante siete días.

Kempf (1953) se mostró conforme con que la temperatura de fermentación tiene una influencia vital sobre la actividad enzimática y lanzó la interesante hipótesis de que cuando los granos mueren quedan en libertad enzimas que anteriormente tomaban parte en un proceso de germinación incipiente. Las condiciones de los tejidos circundantes en esta fase determinan cuál de las enzimas será la más activa y Kempf cree, además, que simplemente regulando la temperatura de una fermentación aséptica se pueden producir sabores a voluntad. Wadsworth, posterior (1955) e independientemente, se ha expresado en términos análogos.

Cambios que ocurren en los cotiledones

ACTIVIDAD DE LAS ENZIMAS

Es sabido que varios de los cambios importantes que ocurren en los cotiledones durante la fermentación se deben a actividad enzimática. De Witt y Cope (1951) demostraron, por ejemplo, que la destrucción de las enzimas en los granos frescos, por ebullición de éstos en agua, origina una falta completa de desarrollo de sabor de cacao durante la fermentación siguiente. Es en la fase que sigue inmediatamente a la muerte del grano cuando varias enzimas actúan sobre sus substratos, puesto que antes de la muerte de dichos substratos están separados. Los granos frescos contienen (Knapp, 1924) diastasa, una enzima parecida a la emulsina, peroxidasa, lipasa, maltasa y albuminasa.

Brill (1915) y Ciferri (1931), estudiando cacaos filipinos y dominicanos, respectivamente, obtuvieron pruebas cualitativas de la existencia en los granos frescos de las enzimas siguientes: invertasa, rafinasa, amilasa, emulsina, glicerofosfatasa, fitasa, oxidasas y peroxidadas. Ciferri ha dado cuenta de la presencia de una polifenoloxidasas situada casi enteramente en el embrión del grano fresco y en el tejido conjuntivo blanco situado entre el embrión y los cotiledones. Esta enzima, cuya existencia había sido indicada anteriormente por Loew (1907), ha sido encontrada poste-

riormente por Forsyth (1955) en todas las células de los cotiledones con excepción de las que contienen polifenoles. La polifenoloxidasas ejerce su máximo efecto en las fases iniciales de la desecación, cuando el aire puede llegar a los cotiledones por difusión a través de la testa.

Durante la fermentación, cuando en el interior del grano reinan condiciones anaerobias, no hay actividad oxidásica. Se ha indicado la presencia de enzimas proteolíticas en el cacao fresco, si bien Brill (1915) obtuvo datos no concluyentes con extractos acuosos. De Witt (1953a) ha mostrado que los extractos acuosos de cacao presentan poca actividad enzimática, debido a la influencia desactivadora de la polifenoloxidasas, y ha obtenido preparaciones activas utilizando disolventes anhidros. Este investigador obtuvo también pruebas de la presencia de asparaginasa. Se ha señalado la presencia en el cacao de una enzima coaguladora de la leche (*Bulletin officiel international du cacao et du chocolat*, 10, 63, 1940) que es estable a temperatura de 120 a 140°C y cuyas exigencias de temperatura y pH óptimos son 65°C y menos de 6,3, respectivamente. Esta enzima se destruye cuando se calientan soluciones acuosas de ella a 80°C. Ensayos más recientes (Holden, 1959) tendientes a estimar la actividad proteásica en el cacao amelonado de Africa occidental, extraído con acetona, no han dado resultado. Estas enzimas proteolíticas son importantes en la degradación de las proteínas durante la fermentación, y su actividad puede seguirse de modo aproximado por los cambios que se producen en la concentración de nitrógeno alfa-amínico. Este aspecto de la fermentación se estudiará más detenidamente en el apartado relativo a los cambios químicos que se producen durante la fermentación.

Quizá la reacción enzimática más evidente que se origina en la fermentación sea la destrucción de las antocianinas. La aclaración de la naturaleza de esta reacción (Forsyth y Quesnel, 1957a; 1957b; Forsyth, 1952) se logró con una preparación enzimática exenta de substrato, obtenida separando las células blancas de los cotiledones de las células de color púrpura (Brown, 1954). Se estudió la acción del polvo de las células blancas sobre extractos de las células de color púrpura y sobre el cianidin-3-ara-binósido sintético, en ausencia de aire. Se escogieron las condiciones anaerobias para simular condiciones, las que existen en el grano durante la fermentación.

Las condiciones óptimas para la actividad de la glicosidasas se establecieron a un pH de 3,8 a 4,5 y a una temperatura de unos 45°C. La presencia de un inhibidor de la actividad enzimática en las células de los pigmentos resultó evidente, y aunque los polifenoles simples no inhibían

la reacción, ni siquiera a concentraciones relativamente elevadas, la fracción tanino más compleja sí que tenía un considerable efecto inhibitor.

DESACTIVACIÓN DE LAS ENZIMAS

La liberación estequiométrica de arabinosa a partir del cianidin arabinósido sintético demuestra la naturaleza hidrolítica de la acción de la glicosidasa, debiéndose la pérdida de color a la cianidina liberada que forma una pseudobase incolora. Se observó que la preparación enzimática era estable a valores del pH comprendidos entre 4,0 y 9,0 durante 17 horas a 45°C, pero, apartándose de estos valores, era grande la inactivación. La presencia de aire inactivaba también la enzima. De gran interés práctico es el hecho de que en los granos pardos y púrpura fermentados, más de 90 por ciento de la actividad había sido destruída. Se han supuesto dos posibles razones para explicar el que no se destruyan todos los pigmentos purpúreos en los granos de color púrpura: (a) un grado secundario de oxidación suficiente para inactivar la glicosidasa, pero insuficiente para pardear los cotiledones, y (b) la destrucción de la actividad enzimática debida a una reacción en que intervengan taninos durante las fases posteriores de la desecación. Las leucoantocianinas presentes en los cotiledones son poderosos agentes tánicos y precipitan las enzimas poco después de la muerte del grano (Forsyth y col., 1958). Esto origina una actividad enzimática muy reducida. En el Cuadro 21 se resumen los resultados obtenidos por estos autores durante la fermentación.

Holden (1959) ha demostrado que este efecto es mucho más rápido en la superficie de los montones en fermentación donde los granos mueren con rapidez mayor y que, después de 68 horas, la inactivación de la ami-

CUADRO 21. - DESACTIVACIÓN DE LAS ENZIMAS DURANTE LA FERMENTACIÓN

Duración de la fermentación (horas)	Actividad enzimática como porcentaje de la actividad original en el grano fresco	
	De oxidasa	De glicosidasa
40	55	80
60	40	70
80	22	55
100	10	40
120	5	30
160	2	10

lasa, la betaglucosidasa, la catalasa y la peroxidasa es casi completa, en tanto que se observa un 20 por ciento de actividad residual polifenol-oxidásica. Sea cual sea la fase del proceso de tratamiento que es importante para el desarrollo del sabor, es completamente seguro que al menos parte de esta reacción compleja se produce durante la fase anaerobia de la fermentación, y que la actividad oxidásica posterior, en la fase aerobia de la desecación, completa el equilibrio que origina las características asociadas con el cacao bien fermentado. Suponiendo que los cambios importantes que se producen en la fase anaerobia son de naturaleza enzimática, los resultados de Holden confirman que no hay razón alguna para continuar la fermentación durante largo tiempo, una vez muerto el grano. Antes al contrario, la mayor actividad oxidásica 48 horas después de la muerte del grano justificaría el comienzo de la desecación en dicho momento más o menos. Todas las pruebas experimentales señalan la existencia de dos fases enzimáticas en el beneficio del cacao bruto. La ventilación prematura de los cotiledones puede originar un producto de color pardo, pero no necesariamente un producto en que se hayan desarrollado completamente todas las posibilidades de evolución del sabor de cacao (Forsyth y Quesnel, 1957a). Esto parece indicar que la primera fase anaerobia debe terminar antes del comienzo de la segunda o aerobia. La influencia desactivadora de la polifenol-oxidasa sobre las enzimas proteolíticas ha sido puesta ya de manifiesto y es posible que puedan surgir otros efectos perjudiciales por la imposibilidad de seguir cuidadosamente las operaciones de fermentación y desecación. Powell (1959) ha afirmado recientemente haber demostrado que la fase anaerobia es innecesaria y que no siempre se produce en la fermentación en gran escala. Su hipótesis se basa sobre el reconocimiento de una atmósfera rica en oxígeno que rodea los granos después de la muerte de éstos y en la sugerencia de Quesnel (1957) de que la actividad enzimática microbiana hace la testa más permeable al oxígeno.

CAMBIOS QUÍMICOS

Knapp (1937) ha demostrado, por análisis comparativos de granos secos fermentados y sin fermentar, que se producen cambios en los constituyentes químicos de los cotiledones durante la fermentación. Los cambios en los contenidos de grasas, compuestos nitrogenados y taninos se han estudiado con más detalle en los años últimos utilizando técnicas muy depuradas. El análisis preciso de los cambios cuantitativos que ocurren en los consti-

tuyentes químicos de los cotiledones durante la fermentación, se ve dificultado por las diversas reacciones químicas y físicas que originan variaciones en el peso del grano. Humphries (1944b) calculó, partiendo de datos obtenidos anteriormente por Birch (1941), que durante la fermentación acontece una disminución constante en el peso en seco del orden de 1,54 g. por 100 granos y día. Es necesario tener en cuenta esta pérdida de peso en los resultados si se han de expresar éstos en tanto por ciento. Las cifras que se presentan en los apartados siguientes indican lo erróneos que pueden ser los resultados si no se tiene presente este factor.

Contenido de grasas

Humphries (1939) registró un incremento de 4 por ciento, aproximadamente, en el contenido de grasas del cacao de Trinidad durante la fermentación, tomando como base el porcentaje de peso en seco. Al expresar estos mismos datos en contenido de grasas de 100 granos (Humphries, 1944b), se observó un pequeño incremento durante los dos días primeros, seguido de una pérdida constante que se tradujo en una pequeña pérdida final al cabo de seis días. Basándose sobre estos resultados, parece que la pérdida de grasas se puede evitar reduciendo la duración de la fermentación.

Compuestos nitrogenados

La actividad de las enzimas proteolíticas origina el desdoblamiento de las proteínas presentes en los cotiledones de los granos frescos y la formación de aminoácidos y péptidos (Knapp, 1937; Birch, 1941; Neirinckx y Jennen, 1952; De Witt, 1957). Los productos de degradación se pierden por difusión, pero el desdoblamiento de las proteínas es más rápido que la velocidad de difusión, de lo que resulta la formación de compuestos nitrogenados solubles. De Witt (1957) ha demostrado un aumento en la cantidad y en la variedad de las sustancias reactivas a la ninhidrina en la fracción soluble en etanol del cacao, después de la fermentación. Biehl (1961), independientemente, en experiencias hechas en el Brasil, ha llegado a la misma conclusión.

Los cambios que ocurren en los constituyentes proteínicos tienen probablemente más importancia desde el punto de vista organoléptico que desde el nutricional, pues una parte considerable de las proteínas del cacao no es digerible (Chatt, 1953). Los trabajos de De Witt sugieren que la cantidad de nitrógeno digerible varía inversamente al grado de fer-

mentación. Este autor cree que la cantidad de nitrógeno amínico unido a proteínas podría servir de índice del grado de generalidad de la fermentación. También cree en la existencia de una relación entre la concentración de proteínas y el sabor y, especialmente, entre aquella y los sabores típicamente desagradables que se obtienen al tostar las proteínas vegetales con glucosa. Una ampliación interesante de esta hipótesis es la asociación de un alto contenido de proteínas con una calidad baja (Roelofsen, 1958). Becker y Stelling (1952) observaron índices de nitrógeno total más elevados en los cacaos denominados finos que en los básicos. Wolf (1958), por el contrario, no pudo hallar diferencia alguna entre las proteínas y los aminoácidos de los llamados cacaos básicos y nobles. Hardy y Rodrigues (1953) han abogado por la necesidad de una fermentación más larga en el caso de los cacaos forastero, que tienen un contenido de proteínas superior al medio. Es ciertamente dudoso que esta hipótesis sea válida, en vista de la observación de Birch de que el 94 por ciento de la destrucción de las proteínas ocurre dentro de las 24 horas siguientes a la muerte del grano.

Teobromina

Knapp y Wadsworth (1924) han registrado una pérdida de 0,7 por ciento en el contenido de teobromina del cacao de Trinidad durante la fermentación y un incremento correspondiente en la concentración de dicho compuesto en la cáscara, según se ve en el Cuadro 22.

Humphries (1939) halló también una disminución de un 20 a 24 por ciento en el contenido de teobromina durante una fermentación de ocho

CUADRO 22. - VARIACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE TEOBROMINA DURANTE LA FERMENTACIÓN

Duración de la fermentación (días)	Cáscara (seca) teobromina	Cotiledones (desgrasados, secos)		
		Teobromina	Nitrógeno como teobromina	Nitrógeno total
	 Porcentaje		
0	0,28	2,96	0,92	5,28
2	0,28	3,05	0,95	5,39
4	2,35	2,57	0,80	5,05
6	2,35	2,36	0,73	4,97
8	2,33	2,23	0,69	4,84
10	2,23	2,22	0,69	4,71

días, cuyos resultados se calcularon en tanto por ciento de peso en seco. Estos mismos datos, al expresarlos por grano, reflejan una pérdida de 40 por ciento de la teobromina presente inicialmente en los cotiledones. La difusión a través de los cotiledones se considera la causa más probable de esta pérdida. Roelofsen (1958) ha descrito la acumulación de teobromina en el interior y el exterior de la testa. Este autor creía que esto era la «mancha blanca» descrita anteriormente por Knapp (1937), pero Spoon (1958) ha demostrado recientemente que este fenómeno se debe a la presencia de ácidos grasos originados por la hidrólisis y la oxidación de la grasa del cacao.

Nitrógeno total

Las variaciones del contenido total absoluto de nitrógeno han sido estudiadas por Birch (1941), quien registró un incremento pequeño en los dos días primeros de la fermentación, seguido de una pérdida constante. Al cabo de seis días de fermentación, aproximadamente 19 por ciento del nitrógeno total había desaparecido, atribuyéndose esta desaparición, en parte, a la pérdida de teobromina y, en parte, a la degradación de las proteínas.

Degradación de las proteínas

Birch (1941) observó una pérdida de 50 por ciento en el nitrógeno proteínico en una fermentación de seis días. Esta pérdida iba acompañada de un incremento de alrededor de 28 por ciento en el nitrógeno soluble debido a los productos de degradación de las proteínas. En las 48 horas primeras se observaron pocos cambios, pero pasado este tiempo ocurrió dentro de las 24 horas siguientes la desaparición de 94 por ciento de las proteínas. La velocidad de degradación de las proteínas es superior a la de desaparición de los productos de esta reacción por difusión a través de la testa y de ello resulta la formación de péptidos y de nitrógeno alfa-amínico. De Witt (1957) observó cambios análogos durante la fermentación en las estaciones seca y húmeda en Trinidad. Se advirtió una rápida degradación de las proteínas después del segundo día y un correspondiente incremento en los péptidos y el nitrógeno alfa-amínico. El comienzo de estas reacciones coincidía con la muerte de los cotiledones, y los cambios descritos se efectuaban más rápidamente en la estación húmeda que en la seca. El producto obtenido en la estación húmeda estaba, además, bien fermentado en comparación con el obtenido en la estación seca,

que estaba deficientemente fermentado. El Cuadro 23, tomado del trabajo de De Witt, muestra las grandes diferencias que existen entre los productos de las estaciones húmeda y seca.

De Witt opina que la disminución en la razón de nitrógeno alfa-amínico a nitrógeno total, en la fracción soluble en etanol, de los granos, indica que las proteínas se eliminan de dos modos: (a) por proteólisis, y (b) por transformación en una forma insoluble. Forsyth y col. (1958) han confirmado la validez de la segunda de estas hipótesis, demostrando una interacción entre las proteínas y los polifenoles, durante la fermentación, que hace insolubles las proteínas. Purr (1960) ha obtenido resultados análogos.

CUADRO 23. - EFECTOS DE LAS ESTACIONES SOBRE LAS VARIACIONES DE LA ACTIVIDAD PROTEOLÍTICA PRODUCIDAS DURANTE LA FERMENTACIÓN

Estación	Compuesto	Concentración mg./grano al cabo de horas				
		0	41	89	89	185
Húmeda	Nitrógeno alfa-amínico proteínico	11,96	9,97	6,93	2,00	1,34
	Nitrógeno alfa-amínico libre	0,73	1,03	2,27	2,28	2,40
	Nitrógeno alfa-amínico peptídico	0,21	0,23	2,64	2,14	1,17
	Nitrógeno total	27,78	31,20	25,06	23,15	21,59
Seca		0	40	88	167	
	Nitrógeno alfa-amínico proteínico	12,48	11,05	9,53	6,40	
	Nitrógeno alfa-amínico libre	0,81	1,03	1,77	2,42	
	Nitrógeno alfa-amínico peptídico	0,35	0,13	1,65	2,34	
	Nitrógeno total	30,21	31,10	29,75	28,35	

Polifenoles

Roelofsen (1958) ha revisado muy cuidadosamente la literatura referente a esta cuestión y ha mostrado cómo los resultados obtenidos por los

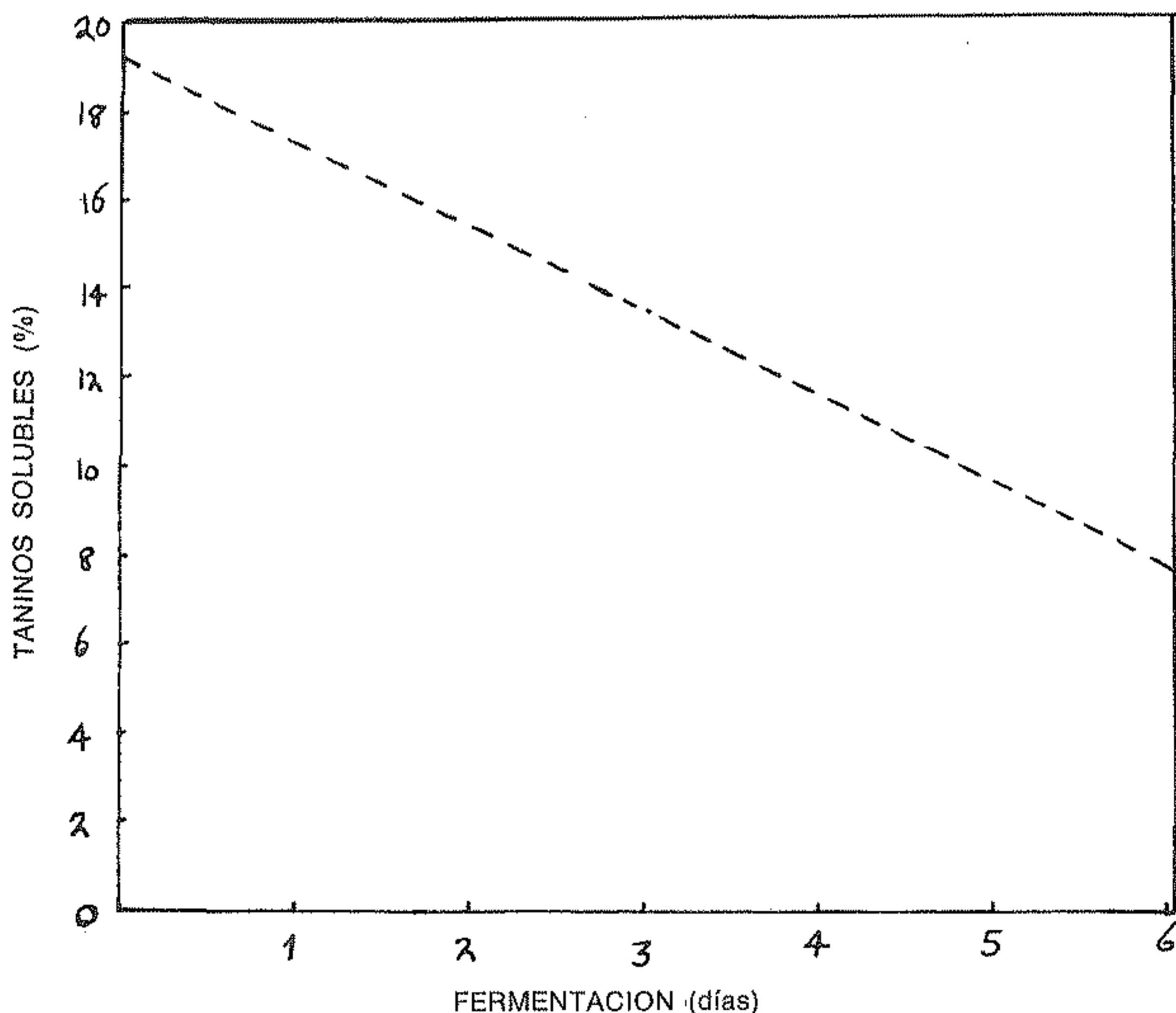


FIGURA 54. Variación del contenido de taninos solubles durante la fermentación.

métodos antiguos de valoración de los taninos difieren según los diversos métodos de extracción y precipitación empleados. Duthie (1938) efectuó un análisis típico de estos compuestos extrayendo cacao con una solución acuosa de acetona al 40 por ciento. Los taninos se precipitaron con sulfato de cinconina y el filtrado se trató con el reactivo de Stiasny (formaldehído/ácido clorhídrico) que al parecer precipita la catequina. Hallas y Wight (1939) modificaron ligeramente este método para poder valorar los taninos insolubles. Sus resultados se reproducen gráficamente en la Figura 54.

Forsyth atacó el problema del análisis de la fracción tanino del cacao separando los componentes de la fracción soluble en los ácidos minerales diluídos. Por un método de cromatografía sobre papel, identificó nueve sustancias y determinó la cantidad de cada una de ellas presente en el

extracto (1949; 1952). Forsyth y Rombouts (1951) observaron, cuantitativamente, los cambios que se producen en los polifenoles solubles durante la fermentación y vieron que los pigmentos de antocianina se destruían rápidamente en tanto que los otros compuestos polifenólicos desaparecían, en cierta medida, por exudación a través de la testa. Aunque hay presente una oxidasa, cuyo substrato es la fracción polifenólica, tal oxidasa no adquiere actividad hasta la fase de desecación, cuando el aire tiene acceso a los cotiledones. En apoyo de esta hipótesis, Humphries (1944c) ha demostrado que, si se dejan autolizar en el aire granos frescos desmenuzados, los polifenoles se destruyen en gran parte en el plazo de una hora.

La destrucción de las antocianinas por hidrólisis enzimática va acompañada de una pérdida de la coloración púrpura, porque la cianidina liberada forma una pseudobase estable e incolora (Forsyth y Quesnel, 1957a) y los granos puede decirse que experimentan un blanqueo durante la fermentación. Es en la fase de desecación siguiente cuando se produce el pardeamiento. Rohan (1958a, 1958b) identificó en cacao amelonado de Africa occidental los mismos polifenoles que describió Forsyth para el tipo Trinidad, y determinó sus cambios cuantitativos durante la fermentación. Este autor encontró, por una frecuente toma de muestras del montón de fermentación, que no se produce cambio alguno en ninguno de estos compuestos antes de la muerte del grano y de la consiguiente liberación de las células en que están encerrados. Después de esto, se produce una rápida destrucción de las antocianinas y una pérdida de los otros compuestos polifenólicos a un ritmo mucho más lento. El mismo autor demostró también que la destrucción de las catequinas y las leucoantocianinas es mayor en los montones pequeños, lo que hace pensar en una penetración de aire en los cotiledones en las últimas fases de la fermentación. Tomando muestras en la parte exterior y en el centro de montones de tamaños diferentes, Rohan ha presentado pruebas que apoyan su observación de que los cambios asociados con la fermentación ocurren más prontamente en las capas superficiales. Las Figuras 55 y 56 muestran las variaciones en los polifenoles, durante la fermentación, en la parte superficial y en el centro de dos montones de magnitud diferente.

Las cifras colocadas junto a las flechitas verticales en estas figuras representan la concentración de antocianina en granos sacados de los montones, en el momento que se indica, y secados al sol. Si se examinan estas figuras junto con las 52 y 53 resulta más aceptable la hipótesis de que los cotiledones pueden ser matados en la fase de desecación. Por

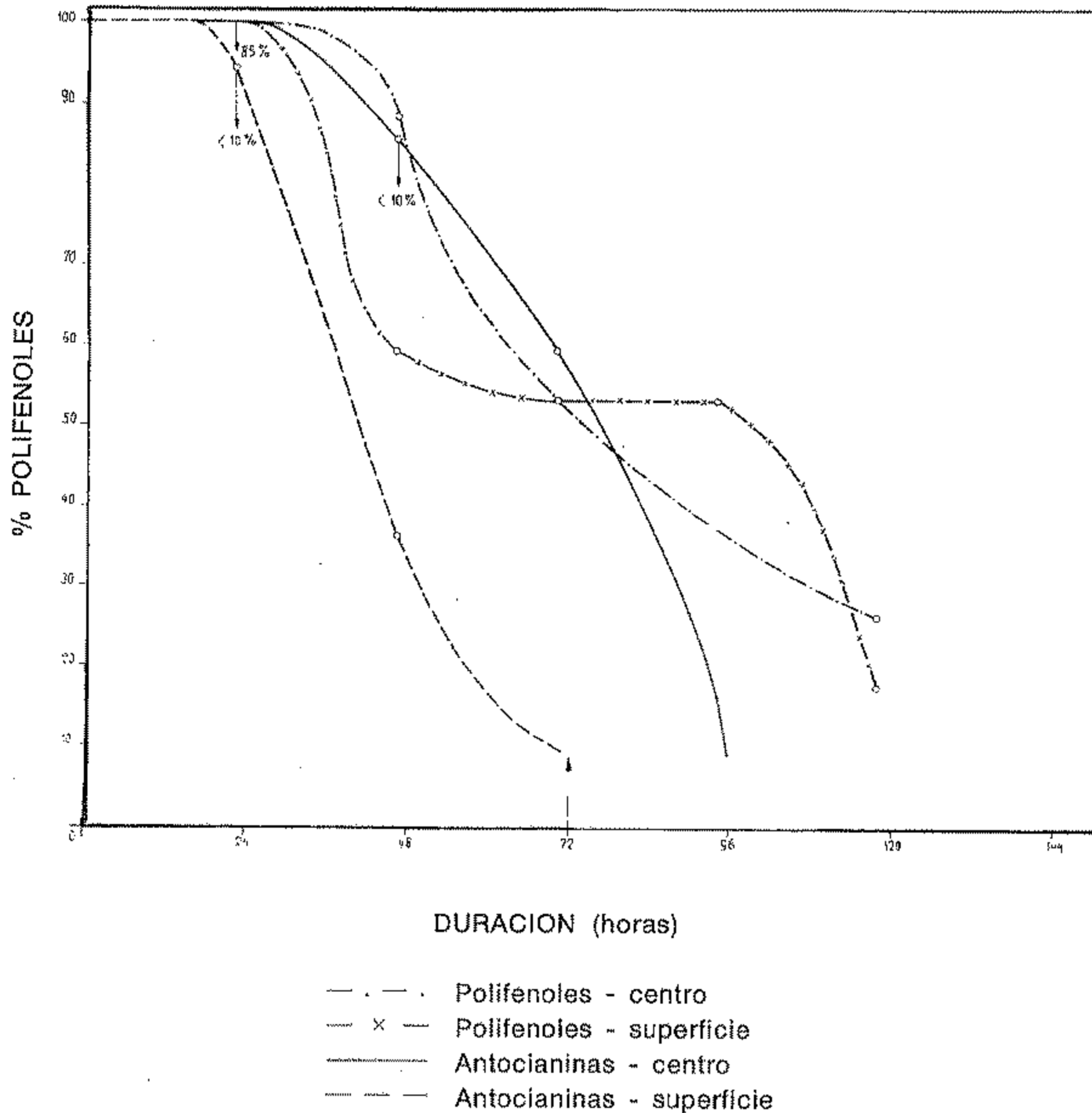


FIGURA 55. Variación del contenido de constituyentes polifenólicos de los cotiledones durante la fermentación en un montón de 275 Kg., indicando las diferencias entre la superficie y el centro de la masa.

ejemplo, en el montón de 272 Kg., después de 24 horas de fermentación en el centro, había aproximadamente un 100 por ciento de granos viables, y la concentración de antocianina era el 100 por ciento de la concentración inicial en los granos frescos. Después de la desecación, la concentración de antocianina disminuyó a menos de 10 por ciento, lo que indica que la liberación de estos compuestos de las células en que están encerrados debe ocurrir después de sacados los granos del montón.

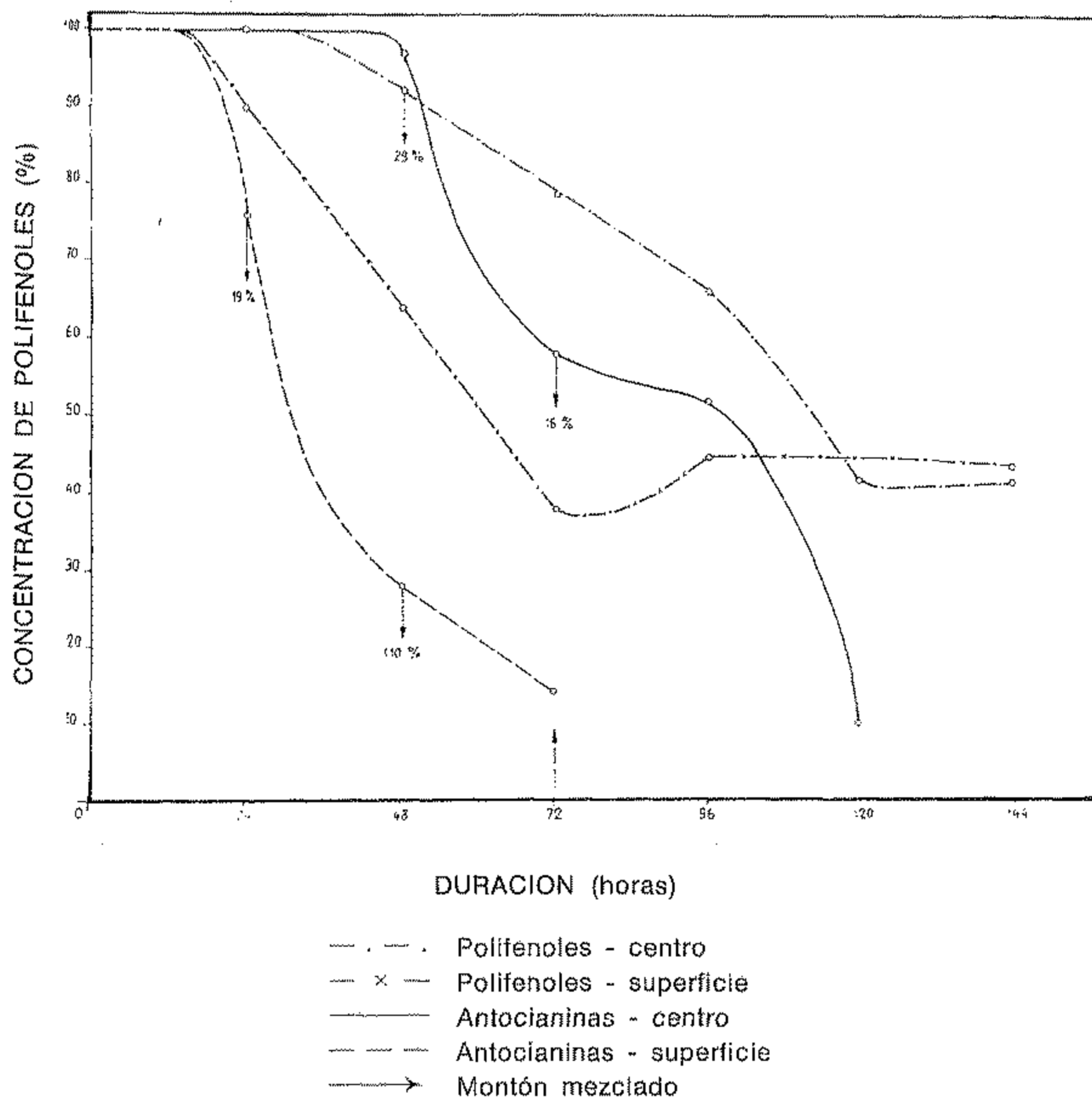


FIGURA 56. Variación del contenido de constituyentes polifenólicos de los cotiledones durante la fermentación en un montón de 2.000 Kg., indicando las diferencias entre la superficie y el centro de la masa.

Las pendientes de las dos curvas representativas de la concentración de antocianina en las Figuras 55 y 56 sugieren que la velocidad de la reacción de destrucción de la antocianina era análoga a ambas concentraciones en el montón una vez muertos los granos. En el cacao amelonado de Africa occidental no aconteció la destrucción completa de las antocianinas en el transcurso de la fermentación normal y siempre quedó un pequeño residuo después de seis días de tratamiento.

Los polifenoles y la calidad

El análisis final de la calidad del cacao fermentado se hace por el sabor y, aparte su subjetividad, este método de valoración sigue siendo el más importante. Es evidente, pues, que cuando se efectúan análisis químicos de los cambios que suceden en los cotiledones durante la fermentación el cuadro no es completo, a menos que exista una cierta correlación entre estos cambios y el sabor. Recientemente se ha intentado (Rohan, 1958c) establecer alguna relación entre las alteraciones que se producen en los constituyentes polifenólicos de los cotiledones y el desarrollo de sabor de chocolate. Es sabido que si se seca al sol cacao fresco sin fermentar, las células en que están encerrados los polifenoles siguen reteniendo éstos, los cuales permanecen inalterados al tiempo que los granos tienen, al cortarlos, un aspecto pizarroso. Además, faltan el aroma y el sabor de cacao. Durante la fermentación, la rápida destrucción de las antocianinas observada iba acompañada de un desarrollo igualmente rápido de sabor de chocolate, de forma que dentro de las 12 horas siguientes a la muerte del grano éste podía secarse al sol y daba un producto aceptable.

Muchos análisis de los polifenoles residuales contenidos en el producto seco han dado resultados que hacen pensar que las antocianinas reflejan la calidad mejor que los otros compuestos polifenólicos que pueden ser tolerados en cantidades bastante grandes. Un estudio de las características del sabor de los granos de color púrpura ha indicado que en los de color más oscuro seguía habiendo aproximadamente un 30 por ciento de pigmentos sin alterar y que, cuando estos granos se transformaban en chocolate, daban un producto acre al paladar, pero con un fuerte sabor a cacao. Los granos con secciones de color púrpura pálido contenían menos de 10 por ciento de pigmentos residuales y daban un chocolate de buena calidad. Los otros polifenoles se hallaban en cantidades muy variables, pero su influencia sobre el sabor no parecía muy importante. En el Cuadro 24, basado sobre los resultados de un gran número de análisis y valoraciones de la calidad de muestras tomadas al azar, se observa la relación existente entre los pigmentos residuales, en granos fermentados y secos, el aspecto de los cotiledones y la calidad.

De las muestras que contenían 10 a 20 por ciento de antocianinas residuales, las que poseían los valores más bajos de esta gama eran aceptables. Esto indicaría una cierta tolerancia para los granos púrpura oscuro y la aceptabilidad de los granos de sección de color púrpura pálido.

CUADRO 24. - RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE ANTOCIANINAS, EL ASPECTO Y LA CALIDAD

Concentración de antocianinas (% de valor en los granos frescos)	Aspecto de los cotiledones	Calidad
0 - 10	Púrpura pálido/pardo	Aceptable
10 - 20	Púrpura oscuro/pardo	Casi inaceptable
20 - 30	Púrpura y pizarroso	Inaceptable
30 - 100	Pizarrosidad creciente	Inaceptable

Rohan ha señalado, como concentración máxima permisible de granos con sección púrpura oscuro en una muestra, 40 por ciento, pero ha recomendado que se confirme este valor, sobre todo en vista de la arraigada resistencia de muchos fabricantes a aceptar los granos de este tipo.

Del Boca (1962) ha efectuado recientemente estudios en que empleó mezclas preparadas mecánicamente que contenían diferentes proporciones de granos de color púrpura y de color pardo. Estos granos se transformaron en chocolate, que se sometió a un sistema estadístico de valoración organoléptica. Los resultados concuerdan con la cifra de 40 por ciento de granos de color púrpura oscuro señalada por Rohan como contenido máximo permisible en el cacao comercial. Aunque del Boca halló una diferencia apreciable entre la muestra de referencia y la que contenía 25 por ciento de granos púrpura, esta muestra se clasificó, sin embargo, buena. La muestra con 50 por ciento de granos púrpura se clasificó entre aceptable y bastante buena.

Laycock (1930), de un estudio de la fermentación de cacao de Nigeria, sacó la conclusión de que los tipos forastero no se pueden preparar exentos de granos púrpura, a menos que los granos estén muy maduros y la fermentación se prolongue más de lo debido. Como los granos sobremaduros generalmente germinan y los fermentados con exceso tienen los defectos ya mencionados, se dedujo que posiblemente no existe ningún método de fermentación practicable que evite la presencia de algunos granos púrpura en el producto. La confirmación de la conveniencia de una cierta proporción de estos granos en el cacao preparado aparece en una publicación de la Comisión del Caribe (1958). Hace casi 50 años, Schult-im-Hofe (1913) efectuó precisas valoraciones organolépticas de muestras de cacao en diversas fases de oxidación, llegando a la

conclusión de que « si el proceso de oxidación se prolongaba hasta que todos los granos se volviesen pardos, el sabor era menos intenso y el aroma menor que en las muestras que contenían algunos granos de color violeta rojizo mezclados con los pardos ».

Brown (1957) cree que el componente del fruto, esencial para el sabor de cacao en el de tipo de Africa occidental, está asociado con los granos fermentados parcial o insuficientemente, y que este componente puede agregarse al cacao en que aquél escasee añadiendo a este cacao algunos granos pigmentados insuficientemente fermentados. Parece casi seguro que los granos púrpura pálido dan un producto de buena calidad y es cierto que la presencia de esta pequeñísima cantidad de granos de este color protege contra la fermentación excesiva que generalmente origina una pérdida de sabor de cacao y el desarrollo de olores desagradables. Quesnel (1958), sin embargo, opina que « los granos de color púrpura constituyen un defecto grave en el cacao curado », y que la eliminación de los mismos es importante para el fabricante de chocolate.

Evitación de la formación de granos pizarrosos y púrpura oscuro

La existencia de estos dos tipos de grano se relaciona con la concentración de antocianinas en los cotiledones secos. En los granos pizarrosos todos los pigmentos permanecen inalterados y en los de color púrpura oscuro una cantidad considerable de tales pigmentos se destruye, pero queda inalterado un 30 por ciento. Los pigmentos coloreados carecen de sabor (Forsyth y Quesnel, 1957a), habiéndose indicado (Rohan, 1957b) que los cambios que tales pigmentos experimentan durante la fermentación puede que sólo sean indicadores de cambios más importantes que ocurren en los cotiledones. Se han supuesto dos fases en la destrucción de las antocianinas (Rohan, 1958b):

1. la muerte de los cotiledones y la difusión a través de las células que encierran los polifenoles;
2. la inmediata y rápida hidrólisis enzimática de las antocianinas.

La primera fase debe terminar antes del comienzo de la desecación, pues, de lo contrario, el producto seco puede presentar pizarrosidad. Los resultados experimentales hacen pensar que ambas fases pueden

ocurrir simultáneamente en los estadios iniciales de la fermentación y que la muerte de los cotiledones, con la concomitante difusión a través de las células que encierran los polifenoles, es una reacción lenta, y que mientras acaece la difusión sucede el ataque enzimático a las antocianinas ya liberadas. Los cotiledones pueden morir en las primeras fases de la desecación y se ha observado (Rohan, 1958c) que una muestra de granos tomada de la capa exterior de un montón que llevaba 22 horas en fermentación y presentaba un 25 por ciento de viabilidad no dio granos pizarrosos una vez seca. Esto ha sido confirmado más recientemente por Holden (1959). En estas condiciones, es posible que si la deshidratación es rápida la hidrólisis enzimática de las antocianinas se detenga prematuramente, dando un producto seco de color púrpura oscuro. Sin embargo, no debe olvidarse que hay otros factores contribuyentes y que esta explicación sencilla puede que sólo sirva para describir un aspecto de este fenómeno. Si los granos se mantienen en una atmósfera húmeda a una temperatura de 46°C durante 24 horas, por lo menos, después de la muerte de los cotiledones, habrá un mínimo de granos púrpura oscuro en el producto seco. Biehl (1961) recomienda, para evitar los granos de color « violeta », que se coseche el cacao más maduro posible, que se aumente la duración de la fermentación lo más que se pueda, que se protejan las cajas de fermentación contra las pérdidas de calor aislándolas, o que la masa de grano se remueva menos frecuentemente.

Desarrollo del sabor y del aroma de chocolate

Durante la fermentación y la desecación se forman ciertos compuestos de constitución desconocida que, cuando los granos se tuestan, originan el sabor y el aroma característicos del cacao. Si se secan al sol granos frescos sin tratamiento intermedio, no se desarrolla sabor de cacao al tostar tales granos y el chocolate preparado con ellos es muy astringente, amargo y generalmente desagradable. La química del sabor de cacao es compleja y las dificultades que entraña la valoración del sabor, de que se trata más adelante, no contribuyen a simplificar la cuestión. Apenas si merece mencionarse, por lo conocido que es, el experimento casi clásico de Bainbridge y Davies (1912), en que se aisló de cacao arriba un aceite consistente principalmente en D-linalol. Forsyth y Rombouts (1951) prosiguieron estas investigaciones y demostraron que el aroma de

cacao se puede obtener tostando un extracto metanólico de cacao fermentado. Si de este extracto se separan las purinas antes del tueste, no se produce aroma de cacao. Añadiendo teobromina se vuelve a obtener dicho aroma. Otras investigaciones indican que se obtienen aromas que recuerdan el del chocolate tostando con teobromina la fracción compleja leucocianidínica de los polifenoles.

Otro problema que espera solución es determinar en qué fase del beneficio se desarrollan el sabor y el aroma de cacao. Esto se complica por la necesidad de secar el cacao fermentado antes de su tueste y, hasta ahora, no es posible afirmar si el sabor se desarrolla en la fase de fermentación o en la de desecación, o en ambas. Forsyth y Rombouts (1951) eliminaron el efecto de la desecación preparando extractos metanólicos de cacao fermentado húmedo, y obtuvieron aroma de chocolate al tostar tales extractos. Esto sugiere que la fase de fermentación es importante en el desarrollo del aroma, por lo menos. Wadsworth (1955), por otra parte, afirma que secando en una atmósfera de anhídrido carbónico cacao fermentado se obtiene un producto sin sabor de chocolate, lo que indicaría la importancia de la fase de desecación a este respecto. En realidad, es muy probable que ambas fases sean importantes en el desarrollo de características diferentes que, reunidas, originan las sensaciones organolépticas propias del chocolate. La producción de sabor de chocolate, *per se*, se podría describir como un efecto positivo y puede que en ella intervengan también varios efectos negativos de la fermentación. Es sabido que los polifenoles, por ejemplo, son astringentes y podría esperarse que la oxidación y la condensación de los mismos para pasar a compuestos menos solubles redujese este efecto desagradable. Las proteínas, que también pueden originar sabores desagradables en el tueste ven disminuída su concentración durante la fermentación. De Witt (1957) ha mostrado que, cuando se inhibe parcialmente esta reacción, el sabor es malo. Las purinas, que son muy amargas, disminuyen parcialmente de concentración por exudación, lo cual puede tener también influencia sobre el sabor.

Griffiths (1959b) ha suministrado recientemente nuevas pruebas experimentales en apoyo de lo expuesto anteriormente por Forsyth y Rombouts (1951), relativo a que durante la fase anaerobia de la fermentación se forman precursores del aroma y el sabor de chocolate. Griffiths fermentó granos en una atmósfera sin oxígeno, los enfrió rápidamente en una mezcla de CO₂ sólido y acetona, y los secó por congelación hasta una humedad de 8 por ciento. Los granos secos eran de color púrpura pálido y no mostraban señales de pardeamiento. Al tostarlos, dieron un

aroma moderado de chocolate y, aunque astringentes, tenían sabor a chocolate. De estas observaciones este autor dedujo que la actividad polifenoloxidásica no es fundamental para el desarrollo del aroma y el sabor básico de chocolate, y que el aspecto más importante de la desecación es la reducción de la astringencia. La velocidad con que se desarrolla el sabor se puede deducir de los resultados de experimentos de fermentación y desecación. En la fase de fermentación, dicha velocidad depende de aquella con la cual los cotiledones mueren y los polifenoles

CUADRO 25. - DESARROLLO DEL SABOR DURANTE LA FERMENTACIÓN EN MONTONES

Duración de la fermentación (horas)	Posición en el montón	Germi-nación (%)	Tempe-ratura (°C)	Características del sabor
22	Superficial	25	43	Amargo; astringente. Débil sabor de chocolate; terroso.
26	»	—	44	Ligeramente amargo; regular sabor de chocolate; a nueces.
30	»	—	45	Ligeramente amargo; bastante buen sabor de chocolate.
44	»	—	47	Buen sabor de chocolate.
22	Central	96	41	Muy amargo; astringente; poco o ningún sabor de chocolate.
46	»	—	45	Ligeramente amargo; bastante buen sabor de chocolate.

son liberados de las células que los contienen. Muestras, tomadas a intervalos breves, de la capa superficial y del centro de un montón de granos en fermentación indican que no hay desarrollo alguno de sabor antes de la muerte de los granos y que después de ésta dicho desarrollo es rápido. En el Cuadro 25 se reproducen los resultados obtenidos por Lipscomb y Rohan (datos inéditos) en una investigación hecha con un montón de 275 Kg. de cacao amelonado.

Howat y colaboradores (1957a) variaron la velocidad de desecación manteniendo una duración fija de la fermentación, y llegaron a la conclusión de que tales variaciones en la desecación natural tienen poca influencia

sobre el sabor. En los secaderos artificiales, el tiempo de desecación se puede reducir a 15 horas, sin perjuicio para la calidad. Ambas pruebas sugieren que la duración de la fermentación y la de la desecación, o la de ambas operaciones, se puede reducir considerablemente sin afectar de modo adverso la calidad.

Función de la pulpa

La función de la pulpa como substrato de levaduras y bacterias es posiblemente la más importante de las que ella ejerce en la fermentación natural. La actividad microbiana exotérmica ocasiona un aumento de la temperatura y la acidez suficiente para matar los granos, pero las opiniones están divididas sobre si la pulpa o los productos de su degradación penetran en la testa y tienen influencia sobre el sabor. Roelofsen y Giesberger (1947) citan la invariable muerte temprana de las partes externas de los cotiledones como prueba de la difusión de algún agente mortífero procedente de la pulpa. Que esta difusión periférica no es universal se ha demostrado por la existencia de granos con periferia pizarrosa y centro de color púrpura (Rohan, datos inéditos). Esta observación no excluye la difusión en los cotiledones, sino que más bien proporciona una prueba de la probabilidad de otra ruta, por ejemplo, a través del extremo micropílico debilitado del grano. Whympers (1937) encontró que la creciente acidez que se observa en los cotiledones durante la fermentación se debe al desarrollo de acidez en los granos y no a la difusión de materia alguna procedente de la pulpa.

El incremento aparente de la humedad de los cotiledones observado por Howat y col. (1957a) y Rohan (1958a) sugiere el posible paso de los productos de la fermentación de la pulpa a través de la testa, pero en vista de la pérdida constante simultánea de sustancia sólida de los cotiledones, puede que el incremento de la humedad no sea sino un fenómeno aparente. Wadsworth (1955) cree que la fermentación de la pulpa sólo sirve para proporcionar la temperatura necesaria para la muerte de los granos y que no contribuye al sabor, mientras que Quesnel (1957) ha demostrado que las sustancias volátiles pueden atravesar la testa de los granos sin pulpa y penetrar en los cotiledones, influyendo así en el sabor final.

FERMENTACIÓN ARTIFICIAL

Aunque no existe acuerdo completo sobre la naturaleza de la función desempeñada por la pulpa en la fermentación natural, se acepta que dicha función es importante y, en efecto, casi todos los experimentos de fermentación artificial significan un intento de dirigir los cambios que se producen en este medio.

Adiciones a la pulpa en fermentación

La adición de sustancias extrañas, y el incremento de la concentración de las ya presentes en la pulpa, es práctica antigua, siendo muchas las sustancias que en un tiempo o en otro se han añadido al cacao en fermentación. Quizás lo más sencillo en este caso sea el retorno de los líquidos de exudación al cacao en fermentación, pero no hay pruebas de la eficacia de este procedimiento. Con el fin de suprimir la actividad bacteriana y favorecer el desarrollo de las levaduras se ha intentado impedir, mediante la adición de ácidos, la elevación normal del pH de la pulpa. Muchos investigadores (Roelofsen, 1958) han empleado también el anhídrido sulfuroso, pero no se ha conseguido con ello impedir, ni siquiera reducir, las bacterias ácidas. Zeller y Wilboux (véase, Roelofsen, 1958) han utilizado los ácidos láctico y cítrico, y Roelofsen y Giesberger, (1947) han hallado que las soluciones diluídas de ácido sulfúrico son eficaces para crear condiciones de pH que favorecen el desarrollo de la levadura. El producto obtenido mediante el empleo de este ácido estaba casi exento de ácido acético y olía a éter, pero el chocolate preparado con él no se diferenciaba apenas del hecho con un producto de fermentación normal. Se han utilizado enzimas pécticas para acelerar la descomposición química de la pulpa y evitar con ello el desarrollo de sabores anormales (Johnson y Foot, 1954). MacLean y Wickens (1951) añadieron azúcares a la pulpa sin que se observase un efecto importante sobre la calidad. Se han usado cultivos puros para incrementar el período de desarrollo de las levaduras. La literatura sobre esta cuestión ha sido revisada detenidamente por Roelofsen (1958). Únicamente en Java (Indonesia) se ha intentado relacionar estas adiciones con la calidad, y aunque se observó una elevación más rápida de la temperatura y el período de dominio de la levadura se prolongó por 12 horas, el producto no se distinguía de un cacao corriente.

Fermentación aséptica

Howat y colaboradores (1957a) han intentado efectuar una fermentación aséptica esterilizando los granos y la pulpa, pero no observaron diferencias importantes en el producto.

Eliminación de la pulpa

La eliminación de la pulpa con soluciones diluídas de carbonato potásico fue propuesta por Perot (1913), quien después esterilizaba los granos con vapor de agua. Knapp obtuvo malos resultados al ensayar este método de tratamiento y atribuyó el fracaso al hecho de que cuando la acción del vapor basta para matar los granos también destruye las enzimas, y cuando los granos no mueren el producto tiene un aspecto pizarroso. El calentamiento no es suficiente por sí solo para producir la degradación de las proteínas (De Witt 1957) en medida semejante a la observada en la reacción proteolítica de una fermentación normal, que origina un incremento del nitrógeno alfa-amínico libre de 0,73 mg. a 2,40 mg. por grano. El calentamiento del cacao fresco a temperaturas diferentes causa los cambios siguientes en el contenido de nitrógeno amínico:

- A 40°C el calentamiento durante 126 horas aumenta el nitrógeno alfa-amínico libre desde 0,62 a 1,26 mg. por grano
- A 45°C el calentamiento durante 126 horas aumenta el nitrógeno alfa-amínico libre desde 0,70 a 1,26 mg. por grano
- A 50°C el calentamiento durante 72 horas aumenta el nitrógeno alfa-amínico libre desde 0,64 a 1,08 mg. por grano

La calidad del cacao preparado de este modo es inferior a la del cacao fermentado por los métodos corrientes. Stevens (1925) suspendió granos frescos en agua a temperaturas y durante períodos de tiempo diversos y llegó a la conclusión de que el tratamiento con agua a 40°C durante tres a ocho días puede sustituir la fermentación normal. Preuss (1926) modificó el procedimiento de Stevens efectuando un mejoramiento que está

más conforme con las ideas modernas. Las cuatro fases principales imaginadas eran:

1. Eliminación de la pulpa en los granos frescos por elevación de la temperatura a 45°C, punto en que se la mantenía 24 horas para dar tiempo al curado; toda la pulpa restante se eliminaba después con agua caliente.
2. Calentamiento del cacao húmedo en aire confinado, de 45 a 60°C, para ocasionar el hinchamiento de aquél.
3. Desección del cacao de 45 a 60°C hasta reducir su humedad a 15 por ciento.
4. Mantenimiento de la temperatura anterior, en aire confinado, durante dos a tres días y desecación final.

El secador *Brumutro* se ideó especialmente para consentir la necesaria regulación de la desecación en este método que parece que nunca fue popular. Es posible que la naturaleza antieconómica del proceso fuera la causa de la prevención existente contra él entre los cultivadores. Dittmar (1955) ha descrito recientemente un método de tratamiento con álcalis de los granos frescos, lavados, y aunque el producto tenía un aspecto normal no se efectuaron valoraciones del sabor. Kempf y Murer (1951) obtuvieron una patente para un método de fermentación regulada con arreglo al cual la pulpa se eliminaba en los granos frescos que después se mataban calentándolos a 60°C en una atmósfera húmeda. El producto carecía de sabor de chocolate (Wadsworth, 1955), aunque era muy apropiado para revestir helados debido a su bajo contenido de bacterias.

La regulación de la temperatura y ácido acético

Zeller (1928) figura entre los investigadores que creen que el ácido acético es perjudicial para la fermentación, y dice haber impedido la formación de este ácido elevando la temperatura de la masa de grano hasta 55° ó 65°C durante 24 a 30 horas al final de la fermentación alcohólica. Teniendo en cuenta los conocimientos actuales de la microbiología de la fermentación de la pulpa, es difícil comprender cómo puede haber certeza de que esto ocurría así. Hardy (1926), por el contrario, creía que la fermentación acética puede reemplazar la fermentación normal, pero

Knapp (1937) no pudo confirmar esta creencia. En cambio, descubrió que la adición de ácido acético originaba una ligera aceleración de la fermentación, mas no tenía influencia sobre el sabor. Quesnel (1957) curó, en el laboratorio, granos de cacao frescos en presencia de ácido acético y vio que el producto tenía un sabor más pronunciado, en tanto que Powell (1958) atribuyó a la presencia de ácido acético en el cacao fermentado un cierto sabor a fruta que dicho cacao tenía. Griffiths (1959a) sostiene que la presencia de ácido acético es esencial para que se desarrolle el sabor de chocolate. Este investigador basa su hipótesis sobre los resultados obtenidos en experimentos de microfermentación en que granos lavados se incubaron con diversas disoluciones. Las soluciones diluidas de ácido acético y etanol en agua daban un producto normal, mientras que el empleo de agua sola originaba un producto con muy poco sabor de chocolate y manifiesta astringencia.

Los estudios más recientes sobre esta cuestión se deben a Griffiths (1961) quien, mediante experimentos en que utilizó cajas de fermentación, bandejas y la microfermentación, llegó a la conclusión de que las temperaturas elevadas unidas a las concentraciones fuertes de ácido acético proporcionan las mejores condiciones para la fermentación normal en los cacahuales. Griffiths alteró las condiciones fijadas por Allison y Rohan (1958) de la fermentación en bandejas, y observó la formación de cantidades excesivas de ácido acético. Esto no se ha advertido nunca cuando se han cumplido las condiciones definidas por los citados investigadores.

Muerte artificial del grano

Wadsworth y Howat (1954) mataron granos frescos de cacao rebajando su temperatura hasta 1° ó 1,5°C durante 24 horas, y estos granos muertos los fermentaron en condiciones asépticas, pero no pudieron descubrir sabor alguno de chocolate en los granos tostados después de este tratamiento. Estudios recientes efectuados en el West African Cocoa Research Institute (Kenten) indican que se puede obtener un cacao aceptable partiendo de granos muertos por congelación, y Quesnel (1957) ha confirmado experimentalmente que los granos matados de este modo, o también por calentamiento durante una hora a 55°C, proporcionan un producto conveniente después de fermentados y secos.

Fickenday (1913), que es quizá de los primeros investigadores del cacao el que más confianza merece, sabía que los granos de cacao pueden

matarse por congelación, pero afirmaba que basta mantenerlos a 1°C durante tres horas para lograr el mismo resultado. También sostenía este autor que, si después de este tratamiento los granos se secan, adquieren un color pardo oscuro y pierden amargor, y refería las palabras de un fabricante a propósito de los granos tratados de esta manera: « Los granos desvitalizados por congelación tienen el sabor más intenso y el aroma más pleno y puro que jamás hemos encontrado hasta ahora en ningún otro tipo de grano ».

3. OTROS ASPECTOS DE LA FERMENTACION

Métodos nuevos

En general, la fermentación del cacao se efectúa siguiendo reglas tradicionales que se observan casi enteramente, tanto en las grandes plantaciones como en las fincas de los pequeños agricultores. El proceso de fermentación derivó de un sistema de remoción de la pulpa que era fundamental para una desecación más rápida y habría sido verdaderamente casual que por prácticas agronómicas se hubiese llegado empíricamente a las condiciones óptimas. Los resultados de los últimos estudios experimentales indican que, aunque los métodos a que se llega de este modo pueden producir un cacao vendible, ellos no representan las condiciones óptimas de curado del cacao bruto. Los métodos tradicionales se desarrollaron en tiempos de relativa baratura de la mano de obra, por lo que se prestaba poca atención a la eficiencia. Al aumentar los costos de producción, resultó fundamental contar con medios de preparación más eficaces.

Los mejoramientos de esta naturaleza tienen más aplicación en una plantación comercial, pero podrían encontrarla igualmente en sistemas cooperativos, tales como los que se han practicado en Nigeria. El cultivo familiar, aunque representa la mayor parte de la producción mundial de cacao, es aleatorio y aleatorios son también los métodos de beneficio. En cierta época existían en Nigeria unos centros cooperativos de fermentación, y en Costa Rica y Nueva Guinea se practica con buen resultado la compra del cacao fresco a los agricultores. La extensión de estos sistemas cooperativos a los países donde la producción está en manos de grandes agricultores está muy atrasada, y es difícil hallar el modo de mejorar la calidad del cacao hasta que se introduzcan centros de fermentación de este tipo que funcionen bajo la inspección de personal debidamente capacitado.

En los tres años últimos se han ideado dos métodos nuevos de fermentación del cacao. Tales métodos significan un serio esfuerzo para aplicar los resultados de las investigaciones científicas efectuadas sobre esta cues-

tión. Se los puede denominar método de la « fermentación interrumpida » y método de la « fermentación en bandejas », respectivamente. Antes de describir estos métodos conviene reflexionar acerca de la actitud prudente, aunque sensible, de la Cocoa Scientific Advisory Committee de Gran Bretaña ante los modernos métodos de tratamiento. Esta Comisión estima que antes de recomendar el uso general de un método nuevo, éste deberá ser aprobado por el fabricante en lo que se refiere a la calidad del producto que con dicho método se obtenga.

MÉTODO DE LA FERMENTACIÓN INTERRUMPIDA

De Witt y Cope (1951) señalaron que entre la recolección de la mazorca del cacao y la muerte de los granos durante la fermentación existe una germinación incipiente que Swain (1957) sugirió que podría originar una movilización de los sistemas enzimáticos. Estos investigadores creían que los cambios complejos que se producen durante esta hipotética germinación incipiente determinan la bioquímica del proceso de la fermentación. Wadsworth (1955) fue más allá y afirmó que es absolutamente esencial que los granos permanezcan vivos durante los tres días primeros de la fermentación y que luego se los mate dejando subir la temperatura. Wadsworth y Howat (1954) han descrito un método para la fermentación del contenido de una sola mazorca con arreglo al cual mantienen la temperatura del grano en 35°C durante tres días para permitir la germinación incipiente. En Nueva Guinea, Bridgland y Friend (1957) aplicaron esta técnica a la producción en gran escala. A continuación se presenta una descripción de su método:

- Período 1 Se abren las mazorcas a las 48 horas de su recolección y se las coloca en las cajas de fermentación para que escurra la abundante exudación. Los granos permanecen en las cajas de fermentación de 16 a 20 horas durante esta fase.
- Período 2 Se sacan los granos de las cajas de fermentación y se los extiende sobre un suelo de madera, cubierto por la sombra, a razón de 0,0257 m³ de cacao por 1 m² de suelo. Este deberá ser de forma rectangular, muy alargada mejor que cuadrada. El tejado que cubra este suelo tendrá el caballete de altura regulable y sus vertientes se dispondrán en modo que permitan la máxima circulación del aire sobre los granos. Por razones de conveniencia, se utilizó en los ensayos un secador

de tejado deslizante. El período 2 se denomina fase de reposo. Se le da comienzo a las 8 de la mañana y dura 24 horas. Los granos se remueven, por pisada, a intervalos de una hora o de hora y media durante las 8 horas primeras de este período.

Período 3 Al final de la fase de reposo, los granos se vuelven a las cajas de fermentación y después se remueven a intervalos de 24 horas durante tres o cuatro días más. La fermentación es, pues, completa en cinco o seis días, a contar desde la apertura de las mazorcas.

La ventaja más evidente que este método proporciona con respecto al procedimiento normal en Nueva Guinea, es una reducción de la duración de la fermentación, que de seis a diez días queda disminuía a un máximo de cinco a seis días. Otra ventaja que se ha recalcado como se merece es el aumento uniforme de la temperatura que se produce en toda la masa de grano después de la fase de reposo, y la uniformidad de las temperaturas que predominan en los últimos días de la fermentación. Desde el punto de vista económico, sin embargo, este método tiene inconvenientes manifiestos, como son el que el gasto de mano de obra para vaciar las cajas antes de la fase de reposo y para volver a llenarlas después de dicha fase es grande y supera el necesario para la fermentación normal en cajas; y el que, en el período culminante de la temporada, se necesitaría una gran superficie de suelo para esta fase de reposo. A la razón indicada de extensión del grano de 0,0257 m³ de cacao por 1 m² de superficie de suelo, para extender una tonelada de cacao se necesitarían aproximadamente 46,5 m².

La «fermentación interrumpida» es una modificación de un sistema expuesto en otra parte por Schult-im-Hofe. En Venezuela se ha utilizado algún tiempo un método análogo.

Costos de producción

La producción de una tonelada de cacao seco por el método de la fermentación interrumpida exige 185 horas/hombre de mano de obra (según datos proporcionados por L.A. Bridgland, del Ministerio de Agricultura de Nueva Guinea), incluyéndose en esta cifra los trabajos efectuados desde que se cubren por vez primera las cajas de fermentación hasta que se ensaca el cacao seco. Aproximadamente el 8 por ciento del

total de la mano de obra necesaria se utiliza en extender el cacao durante la fase de reposo y en volver a cargar las cajas.

MÉTODO DE LA FERMENTACIÓN EN BANDEJAS

Era evidente que si se pudiese aislar la fermentación rápida en la superficie de los montones, ya descrita, podría ser posible fermentar el cacao, a granel, en un tiempo mucho más corto que el que hasta entonces se creía necesario, y obtener un producto más uniforme. Se hicieron experimentos utilizando una bandeja de madera con el fondo de listones en la que los granos se amontonaban uniformemente hasta una altura de 10 cm. (Rohan, 1957b). Los resultados fueron lo suficientemente alentadores para justificar una investigación más detenida que dio origen a un método completamente nuevo de fermentación del cacao (Allison y Rohan, 1958). En el West African Cocoa Research Institute, de Ghana, se ha construido un nuevo tinglado de fermentación y en él todo el sistema de beneficio es continuo. Se han aplicado a la fermentación los resultados de las últimas investigaciones. He aquí una exposición detallada del nuevo procedimiento:

Transporte de las mazorcas

Después de cosechadas, las mazorcas se llevan en remolques a la instalación de fermentación.

Almacenamiento de las mazorcas

Las mazorcas se echan en recipientes de hormigón en los que se aplican etiquetas con indicación del tipo, la fecha de recolección, etc., de las mazorcas.

Apertura de las mazorcas

Después de tres días de almacenamiento, las mazorcas se abren por un sistema a destajo, recogiendo cada obrero una cantidad de mazorcas que lleva a la mesa donde se las abre (Figura 24). Las mazorcas se abren con unas cuñas de madera fijadas convenientemente sobre la mesa (Figura 25); los granos caen en un saco y las cáscaras y las placentas, en cestas dispuestas al efecto. Cada obrero está encargado de llevar a las balanzas el cacao fresco recogido por él para pesarlo, y echarlo

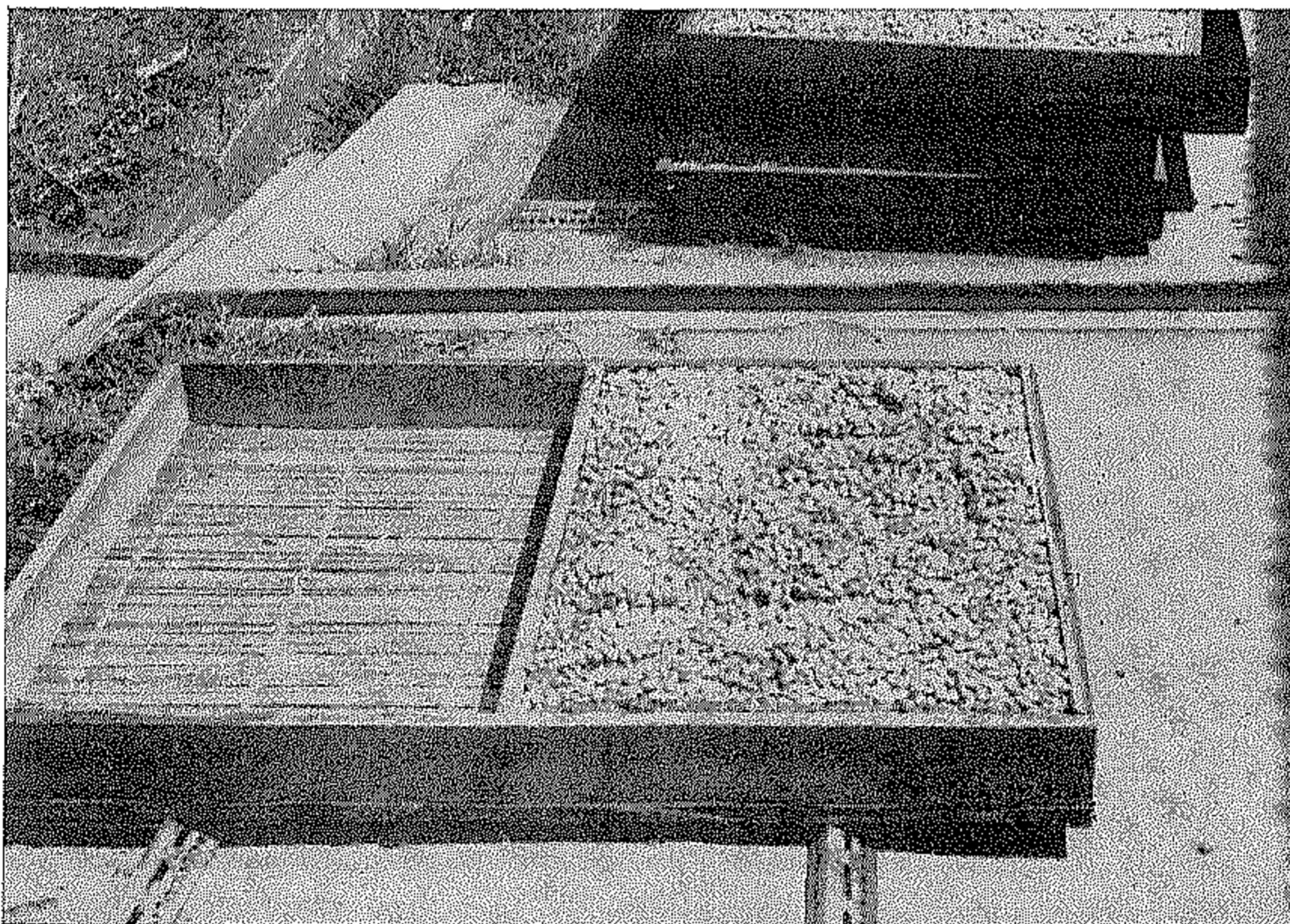


FIGURA 57. Fermentación en bandejas. Bandeja, con el tabique divisorio móvil y una mitad llena, lista para ser apilada.

después en las bandejas de fermentación. En la Figura 26 se presenta, con fines comparativos, el método tradicional de abrir las mazorcas.

Fermentación

Las bandejas de madera, de 1,2 m. por 0,9 m., y 10 cm. de hondo, con el fondo formado de un enrejado de cañas partidas longitudinalmente por mitad, se dividen en dos secciones iguales mediante un tabique deslizante de madera, y una de las dos secciones de cada bandeja se llena con 45,5 Kg. de cacao fresco (Figura 57). Se apilan doce de estas bandejas, de modo que las secciones llenas queden unas encima de las otras (Figura 58) y la pila formada de esta manera se pone sobre una bandeja vacía para que la ventilación sea mejor. Sólo la bandeja de encima se cubre con hojas de plátano y sacos. Transcurridas 24 horas, se cubre la pila con sacos bien ajustados (Figura 59), no siendo precisa ya manipulación alguna hasta que se deshace la pila para proceder a la desecación. En la Figura 60 se muestra la rápida y uniforme elevación

de la temperatura en toda la pila; y en la Figura 61 se presentan, con fines comparativos, las curvas de la temperatura en una caja normal de fermentación. Con este método se pudo fermentar en tres días cacao amelonado de Africa occidental, obteniéndose un producto de calidad satisfactoria.

Desecación

Las bandejas de fermentación se diseñaron para facilitar las manipulaciones. A la terminación del tratamiento se deshace la pila, se quitan los tabiques divisorios y se esparcen los granos, formando una capa uniforme de 5 cm. Las bandejas se colocan después sobre carriles (Figura 62) y se las lleva al sol para proceder a la desecación (Figuras 63 y 64). La función del tabique divisorio en las bandejas es facilitar la desecación. Se vio que, aunque el cacao fermentaba fácilmente extendido en capas de 10 cm., para secarlo mas rápidamente convenía extenderlo en capas de 5 cm.

Análisis comparativo del costo de los diferentes métodos de fermentación

Las cifras que se presentan en el Cuadro 26 se calcularon sin tener en cuenta la operación de apertura de las mazorcas, pero es posible que el nuevo sistema de apertura de las mismas ahorre también tiempo. En estos cálculos no se incluye ni la recolección ni el transporte de las mazorcas, pues los gastos que una y otro originan se consideran comunes a todos los sistemas de fermentación. En el análisis de los costos se incluyen las operaciones de:

1. pesar los granos sin fermentar;
2. cargar la vasija de fermentación;
3. remover el grano durante la fermentación;
4. descargar la vasija de fermentación;
5. remover y clasificar el grano en las bandejas de desecación;
6. cubrir y descubrir el grano durante la desecación;
7. ensacar el grano.

Se presentan cifras comparativas del costo del procedimiento nuevo y de los métodos corrientes de fermentación.

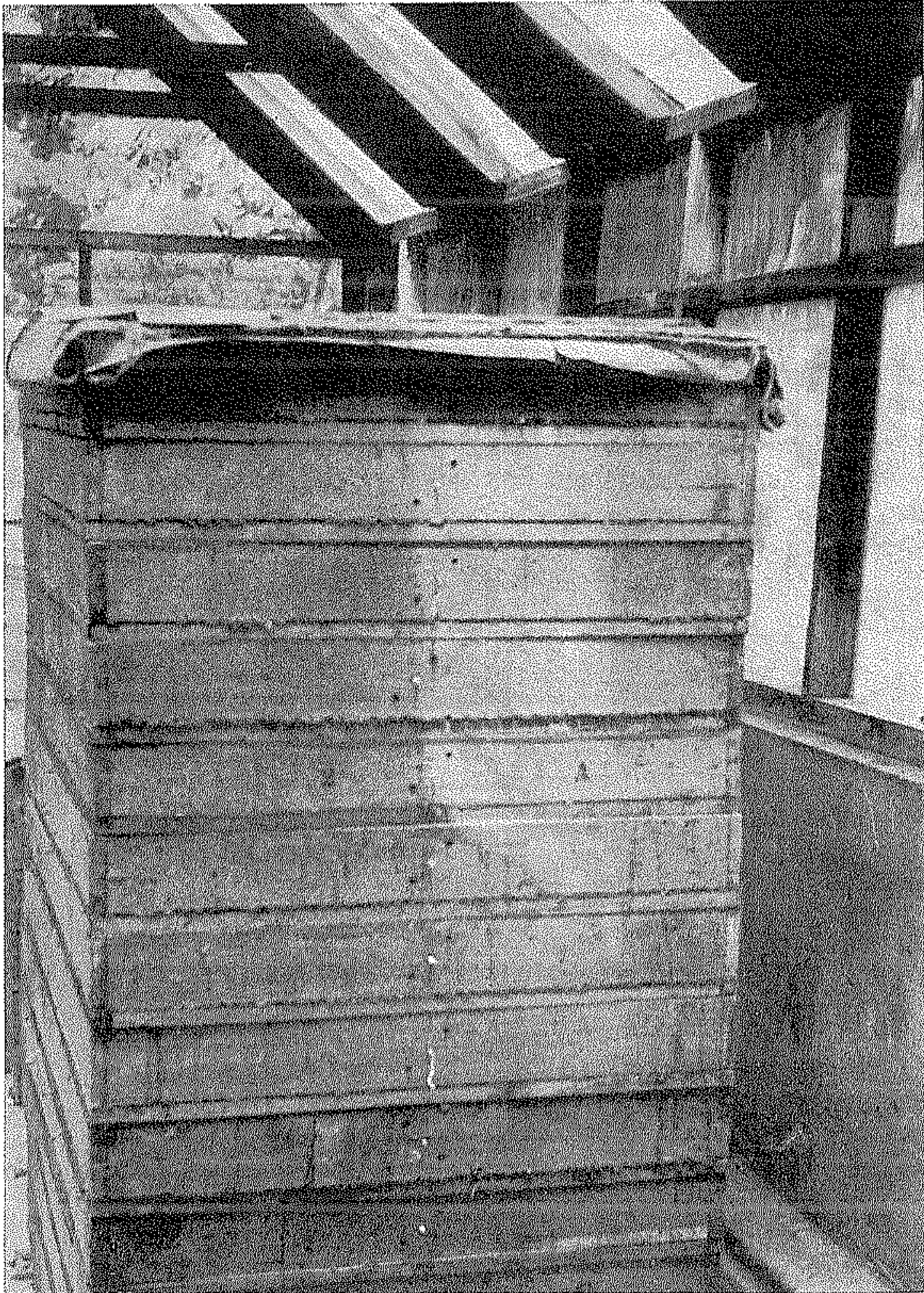
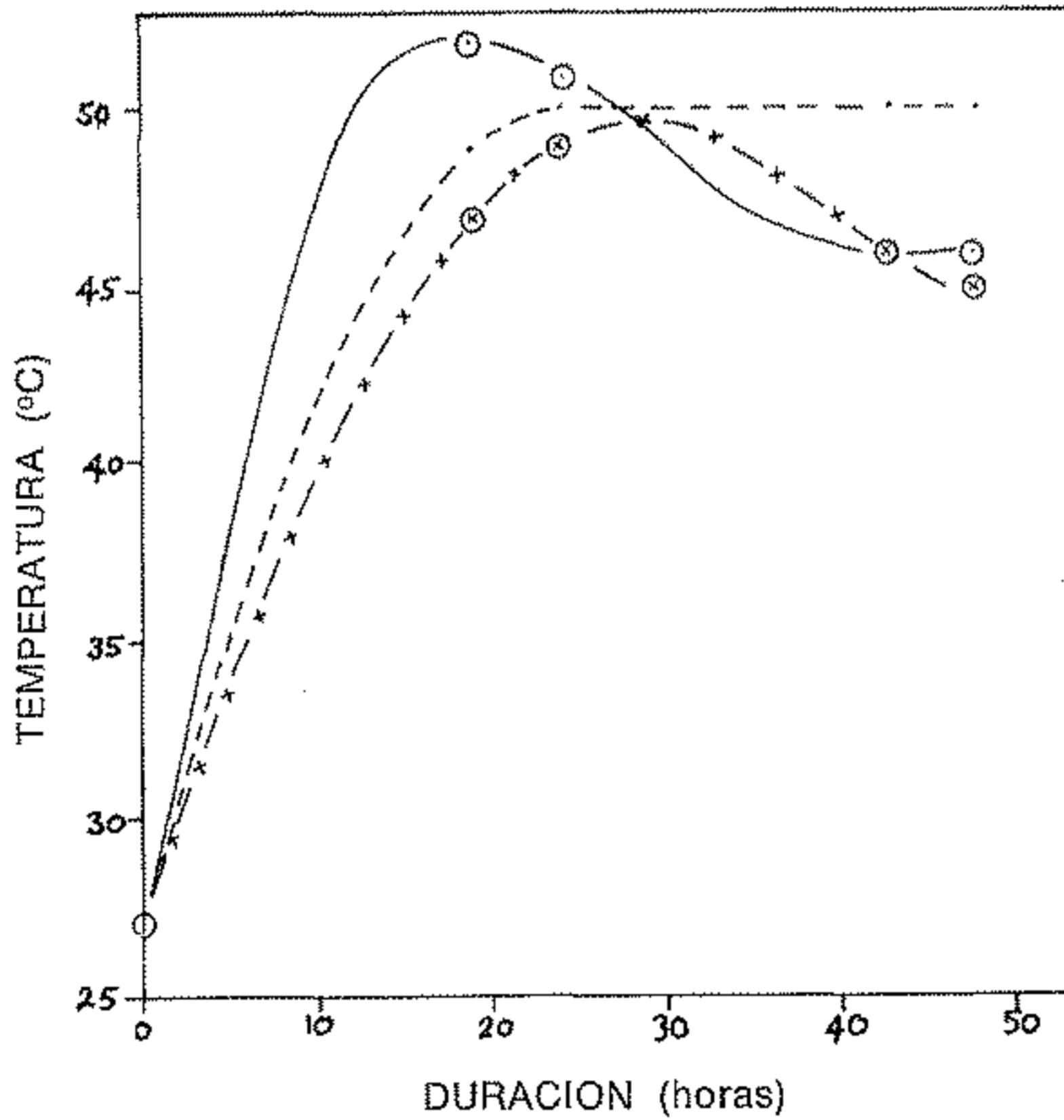


FIGURA 58. Fermentación en bandejas. Pila de 12 bandejas.

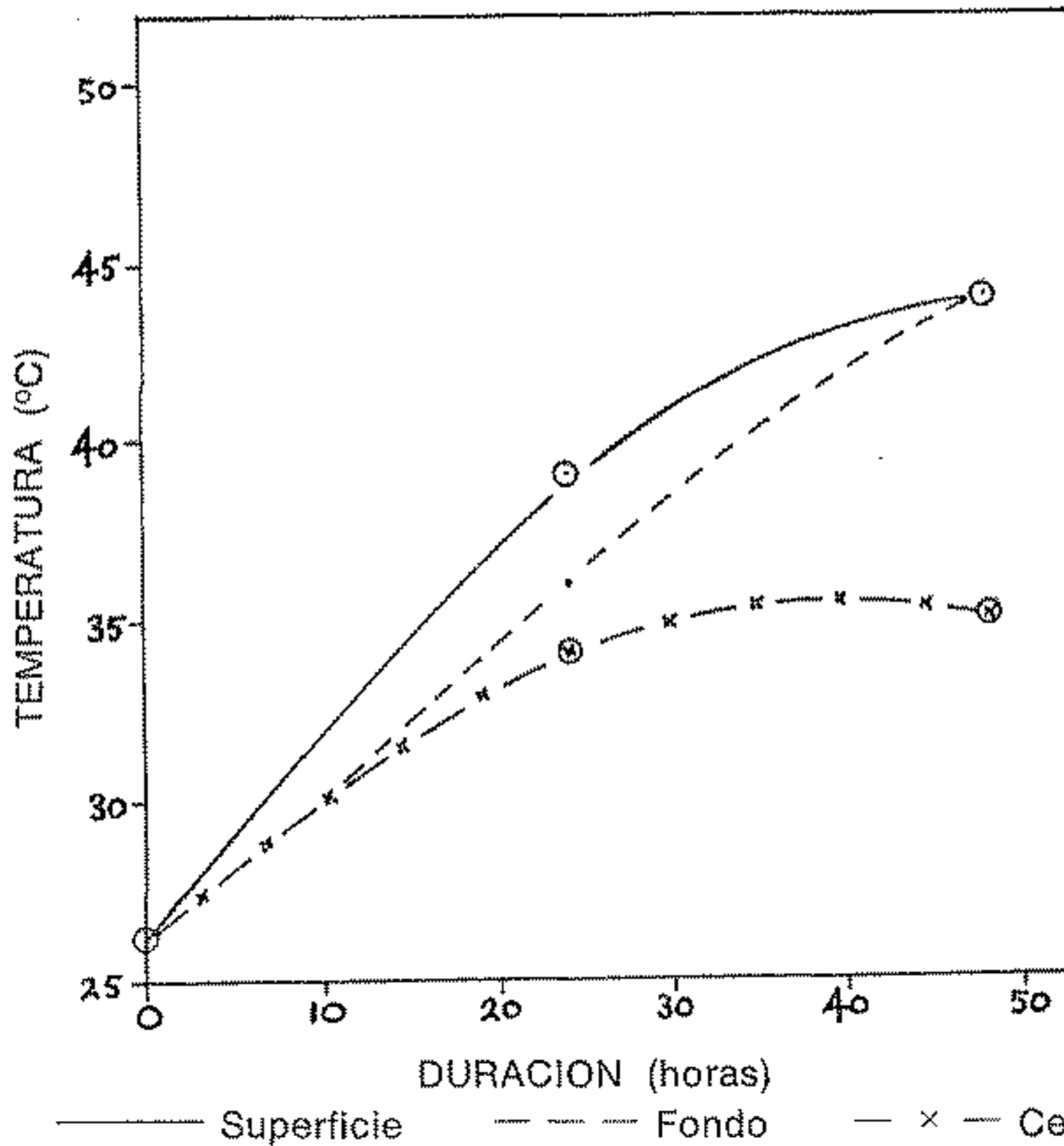


FIGURA 59. Fermentación en bandejas. Pila cubierta con sacos.



—○— Bandeja superior —●— Bandeja central —×— Bandeja inferior

FIGURA 60. Variación de la temperatura en una pila de 12 bandejas.



—○— Superficie —●— Fondo —×— Centro

FIGURA 61. Variación de la temperatura durante una fermentación en una caja nor-

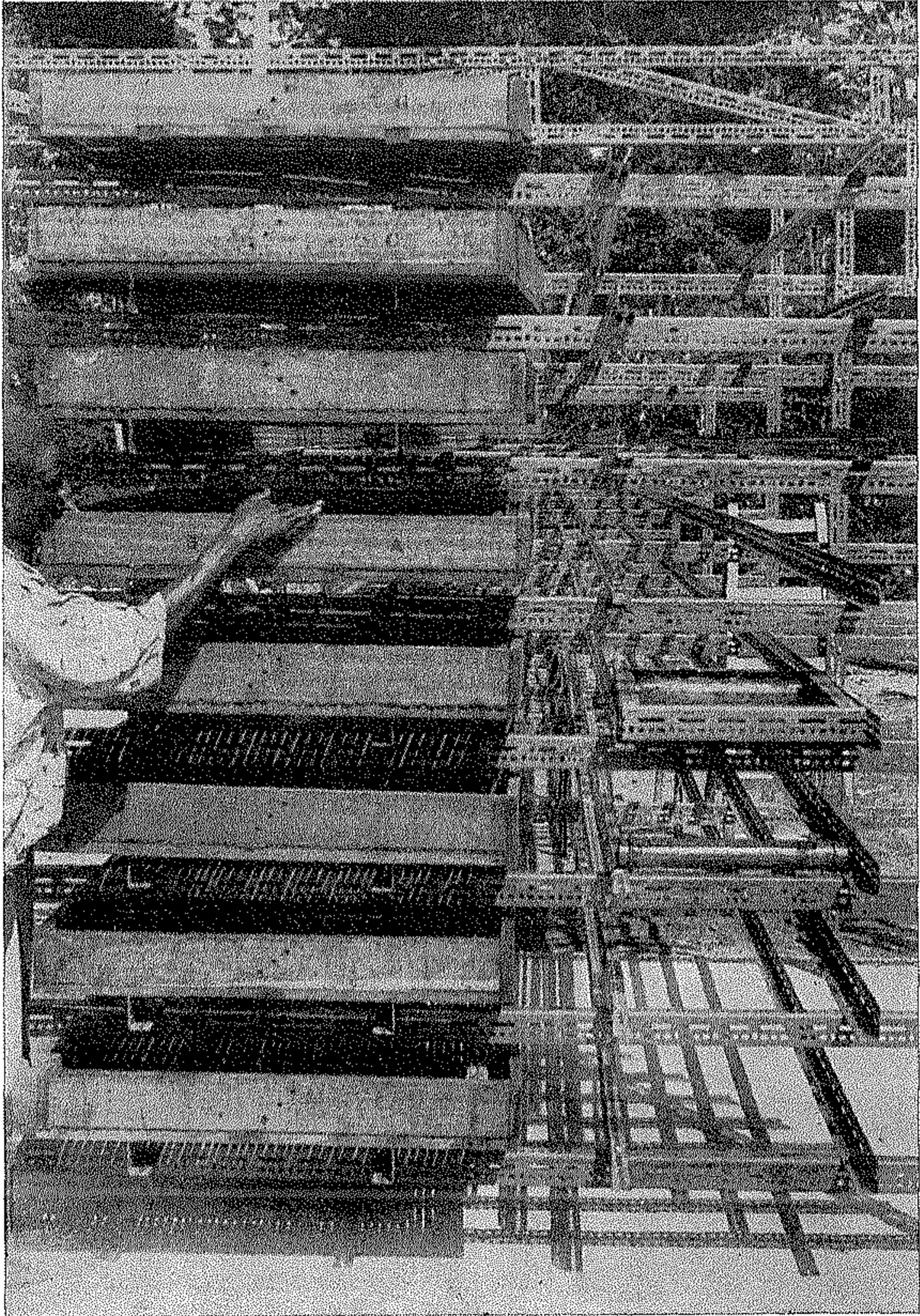


FIGURA 62. Colocación de las bandejas de fermentación en los bastidores donde se ejecuta la desecación.

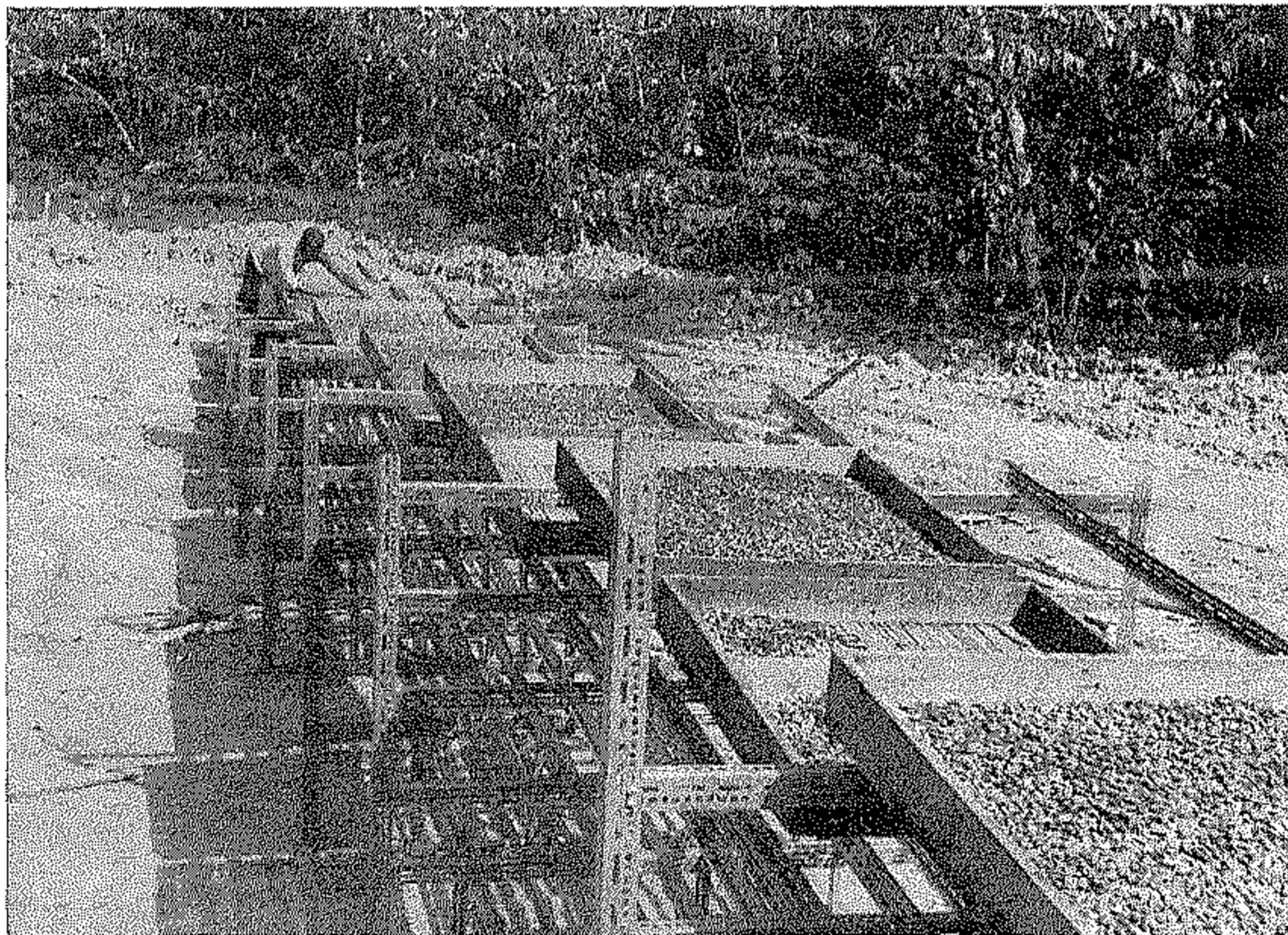


FIGURA 63. Sistema de desecación al sol combinado con fermentación en bandejas.

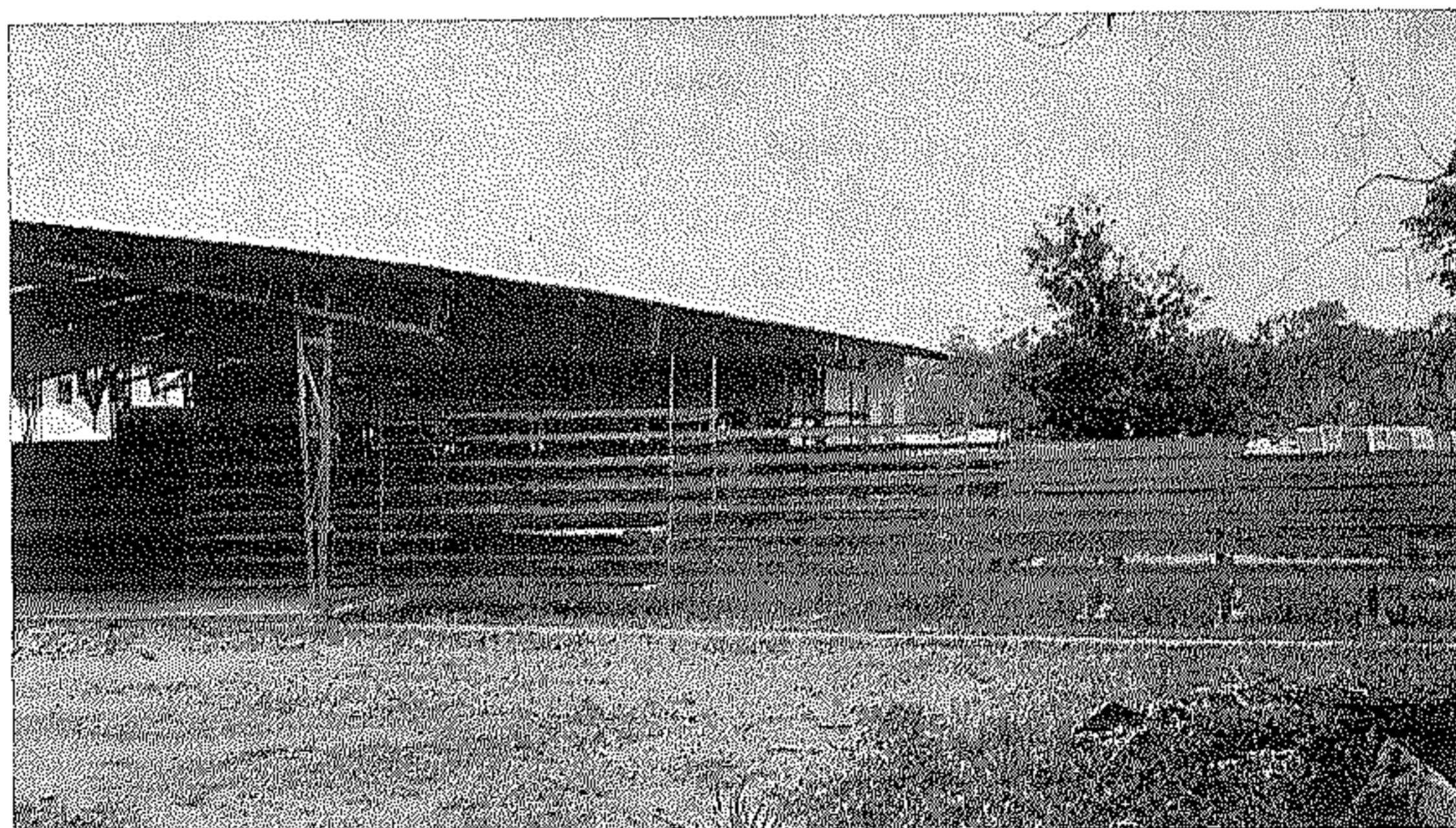


FIGURA 64. Sistema de desecación al sol combinado con fermentación en bandejas.
(Foto facilitada por R.H. Kenten)

CUADRO 26. - ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE FERMENTACIÓN

Método de fermentación	Costo de preparación de una tonelada de cacao seco en horas/hombre
1. Cajas de fermentación en distintos planos. Fermentación durante 6 días y remoción a las 48 y 96 horas.	66
2. Cajas de fermentación en un mismo plano. Fermentación durante 6 días y remoción a las 48 y 96 horas.	67
3. Fermentación en montones. Fermentación durante 6 días y remoción a las 48 y 96 horas.	58
4. Fermentación en bandejas. Fermentación durante 2 a 3 días sin remoción.	50

Mediante esta nueva técnica se ahorra tiempo y mano de obra al eliminar la remoción durante la fermentación y la necesidad de descargar la vasija de fermentación, pues se utilizan las mismas bandejas para la fermentación y para la desecación.

CALIDAD DEL PRODUCTO

El grano de cacao obtenido con este método tenía mejor aspecto que el producto comercial de Ghana. Era de apariencia más uniforme, tenía buen tamaño (1,2 g. por término medio), y las muestras enviadas a Inglaterra y Suiza para su examen organoléptico resultaron satisfactorias.

TRABAJOS FUTUROS

La viabilidad de este método se demostró para un tipo de cacao, una temporada y un país solamente. Los autores del método no emitieron juicios sobre él y únicamente refirieron los resultados que obtuvieron en amplias investigaciones experimentales. Ultimamente se han hecho investigaciones para determinar la importancia del efecto de las estaciones y otros efectos. Es probable que este método de fermentación sea bien recibido en las plantaciones donde se utiliza la desecación artificial, porque el cacao puede pasar directamente, en las mismas bandejas, desde la fase de fermentación a la de desecación, sin manipulación alguna, y no es inconcebible que pudieran llegar a efectuarse ambas fases en una

misma nave. La reducción de la humedad y el aumento de la temperatura al final de la fase de fermentación permitirían pasar directamente a la fase de desecación sin más manipulaciones. Los autores insisten en que las condiciones expuestas en la descripción que han publicado de este método no son rígidas, y que puede que sea necesario modificarlas para satisfacer exigencias particulares. No obstante, este método es cada vez más popular y se le modifica para adaptarlo a las condiciones locales. Las bandejas no son más caras de construir que las cajas.

Desde que se preparó por vez primera esta publicación han sido muchos los trabajos efectuados sobre esta nueva técnica por Allison y Kenten en el West African Cocoa Research Institute (WACRI) y por Helfenberger en Turrialba, Costa Rica. Los investigadores del WACRI han fermentado 400 toneladas de cacao amelonado por el método de la fermentación en bandejas (Allison y Kenten, 1962) y han obtenido amplias pruebas que apoyan las afirmaciones primitivas de que la calidad del cacao preparado por este procedimiento es al menos igual a la del cacao preparado por los métodos tradicionales. Helfenberger ha efectuado ensayos extensivos en el Centro Interamericano del Cacao (Costa Rica) y ha hallado que el cacao fermentado por el método de la fermentación en bandejas lo consideraron dos fabricantes estadounidenses superior en calidad al cacao fermentado por los métodos tradicionales en cajas. Este investigador halló igualmente, sacando muestras a intervalos regulares, que la muestra tomada al cabo de 44 horas de permanencia del cacao en la bandeja era la de mejor calidad. Después de aplicar satisfactoriamente esta nueva técnica a la fermentación a granel, Helfenberger ideó una modificación que permite fermentar cantidades pequeñas de cacao fresco (del orden de unos 750 g.) como primera fase en la valoración de los resultados de los ensayos de fitomejoramiento. El sistema que ha descrito este autor consistía en emplear una bandeja especial, dividida en diez secciones, que se introducía en una pila con una fermentación comercial a granel. El autor mencionado ha informado que algunos agricultores de Costa Rica y de Nicaragua curan en bandejas su propio cacao obteniendo resultados que les satisfacen a ellos mismos y a sus compradores. A este propósito Coste (1959) dio cuenta también de que los delegados que asistieron a la primera reunión técnica de la FAO sobre el cacao (Accra, 1959) quedaron favorablemente impresionados por las muestras de cacao, fermentado por el método de la fermentación en bandejas, que examinaron en Tafo, Ghana.

Fermentación en pequeña escala

La fermentación de cantidades muy pequeñas de cacao fresco es útil principalmente para aclarar los resultados de ciertas investigaciones. Como casi todos los programas de investigación de los países tropicales se refieren a cantidades de cacao bruto relativamente grandes, estos métodos en pequeña escala sólo tienen interés para cantidades pequeñas y especialmente para los experimentos de fitomejoramiento. Cuando las variedades nuevas de cacao entran en producción se dispone de cantidades muy pequeñas de mazorcas, y el fitomejorador desea, naturalmente, tener un juicio general de este material a la mayor brevedad posible para poder planear sus futuros programas de investigación. La determinación de la calidad es de importancia primordial a este respecto.

Hay dos escuelas poco menos que irreconciliables acerca del modo en que el fitomejorador debe obtener los datos relativos a la calidad de las variedades nuevas. Los adictos a la primera de estas escuelas consideran que la fermentación de cantidades muy pequeñas de cacao en condiciones reguladas puede que no dé necesariamente resultados representativos. Cuando se trabaja con tan pequeñas cantidades de materia prima sólo es posible efectuar un tratamiento y éste no puede tener sino un carácter experimental en el caso de un nuevo tipo de cacao. A lo más, es posible elegir arbitrariamente las condiciones de la fermentación, y el conocimiento fundamental de la fermentación en masa no es lo bastante profundo para poder predecir con seguridad las condiciones apropiadas. La conclusión a que llegan los partidarios de esta escuela es que el fitomejorador debe posponer la valoración de la calidad hasta que disponga de suficiente material para efectuar una fermentación corriente. Las dificultades que entraña la preparación de chocolate en tan pequeña escala constituyen otro agudo problema, pues es sabido que un lote de chocolate hecho en escala de laboratorio tiene sabor diferente del hecho en escala industrial con una misma partida de grano de cacao (Lipscomb, 1954).

Quienes pertenecen a la segunda escuela opinan que se pueden fermentar adecuadamente lotes pequeños de cacao fresco, con confianza suficiente para poder emplear el producto de esta fermentación en estudios de valoración de la calidad.

Brill (1917) fue de los primeros que efectuó la fermentación en escala de laboratorio. Para ello empleó un método sumamente sencillo; colocó

granos frescos entre dos capas de algodón en un vaso de precipitados y los incubó a 37,5°C removiéndolos dos veces al día. La temperatura máxima alcanzada fue de 45°C. Este investigador, sin embargo, no se ocupó de la calidad del producto obtenido. Fickenday (1909) expuso la hipótesis de que podrían originarse alteraciones en la fermentación de los granos muertos artificialmente y describió un método de tratamiento de cantidades pequeñas de cacao fresco. Este método consistía en quitar la pulpa y sumergir los granos en alcohol. Dejando luego estos granos expuestos a la acción del aire se obtenía un cacao de buen aspecto, pero de poco aroma.

En los años últimos se han descrito diversas técnicas que parece que permiten obtener un producto de buena calidad. Roelofsen y Giesberger (1947) mejoraron el método tradicional de encajar la muestra, encerrada en un saco de lienzo, en el centro de una caja de fermentación o en un montón. La objeción principal que se hace a este método es que si la pulpa fermentante influye realmente en el sabor, los granos contenidos en el saco serán también afectados por la masa en que están encajados. Como la composición química de la pulpa difiere poco de unos a otros cacaos, y como la adición de sustancias extrañas no ha producido todavía un cacao diferente, Roelofsen estima que las objeciones al método del saco de lienzo son de carácter teórico, y no cree que las sustancias precursoras del sabor procedentes de granos de cacao de un tipo determinado se difundan en los de otro tipo. MacLean y Wickens (1953) pretendieron evitar toda objeción extendiendo el saco con la muestra sobre la masa en fermentación, pero separado de dicha masa por una capa de hojas. Esto permitía que el aire húmedo y caliente procedente del montón atravesase la muestra sin que hubiese contaminación con los productos de la fermentación de la pulpa. Con este método se obtuvieron resultados favorables, si bien según Roelofsen (1958) la composición de la microflora en una capa tan delgada sería completamente anormal.

MacDonald (1936) describió el empleo de una «instalación de fermentación solar» para la fermentación de cantidades relativamente pequeñas de cacao. Esta instalación consistía en una caja de paredes gruesas con tapa de vidrio que recibía y retenía el calor del sol. En esta instalación solar se colocaban pequeñas cajas de fermentación que contenían unos 23 Kg. de cacao húmedo, y la instalación se ponía al sol. Aunque este método dio resultados bastante buenos, las cantidades utilizadas eran algo superiores a aquellas con que se puede contar en las cosechas iniciales de árboles jóvenes.

Lipscomb y Rohan (Rohan, 1958c) emplearon un tipo semejante de aparato, pero, en lugar de pequeñas cajas de fermentación, utilizaron un pequeño tambor de acero inoxidable. Este tambor tenía orificios de desagüe y descansaba sobre un eje que permitía el giro. El tambor se cargaba con 4,5 Kg. de cacao amelonado de Africa occidental y se colocaba al sol en la «instalación de fermentación solar». El contenido del tambor se removía haciendo girar el tambor a intervalos, y después de 60 horas se sacaba de él el grano y se le secaba al sol. Aunque este dispositivo dio un producto de buena calidad, no estaba destinado para servir de método patrón en la fermentación de cantidades pequeñas de cacao, y principalmente se usó en un estudio de las condiciones de desarrollo del sabor.

MacLean y Wickens (1951) idearon una técnica para el tratamiento de unos 40 a 80 granos. El aparato consistía esencialmente en un embudo Buchner, en el que se introducía el cacao que se iba a tratar, encerrado en una cámara de calentamiento y dispuesto de manera tal que el aire húmedo pudiese atravesar los granos e impedir que se secasen. La temperatura de los granos se podía fijar dentro de límites bastante estrechos, obteniéndose a los seis días de tratamiento un producto de buen aspecto.

De Witt (1953b) ideó dos microinstalaciones de fermentación denominadas modelos aislado y compensado, respectivamente, que consisten en esencia en un vaso de precipitados de vidrio, de 600 ml. de capacidad, con fondo falso (un vidrio de reloj sostenido por triángulos de varilla de vidrio). El vaso se tapa con un corcho grande, atravesado por un termómetro y un tubo de vidrio. En el modelo compensado, las pérdidas de calor se reducen colocando el vaso de precipitados en un matraz aislado térmicamente de un litro de capacidad que, a su vez, se coloca en una vasija, también térmicamente aislada, de un galón (4,5 l.). Esta vasija está contenida en una caja de madera que se rellena con viruta de madera. El vaso de precipitados y el matraz pequeño se aíslan convenientemente uno de otro y de la vasija mayor. Para efectuar la operación el vaso de precipitados se llenaba con granos frescos y se ventilaba mediante el tubo de vidrio. La masa se removía cada 48 horas y el tratamiento se continuaba durante 144 horas, pasadas las cuales los granos se secaban al sol seis días y luego en estufa a 55°C durante 24 horas. En el modelo compensado (De Witt, 1953c), el aislamiento térmico se reemplaza con un serpentín de calentamiento de baja potencia, y se suprime el tubo de ventilación. Estos dispositivos dieron productos que no eran estrictamente comparables con el normal de Trinidad, pero esto

puede que se deba a que los experimentos se realizaron con un cacao que hasta ahora no parece que haya dado nunca un sabor completo del tipo deseado.

Wadsworth y Howat (1954) utilizaron un método para el tratamiento de cantidades pequeñas de cacao fresco que es una modificación del seguido en la instalación de fermentación de tipo compensado de De Witt. Los granos se sacaban de las mazorcas en condiciones asépticas y se colocaban en vasijas esterilizadas de vidrio con fondo falso. Luego se los rociaba con una solución diluída de una sal de amonio cuaternario para reducir la actividad microbiana y las vasijas se cubrían con papel de aluminio. Se mantenía una temperatura regulada, incubando los granos primeramente a 35°C tres días y medio y luego a 50°C durante tres días. El anhídrido carbónico formado en la reacción se eliminaba o removiendo los granos o absorbiéndole en hidróxido potásico, que se introducía por el fondo falso de la vasija de fermentación. Al parecer esta técnica da un producto de buena calidad.

Quesnel (1957) ha estudiado también la fermentación de pequeñas cantidades de cacao empleando para la remoción de la pulpa una máquina casera de lavar. Los granos sin pulpa eran liberados del exceso de agua, y se introducían 225 g. de ellos en una vasija Kilner. Una solución acuosa de ácido acético y etanol (225 ml. contenían 1 por ciento, en volumen, de cada una de estas sustancias) se calentaba a 50°C y se echaba sobre los granos, se cerraba la vasija y se incubaba a 50°C durante 48 horas. Después, los granos se lavaban y secaban. Quesnel afirma que prontamente se establecen condiciones anaerobias y que la inmersión en una solución de ácido acético es preferible al curado en una atmósfera de vapores de ácido acético. Parece ser que el empleo de una cantidad de líquido justamente suficiente para cubrir los granos impide la lixiviación excesiva de las sustancias solubles de los granos durante el tratamiento. Las condiciones óptimas resultaron ser 36 horas a 45°C en una solución de ácido acético al 1 por ciento. Con este método se pudo preparar un chocolate de calidad igual al obtenido con el mejor cacao comercial de Trinidad. La breve duración de la fermentación está de acuerdo con los resultados obtenidos por Rohan (1958c) en Africa occidental, y el desarrollo de sabor normal de chocolate en ausencia de la pulpa hace pensar que ésta carece de influencia sobre el desarrollo de sabor de cacao en la fermentación corriente. El más reciente de los métodos de fermentación en pequeña escala del cacao es el de Griffiths, que empleó un inóculo preparado con la pulpa de una

fermentación comercial. Este investigador mezcló con el inóculo unos 2 Kg. de granos frescos e incubó esta mezcla durante nueve días y luego la secó bajo lámparas de infrarrojo manteniendo una corriente de aire. Según los informes de un fabricante británico, las muestras de cacao de Trinidad preparadas por este procedimiento poseían un sabor que no difería del que posee normalmente el cacao de los cacahuales de dicha isla.

Refermentación

Es ésta una práctica corriente en Surinam y Java (Indonesia) (Van Dijck y Ostendorf, 1955; Roelofsen y Giesberger, 1947) que consiste en poner a remojo en agua durante unas 20 horas el grano fermentado y seco y en secarlo parcialmente. El cacao se amontona luego en una caja durante 12 horas y después se vuelve a secar. Se ha recomendado la aplicación de esta técnica después de una fermentación normal, afirmándose que proporciona granos más hinchados con un aspecto mejor que el de los granos que han fermentado una sola vez.

Tratamiento consecutivo a la fermentación

Durante más de 140 años se ha intentado descubrir métodos para mejorar el cacao sin fermentar o mal fermentado. Los métodos propuestos consistían en humedecer los granos con agua o soluciones acuosas a la temperatura normal o a alta temperatura. Ya en 1800 se describió un método de tratamiento de los granos de cacao con agua hirviente (Monch, 1831). Los trabajos publicados posteriormente sobre esta cuestión han sido muchos y en ellos se proponía el empleo de condiciones muy diversas. Sin embargo, es éste un campo de estudio que ha recibido mayor atención en los países consumidores y, aunque su importancia es algo dudosa, ha sido también objeto de estudio en algunos países productores.

El desarrollo de sustancias precursoras del sabor, después de la fermentación, es, según Roelofsen (1958) un fenómeno indiscutible, pero la bioquímica del desarrollo del sabor de cacao no se conoce lo suficiente para predecir las condiciones de tratamiento de granos mal curados. Es sabido que los granos pizarrosos, o los que no se han deshidratado

antes de que se produzcan los cambios necesarios en la materia celular de los cotiledones, presentan gran actividad de oxidasa y glicoxidasa (Forsyth, 1952), pero jamás se ha demostrado satisfactoriamente que se pueda desarrollar sabor de cacao en granos secos sin fermentar. El efecto inhibitor de la desecación (De Witt y Cope, 1951) puede que se deba a la inmovilización de las sustancias reactivas o, menos probablemente, a la desactivación de las enzimas. Por ello, no puede admitirse, sin el apoyo de pruebas experimentales, que se formen sustancias precursoras en tales granos por un tratamiento adecuado. No se han descubierto señales de actividad enzimática residual en los granos púrpura y sí de lo contrario. Por consiguiente, es difícil ver cómo se pueden tratar estos granos, o si responderían a un tratamiento, mientras no se tengan datos de su química, bioquímica y características de sabor.

En los años últimos han sido grandes las variaciones introducidas en la composición de las soluciones utilizadas para tratar el cacao mal curado. Kaden (1952) obtuvo una patente relativa al empleo de alcohol y ácido acético diluidos y a la aplicación de vacío y presión a los granos. Taubert (1955) descubrió que las soluciones diluidas de los ácidos orgánicos son fundamentales para el tratamiento consecutivo a la fermentación y es casi seguro que se seguirán empleando más sustancias para este fin. Por ahora, el tratamiento del cacao mal curado tiene un interés nada más que teórico, puesto que la presencia de cacao mal fermentado en una región determinada indica que lo que debe estudiarse en primer lugar son los métodos de preparación del cacao en tal región. La investigación de los medios posibles de mejorar el cacao mal curado, caso de ser satisfactoria, sólo se traducirá en el fomento de la depreciación de la calidad. El tratamiento de este cacao en los países productores es antieconómico y, por consiguiente, de poco interés para el productor.

4. DESECACION

Al final de la fermentación la humedad de todo el grano es, aproximadamente, de 60 por ciento. Esta humedad debe reducirse a menos de 8 por ciento antes de que el cacao se pueda almacenar o vender. Cuando la humedad se reduce demasiado, la cáscara se vuelve excesivamente quebradiza, y cuando no se la reduce lo suficiente existe el peligro de que se desarrollen mohos durante el almacenamiento posterior. Son varios los métodos que se utilizan para secar el cacao fermentado. Estos métodos se pueden dividir de un modo general en métodos de desecación natural, o de desecación al sol, y métodos de desecación artificial.

Desecación natural

La desecación al sol únicamente es posible cuando, en la época de la recolección, las lluvias no son excesivas y la insolación es suficiente. Estas condiciones se dan en la mayoría de los países productores, hasta el punto de que en Ghana, por ejemplo, el cacao fermentado húmedo se seca enteramente al sol. Un método corriente, utilizado en los países donde se practica el cultivo en pequeñas propiedades, consiste en extender el grano sobre zarzos de caña de bambú (Figura 65) que se colocan elevados sobre el suelo (barbacoas). Sin embargo, no es extraño hallar casos en que el cacao se seca al nivel del suelo, lo que inevitablemente origina la contaminación de aquél por los animales domésticos y por otros animales. El sistema de las barbacoas es bastante eficaz, pero, cuando descargan lluvias repentinas, no es fácil cubrir muchas barbacoas con rapidez suficiente para impedir que parte del cacao se humedezca. Además, cuando llueve mucho, el grano puede humedecerse fácilmente, pues su protección es insuficiente contra las tormentas tropicales. El cubrimiento se efectúa enrollando los zarzos (Figura 66) y cubriéndolos con hojas de palmera (Figura 67). Esto se hace todas las noches, pero tiene el inconveniente de que el cacao retiene una humedad relativamente considerable. Se ha

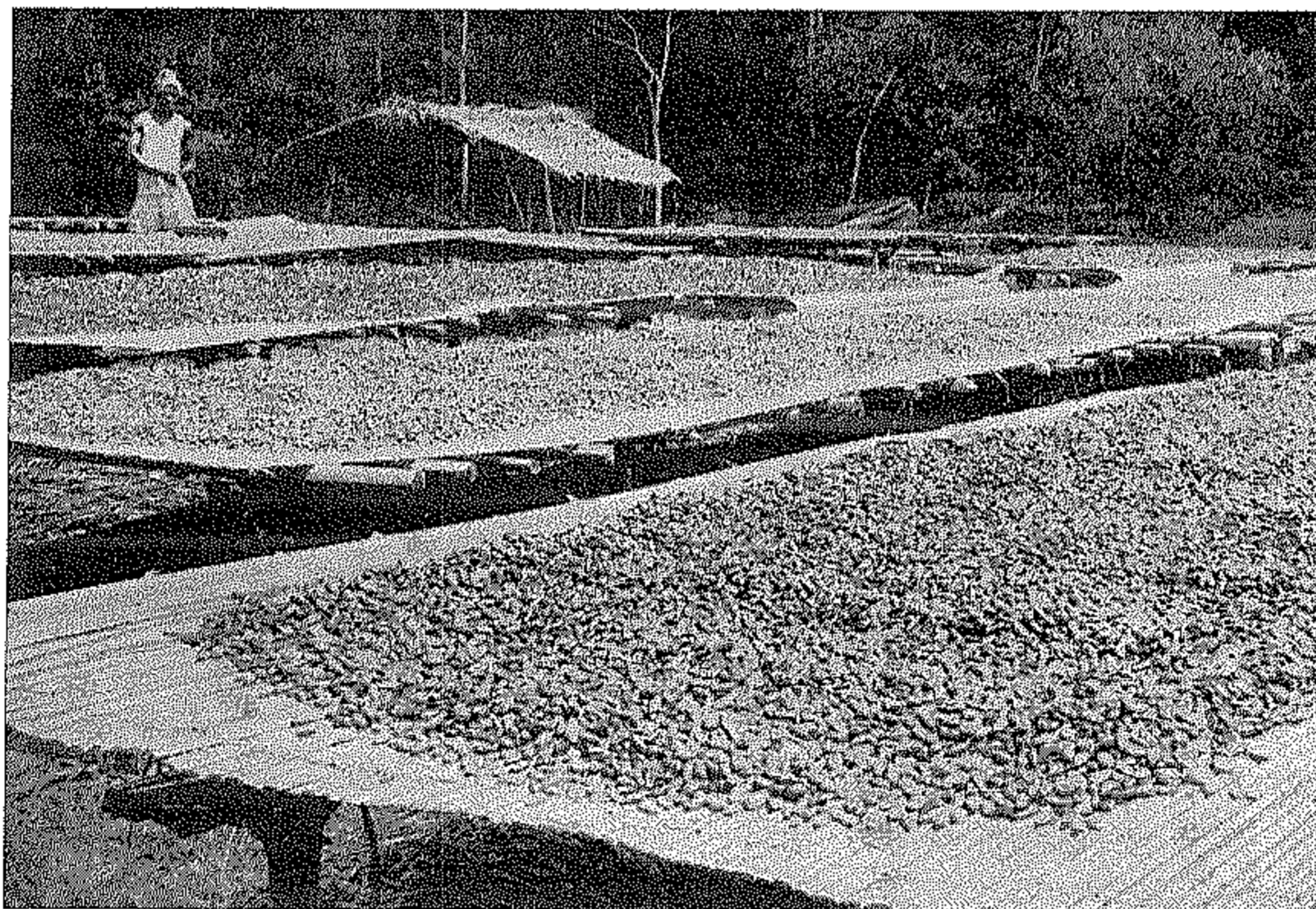


FIGURA 65. Barbacoas para la desecación empleadas por los agricultores en Ghana.

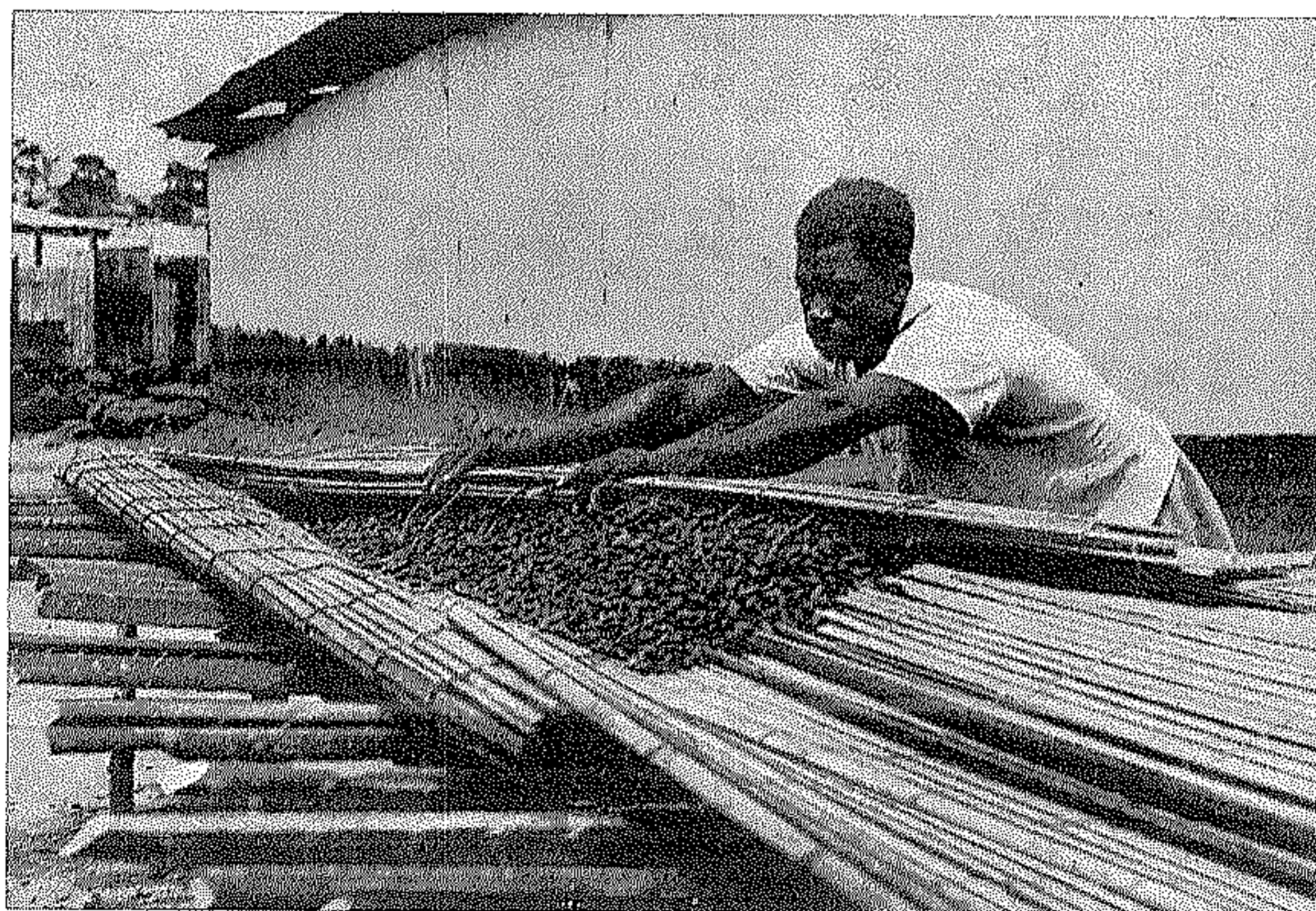


FIGURA 66. Obrero enrollando un zarzo para cubrir el grano.
(Foto facilitada por el Ghana Information Service)



FIGURA 67. Para proteger el grano de la lluvia se cubren con hojas de palmera los zarzos enrollados.



FIGURA 68. Bandejas móviles de desecación.
(Foto facilitada por el West African Cocoa Research Institute)

observado que el desarrollo superficial de levaduras es común en el cacao secado sobre zarzos, pero se supone que estas levaduras son inocuas.

En varios países la velocidad de la desecación se regula amontonando los granos por la noche y extendiéndolos en capas de poco espesor durante el día. Forsyth y Quesnel (1956) han descrito el empleo de esta técnica en Ceilán, Ecuador, Venezuela, Congo, Leopoldville y Nigeria. Sin embargo, parece que la desecación regulada tiene poca influencia sobre la calidad, según demostraron experimentalmente Howat y colaboradores (1957a). Estos investigadores dividieron en dos partes un lote de cacao fermentado, secando una de ellas al sol lo más rápidamente posible. La otra parte la secaron lentamente aumentando el espesor de la capa de cacao en las barbacoas de desecación. Ambas muestras fueron transformadas en chocolate, no pudiendo descubrirse diferencia alguna en el sabor. Este experimento se hizo con cacao que había fermentado durante seis días, y es posible que, en condiciones diferentes de fermentación se hubiese podido descubrir algún efecto. En muchas regiones productoras de cacao se han introducido grandes perfeccionamientos en las toscas barbacoas ya descritas usadas por los agricultores. Entre las mejoras más comunes, quizás, figuran las siguientes:

1. El empleo de un cobertizo fijo y de bandejas móviles que fácilmente se pueden meter debajo de dicho cobertizo y con igual facilidad se pueden sacar de él. Las bandejas pueden encajarse una sobre otra, con lo cual se consigue una cobertura máxima por unidad de superficie cubierta.
2. El empleo de una superficie fija de desecación y de un cobertizo móvil (Figuras 69 y 70).

Una organización, al menos, ha construido formas simplificadas de estas instalaciones semimecánicas destinadas a los pequeños agricultores.

Dispositivos empleados para la desecación natural en varios países

GHANA

El pequeño agricultor seca su cacao o sobre el suelo o sobre barbacoas como ya se ha dicho. En el West African Cocoa Research Institute se utiliza un sistema de bandejas móviles (Figura 68) que permite colocar seis bandejas de 2,4 m. por 2,7 m. bajo un cobertizo de 5,8 por

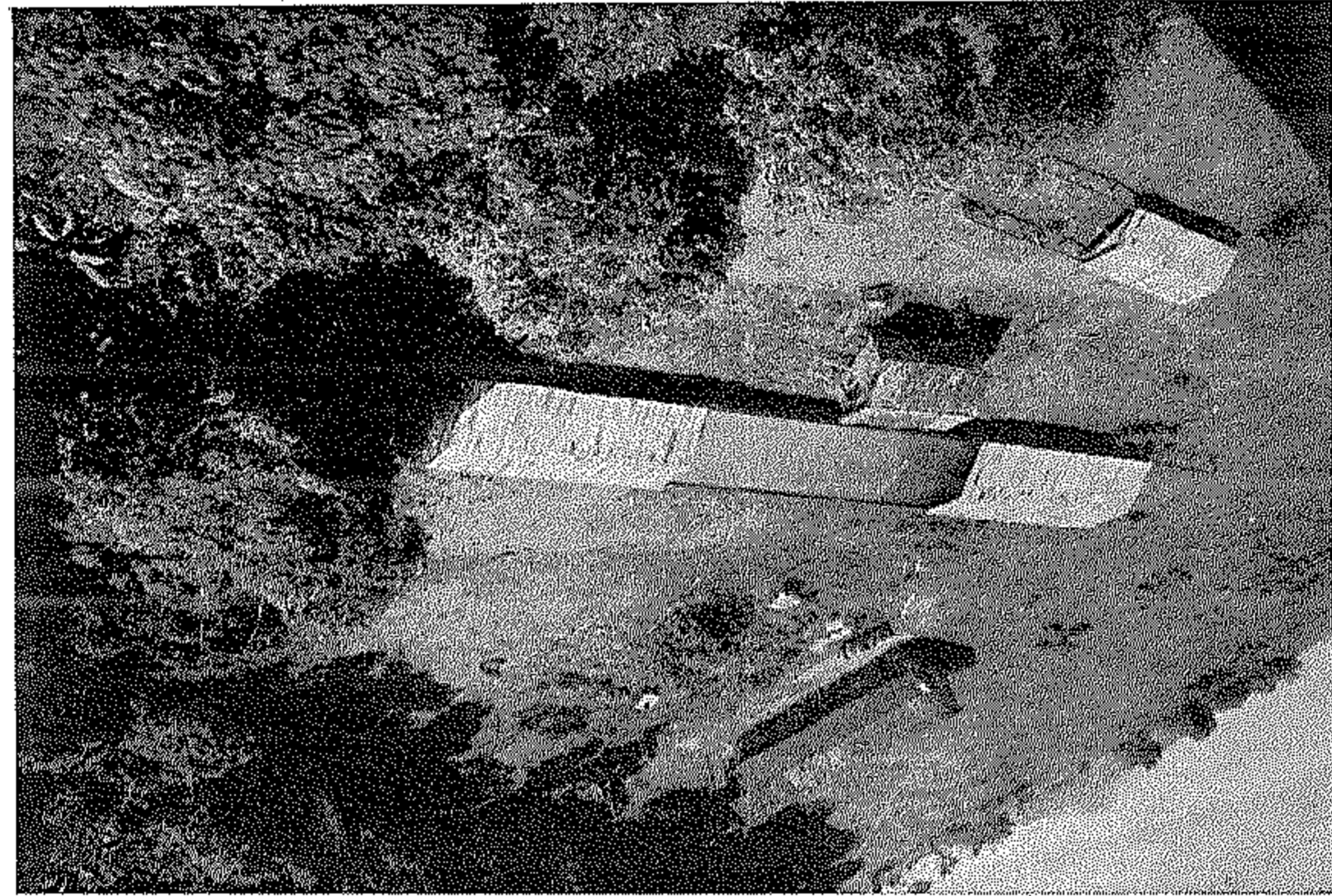


FIGURA 69. Vista aérea de un secadero en Brasil.
(Foto facilitada por Caddy Bros. Ltd.)

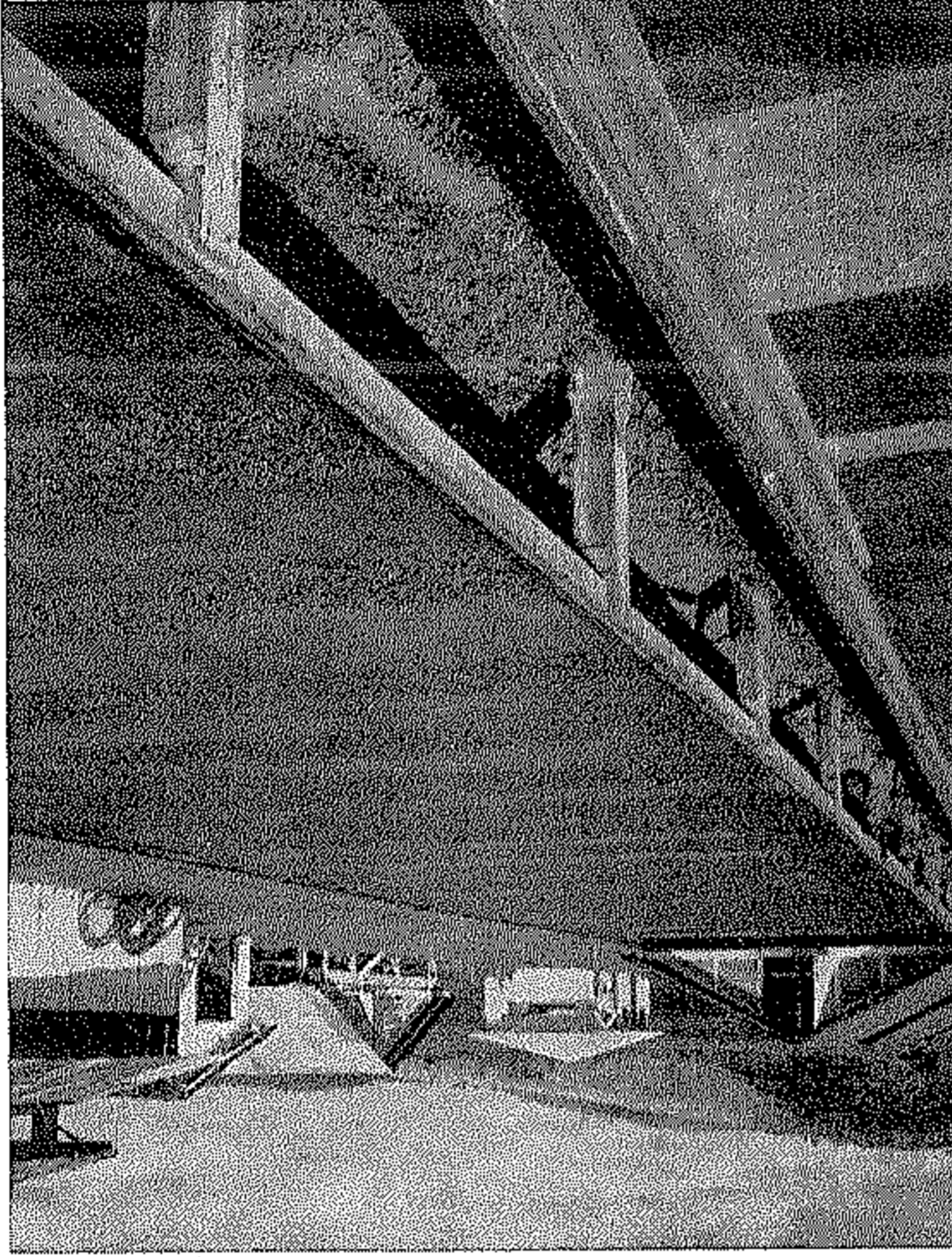


FIGURA 70. « Baraca » típica donde se secan los granos al sol.
(Foto facilitada por Caddy Bros. Ltd.)

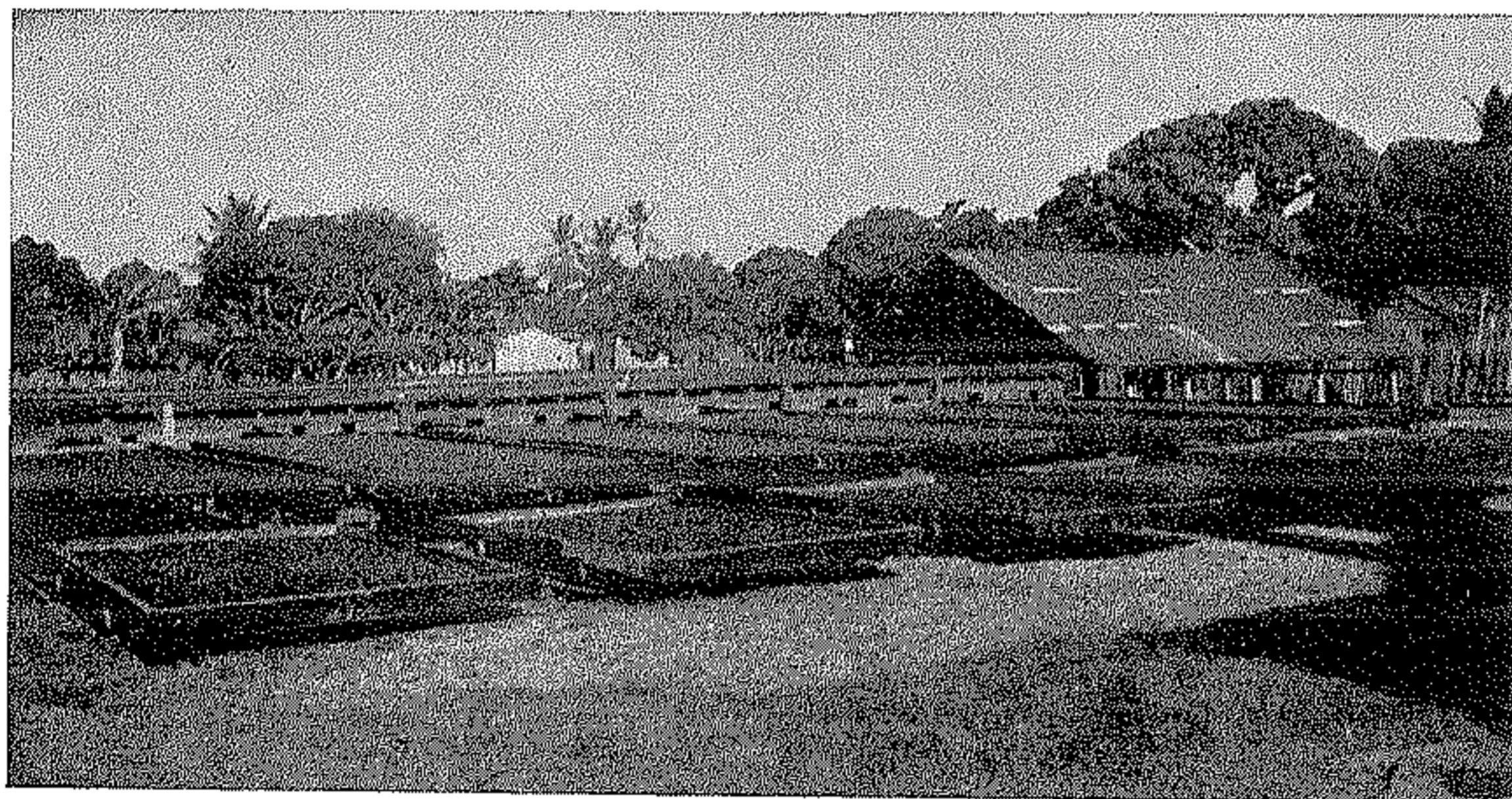


FIGURA 71. Secadero con cobertizos y bandejas deslizantes empleado en Brasil.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

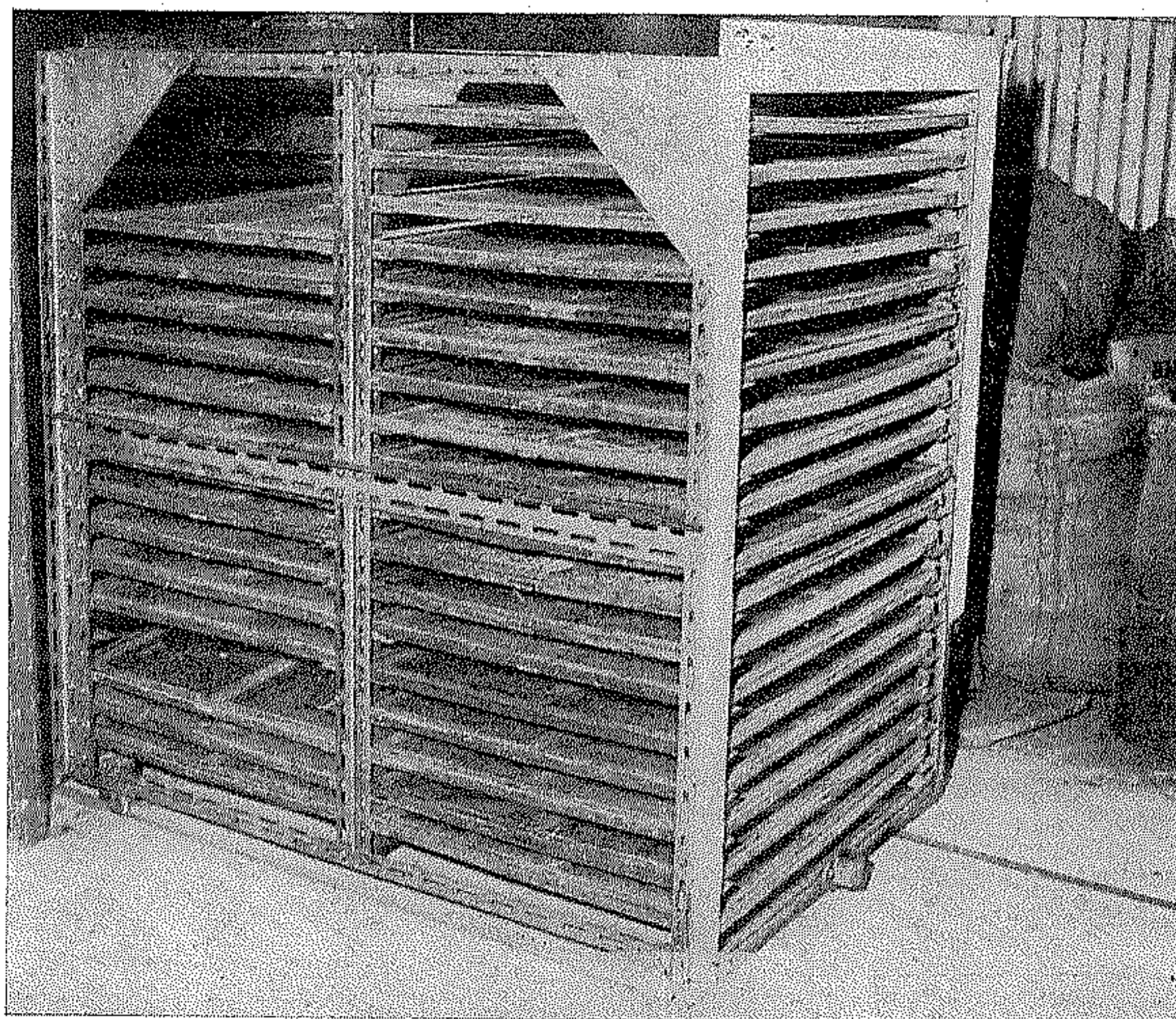


FIGURA 72. Bandejas de desecación utilizadas en los secadores de túnel en contracorriente en Surinam.

5,8 m. Las bandejas se deslizan sobre carriles metálicos y pueden ser movidas con relativa facilidad. En este mismo Instituto se hace uso de un sistema nuevo de desecación, que se ha descrito detalladamente en el Capítulo 3, bajo el título Métodos nuevos (Figuras 62 a 64).

COSTA DE MARFIL

En general, se emplean barbacoas análogas a las utilizadas en Ghana. La Société mutuelle de production rurale (SMPR) ha organizado grupos de agricultores y puesto en práctica secaderos prefabricados, y la desecación se hace cooperativamente.

BRASIL

El clima en el distrito brasileño de Bahía, donde se cultiva la mayor parte del cacao del país, es tal que la desecación natural se limita a breves períodos del año y más frecuentemente se utiliza una combinación de la desecación solar y la artificial. En todos los cacahuales hay « barcacas » que, en su forma más sencilla, consisten en plataformas de desecación, separadas del suelo, con cobertizos deslizantes (Figuras 69 y 70). Un secadero modificado tiene deslizantes tanto las bandejas como los cobertizos (Figura 71), lo que proporciona un cubrimiento máximo para una superficie cubierta dada.

VENEZUELA

Palma (1951) ha descrito el empleo de patios de cemento y los inconvenientes de este sistema que son principalmente el ataque del hormigón por el ácido acético y la tendencia a una desecación demasiado rápida. Este autor recomendaba el uso de suelos de madera para obviar estas dificultades, y diseñó un sistema de bandejas rodantes que encajando unas en otras quedan bajo un tinglado cuando llueve y por la noche.

REPÚBLICA DOMINICANA

Es de uso general la desecación al sol y son comunes los suelos levantados con cobertizos deslizantes. No parece que se presta más cuidado a la desecación del cacao que a su fermentación.

TRINIDAD

Las instalaciones de desecación son muy diversas, pues se emplean desde sacos, extendidos sobre el suelo, hasta complicadas «naves para cacao» (Montserin, 1952). En las plantaciones se utiliza el sistema del cobertizo movable y las dimensiones normales de la superficie de desecación son 7,6 m. por 5 m. La desecación se considera de gran importancia, y el método se vigila cuidadosamente. Los granos recién fermentados se extienden sobre la superficie de desecación durante el día y se amontonan en dos largas hileras en el centro de dicha superficie por la noche los dos o tres primeros días de la operación. Para que la desecación sea uniforme se procede a remover el grano con los pies.

CEILÁN

En este país se da tanta importancia a la desecación que en ella se pone mucho más cuidado que en la fermentación. Los plantadores consideran la fermentación, o proceso de exudación, nada más que un medio conveniente de eliminar la pulpa (Fernando, 1938). Se prefiere la desecación solar, pero ésta no siempre es practicable. La desecación se efectúa en barbacoas de cemento que se cubren con esterilla de alquitrán y bonote. Los granos se exponen sólo breve tiempo al sol en los primeros días de la operación, con objeto de impedir una deshidratación rápida. Fernando (1938) ha expuesto una secuencia típica de desecación al sol:

Primer día	— 8 a 10 horas
Segundo día	— 3 a 4 horas
Tercer día	— 3 a 4 horas
Cuarto día	— 3 a 4 horas
Quinto día	— 3 a 4 horas
Sexto día	— no se efectúa desecación
Séptimo día	— 8 a 10 horas

Desecación artificial

En casi todos los países en que se cultiva el cacao, la escasez de las precipitaciones durante la época de la recolección permite la desecación al sol, pero hay otros países donde reinan condiciones que no favorecen este tipo de tratamiento, por lo que hay que aplicar métodos de dese-

cación artificial si no se quiere que el cacao permanezca húmedo durante un tiempo excesivamente prolongado. Así sucede en Costa Rica, Panamá, Surinam, el Camerún inglés, Fernando Póo y la Federación Malaya (Wood, 1957b). En el Brasil, también se recurre a la desecación artificial, pues las condiciones no siempre son apropiadas para el empleo de los métodos naturales. Un aspecto favorable de la desecación artificial es su gran economía de tiempo y espacio, pues, incluso en los países donde es corriente la desecación natural, se necesita un considerable espacio para ella cuando la campaña se halla en toda su plenitud. Cuando no se dispone ya de más espacio para la desecación, existe el peligro de ensacar el cacao antes de que éste esté bastante seco, pues la operación de desecación se acelera para dejar espacio libre para nuevas cantidades de cacao húmedo procedente de la fase de fermentación. Los problemas con que se enfrentan los usuarios de los secadores artificiales son de naturaleza física y química. Ultimamente se han hecho investigaciones sobre los problemas de orden físico. De Vos (1956) ha estudiado cuidadosamente los factores que intervienen en la desecación artificial del cacao y ha señalado como más importantes los siguientes:

1. la diferencia de temperatura entre el aire secante y el producto;
2. la diferencia de presión del vapor entre el aire secante y el producto;
3. la extensión superficial del producto expuesto al aire secante;
4. la velocidad del aire secante.

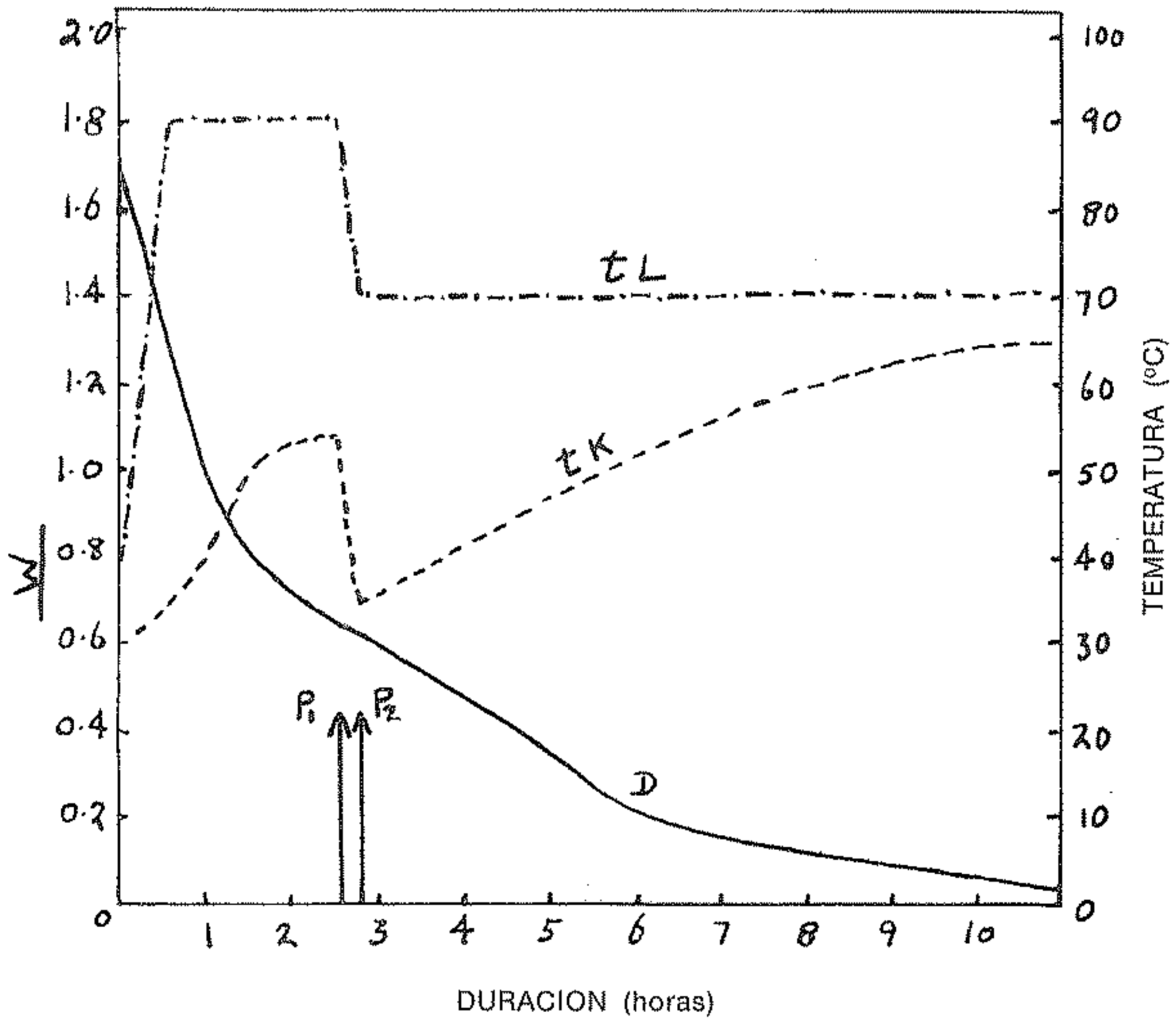
En experimentos preliminares, este investigador encontró que la desecación del cacao húmedo en bandejas en un túnel de aire caliente no era satisfactoria, pues los granos tendían a apelotonarse, reduciendo así la uniformidad de la desecación y aumentando la duración de ésta. Los secadores rotatorios resultaron también insatisfactorios, pues los perforados originaban una excesiva rotura de los granos hacia el final de la desecación y los de cilindro sin taladrar proporcionaban un producto de calidad inferior. Su última técnica consistía en una desecación previa en un secador Gordon transformado, a una temperatura de 90°C, hasta que desaparecía en los granos la tendencia a apelotonarse (1-3 horas). La humedad de los granos en esta fase era aproximadamente 40 por ciento (Figura 73). Los granos parcialmente secos se extendían luego sobre bandejas que se llevaban rodando a un secador de túnel de tipo de contracorriente consistente en una cámara de 9,5 m. de largo, 1,2 m. de ancho y 1,75 m. de alto. Las bandejas, de 75 por 95 cm., en número de 36, se cargaban en una carretilla en dos columnas (Figura 72). El

túnel de desecación se calentaba mediante una cámara de combustión con mechero para aceite mineral y ventilador centrífugo (Agricultural Drying Systems, San Mateo, California, E.U.A.). En este aparato se echa fuel-oil por una tobera atomizadora que tiene una capacidad máxima de 22 litros/hora (Tipo Johnson BH). Como combustible se utiliza una mezcla de aceite pesado (gas-oil 48 DI) y kerosene (punto de ebullición 170-240°C). Con el sistema de ignición se conecta un sistema termostático de regulación que permite una gama de temperatura de 43 a 49°C. Para obtener una temperatura de 70°C en el túnel, el mechero comunica calor durante 40 minutos solamente de cada hora, funcionando con un ciclo de interrupción, preestablecido, de 1,7 minutos.

De Vos registró la temperatura del aire secante y también la de los granos durante el proceso de desecación. La temperatura del grano se determinó mediante una tira bimetálica introducida en una cesta especial con una muestra de granos. En la Figura 73 se reproducen los resultados obtenidos por De Vos; en ella se muestran claramente las condiciones físicas reinantes durante la desecación artificial. Estos resultados demuestran, por vez primera, lo que se suponía a propósito de la temperatura del grano durante la desecación. En las fases iniciales de ésta, durante las que la temperatura del aire secante era de 90°C, la temperatura del grano no subía de 55°C e incluso en las últimas fases de la desecación sólo lentamente se acercaba a la temperatura del aire. Por ello, no es probable que la inactivación de la polifenoloxidasa ocurra durante la desecación a consecuencia de efectos térmicos, siendo más probable que sea la deshidratación el factor limitativo. La gráfica muestra que el tiempo necesario para la desecación variaba entre 8 y 11 horas. Muestras de experimentos de desecación efectuados con este aparato fueron examinadas organolépticamente por un fabricante holandés de chocolate, quien confirmó que eran satisfactorias (Figura 74). Howat, Powell y Wood (1957b) han probado independientemente que las temperaturas de hasta 80°C y las duraciones de la desecación de sólo 14 horas no son perjudiciales para la calidad del cacao. Roelofsen (1961) ha afirmado que la temperatura de los granos no debe subir nunca de 60°C, pues, de lo contrario, se altera el sabor y el color de los mismos.

El secador de túnel se pudo utilizar para secar cacao que había recibido una desecación previa de un día al sol, siendo los resultados igualmente buenos.

De Vos también trazó la curva de la velocidad de la desecación durante el proceso (Figura 74).



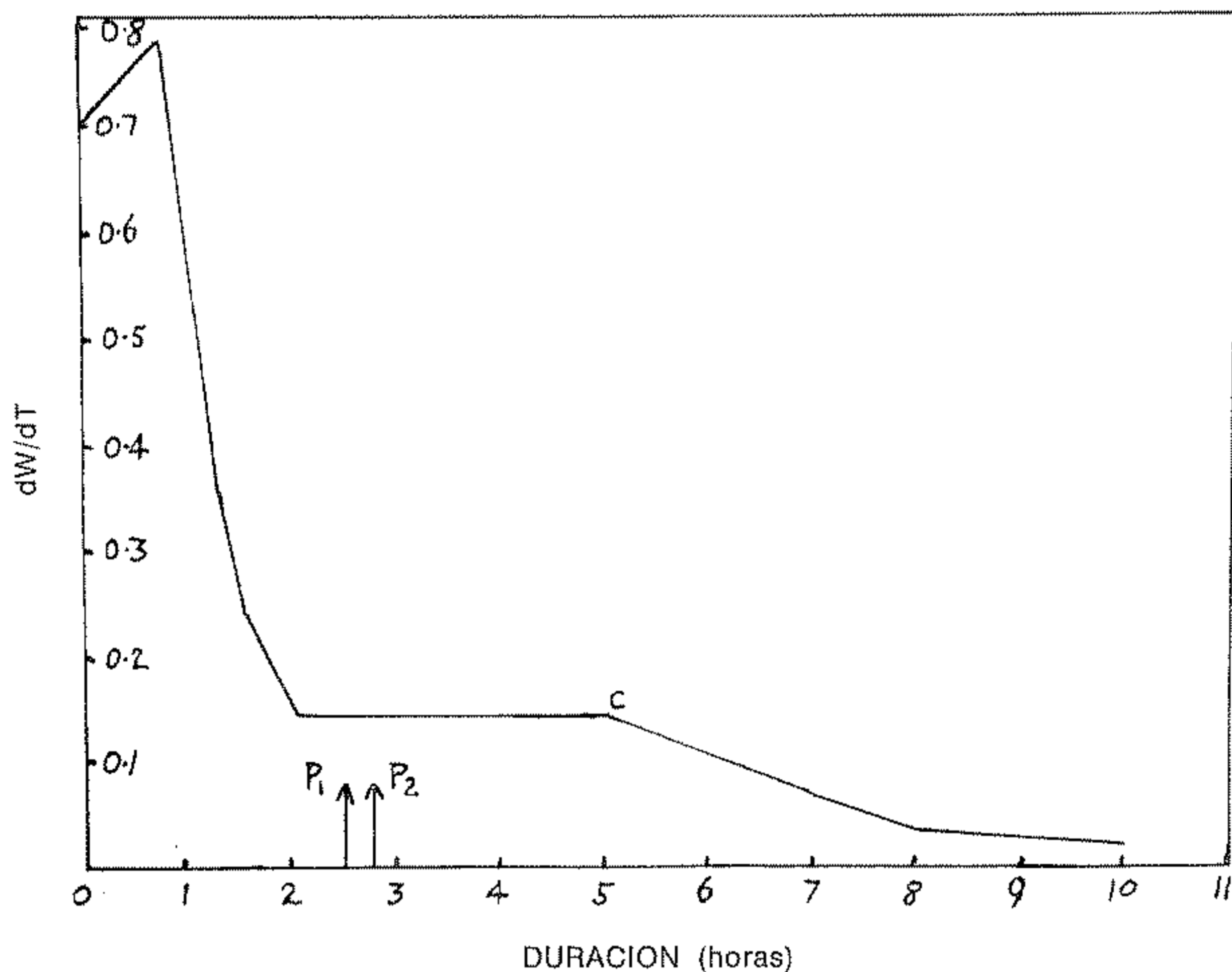
- D = Disminución del contenido de humedad, W (g. de agua por g. de materia seca) en función del tiempo, T (horas).
- tL = Temperatura del aire del secador.
- tK = Temperatura de los granos de cacao.
- P_1 = Fin del período previo de desecación.
- P_2 = Inicio del período final de desecación.

FIGURA 73. Condiciones físicas durante la desecación artificial.

Costo de la desecación

El costo medio de la desecación de 1.000 Kg. de cacao (peso en seco) se expresa en función del combustible y de las horas/hombre:

Electricidad	98 Kw. hora
Fuel oil	134 litros
Mano de obra	17 horas/hombre



dW/dT = Velocidad de desecación. Modificación de la humedad por unidad de tiempo.
 P_1 = Fin del periodo previo a la desecación.
 P_2 = Inicio de la fase final de desecación.
 C = Contenido crítico de humedad.

FIGURA 74. Velocidad de la desecación durante la desecación artificial.

Para la desecación artificial del cacao previamente secado al sol, el costo medio para 1.000 Kg. era:

Electricidad	65 Kw. hora
Fuel oil	60 litros
Mano de obra	14 horas/hombre

En Ghana, Howat, Powell y Wood (1957b) efectuaron experimentos con un secador de tipo de bandeja construido por una compañía inglesa. Esta misma compañía fabrica el secador de copra «Chula», uno de

cuyos modelos más pequeños se adaptó para secar el cacao. Se hacía pasar aire por dos chimeneas y un hogar mediante un ventilador y este aire atravesaba la cámara de desecación. La temperatura de desecación se regulaba termostáticamente con una precisión de 20°C. En experimentos efectuados con este secador, 20 bandejas de acero cubierto de hojalata, de fondo perforado, colocadas por parejas una sobre otra, se llenaron cada una con 19,5 Kg. de cacao fermentado, húmedo. La carga total era, pues, 391 Kg. de cacao fermentado, lo que equivale a 462 Kg. de cacao sin fermentar y corresponde a 205 Kg. de cacao seco con una humedad de 6 por ciento, aproximadamente. Howat y colaboradores hicieron este experimento para determinar las condiciones de trabajo que den el producto más atrayente con el menor costo. Hallaron que una temperatura de desecación de 80°C es más económica en cuanto a combustible, siendo el consumo medio de varios experimentos $81 \pm 4,5$ litros de fuel oil en 15 horas. A 70°C, el consumo aumentó a $104 \pm 4,5$ litros de fuel oil en un tiempo de desecación de 22 horas.

Con esta máquina se pudieron secar 318 a 364 Kg. de cacao fermentado, húmedo, en 15 a 20 horas, obteniéndose un cacao de aspecto y sabor satisfactorios.

Se calculó que cuesta unos 29 dólares preparar una tonelada de cacao seco por este método, incluyendo el costo de la mano de obra y el del combustible, fijado en 17 centavos el galón (4,5 l.).

Wood (1957b) ha estudiado los diversos tipos de secadores artificiales actualmente en uso, y ha descrito los mecánicos y los no mecánicos.

Secadores no mecánicos

El secador *Banda*, usado en un tiempo en el Camerún y abandonado actualmente, era un secador artificial muy tosco que consistía en una barbacoa de desecación, protegida contra la lluvia, con un hogar para leña debajo. El humo del fuego atravesaba los granos y daba al producto un sabor desagradable.

El modelo *Secador* del Brasil consiste en una plataforma de desecación que puede ser maciza o de rejilla, y por debajo de la cual pasa una chimenea caliente. Un tipo semejante de secador se utiliza en Ceilán.

Otro tipo de secador utilizado en Brasil es el *Estufa* (Figura 75) que funciona por medio de una corriente de aire caliente que asciende a través de las capas de cacao húmedo. Unas 8 a 10 bandejas, con fondo

de rejilla (Figura 76) se llenan con cacao húmedo y se colocan una sobre otra. Por debajo de la bandeja del fondo pasa una chimenea, regulándose la temperatura del aire por admisión de aire frío. El calor se obtiene normalmente por combustión de madera, por lo que si las chimeneas no se cierran bien y no se inspeccionan constantemente, es posible que el humo contamine el cacao.

El secador *Martin*, popular en Samoa, se basa sobre el mismo principio y consiste en una plataforma fija de listones muy próximos y una chimenea en forma de U debajo. La plataforma de desecación está normalmente por lo menos 2,5 m. por encima de la chimenea por la que circulan bajo el cacao los gases calientes procedentes de una cámara de calentamiento. Se dispone un tejado deslizante que permite la desecación solar cuando ello es posible. El mayor secador Martin en uso tiene una capacidad de 3 toneladas de cacao seco por 20 horas (Wood, 1957b). Diversos tipos más pequeños se utilizan por toda Samoa, en las pequeñas explotaciones, con resultado bastante satisfactorio.

El secador de tipo Samoa para cacao

La casa Cadbury Brothers Ltd., Bournville, Inglaterra, ha emprendido la construcción de un secador del tipo Samoa, estando ya en uso unos 50 de ellos en el Camerún. Estos secadores son de fácil fabricación y de montaje cómodo y barato. Las partes de que constan se pueden llevar con facilidad a los terrenos boscosos donde las comunicaciones son malas. Este secador sería ideal para las explotaciones de extensión media o para las cooperativas de explotaciones pequeñas. La sección representada en la Figura 77 muestra lo sencillo del dispositivo que consiste en una chimenea colocada en una trinchera con una plataforma de desecación situada sobre la chimenea a 1,2 m. aproximadamente de ésta.

MODO DE CONSTRUIRLO

Diez bidones de petróleo de los que se ha quitado la tapa y el fondo, se unen longitudinalmente (Figura 78) y se colocan en una trinchera de pendiente suave (Figura 79). En el bidón final se ajusta una chimenea para humos (Figura 80) y sobre la chimenea formada por los bidones se coloca la plataforma de desecación (Figura 81). Finalmente se colocan el tejado y las paredes laterales (Figuras 82, 83 y 84).

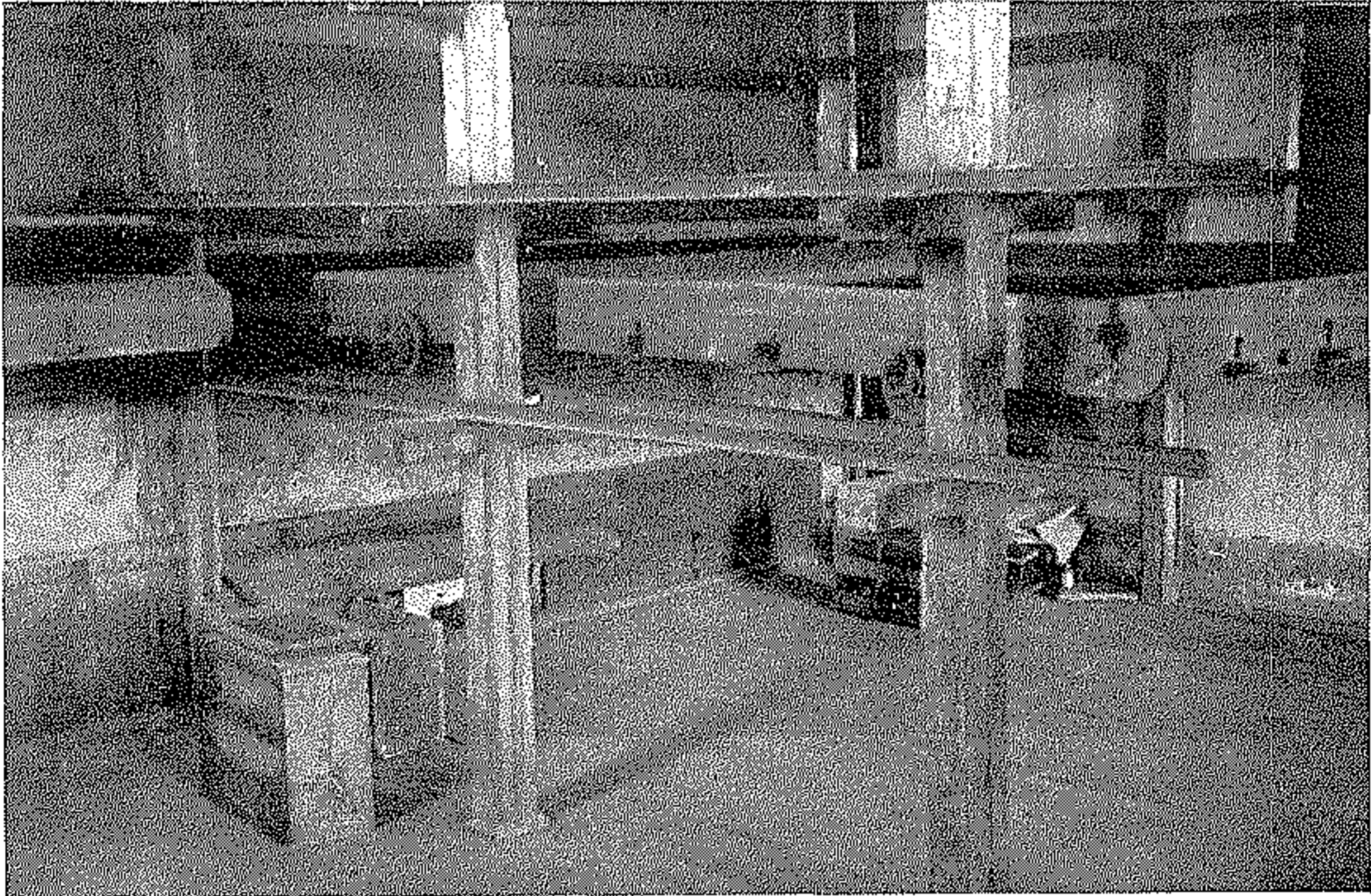


FIGURA 75. Secador « Estufa » en que se ve la disposición de las bandejas y las entradas para el aire en el fondo.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

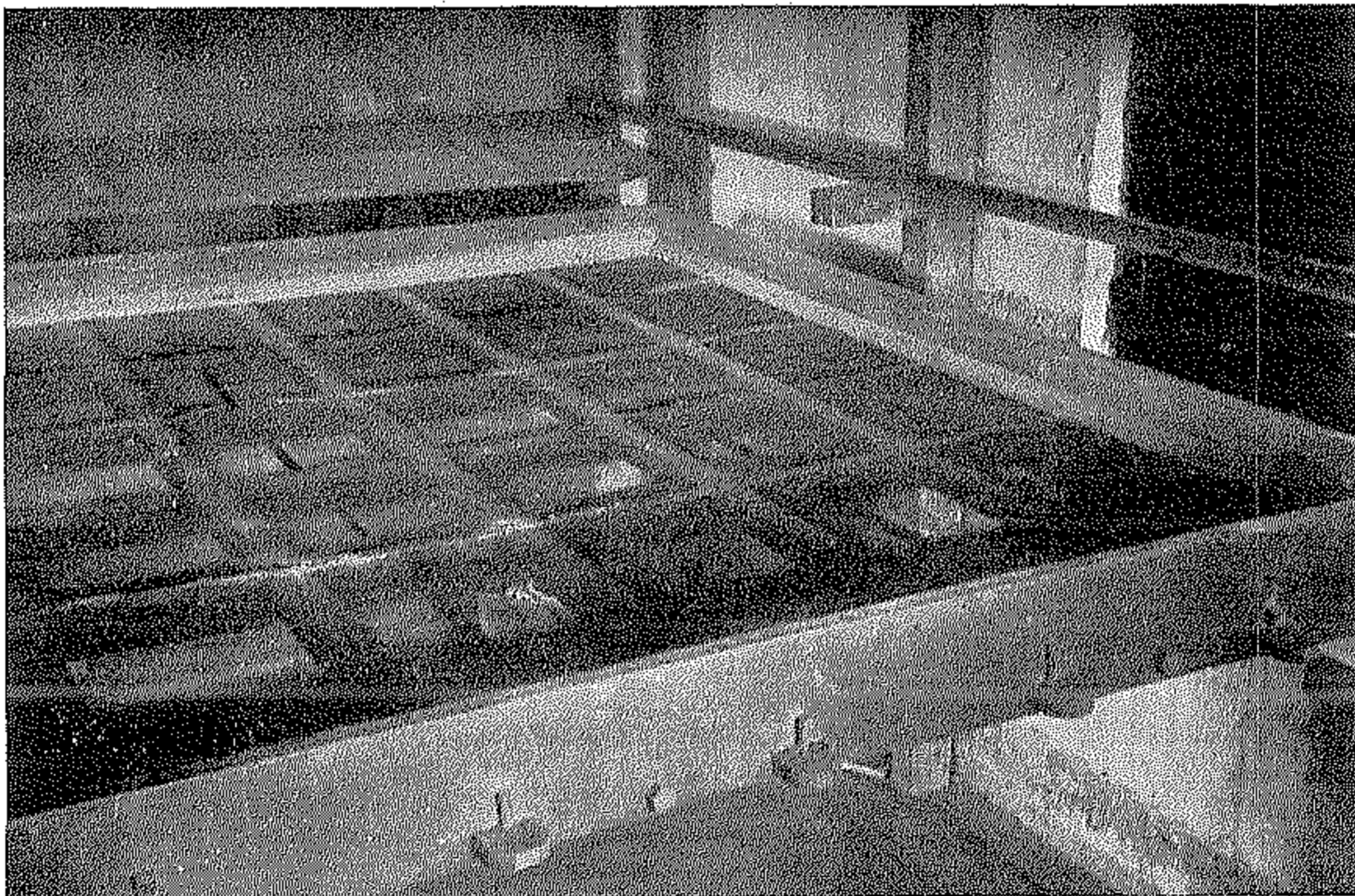


FIGURA 76. Bandeja de rejilla de un secador « Estufa » utilizado en Brasil.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

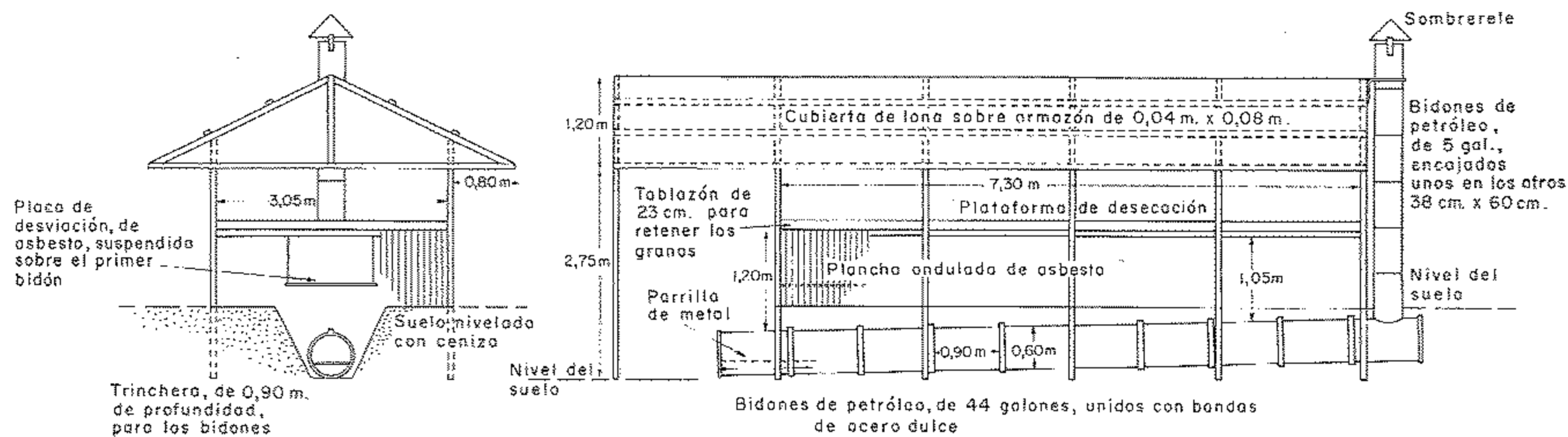


FIGURA 77. Sección de un secador de aire caliente.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

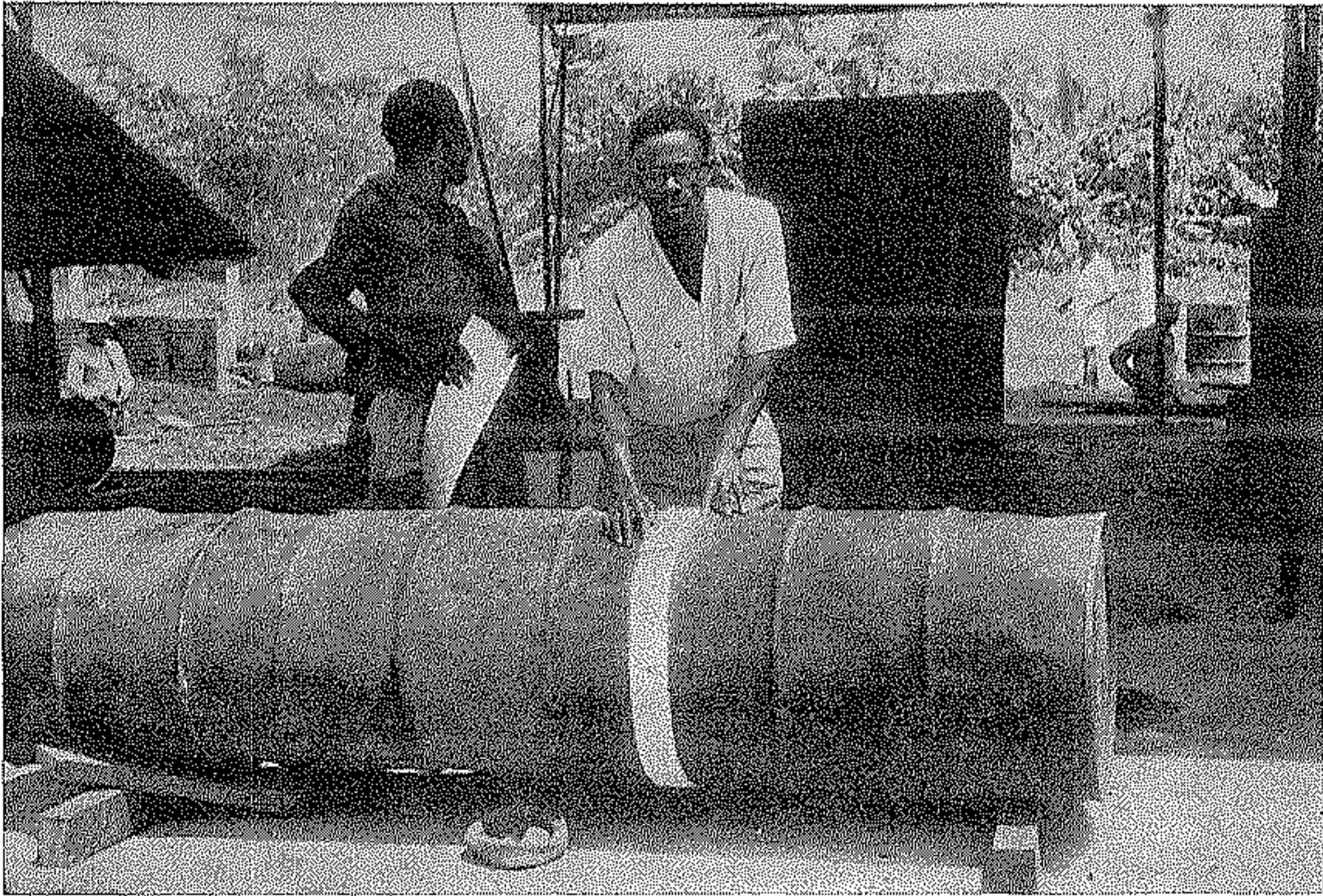


FIGURA 78. Uniendo varios bidones de petróleo para formar la chimenea de un secador de aire caliente.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

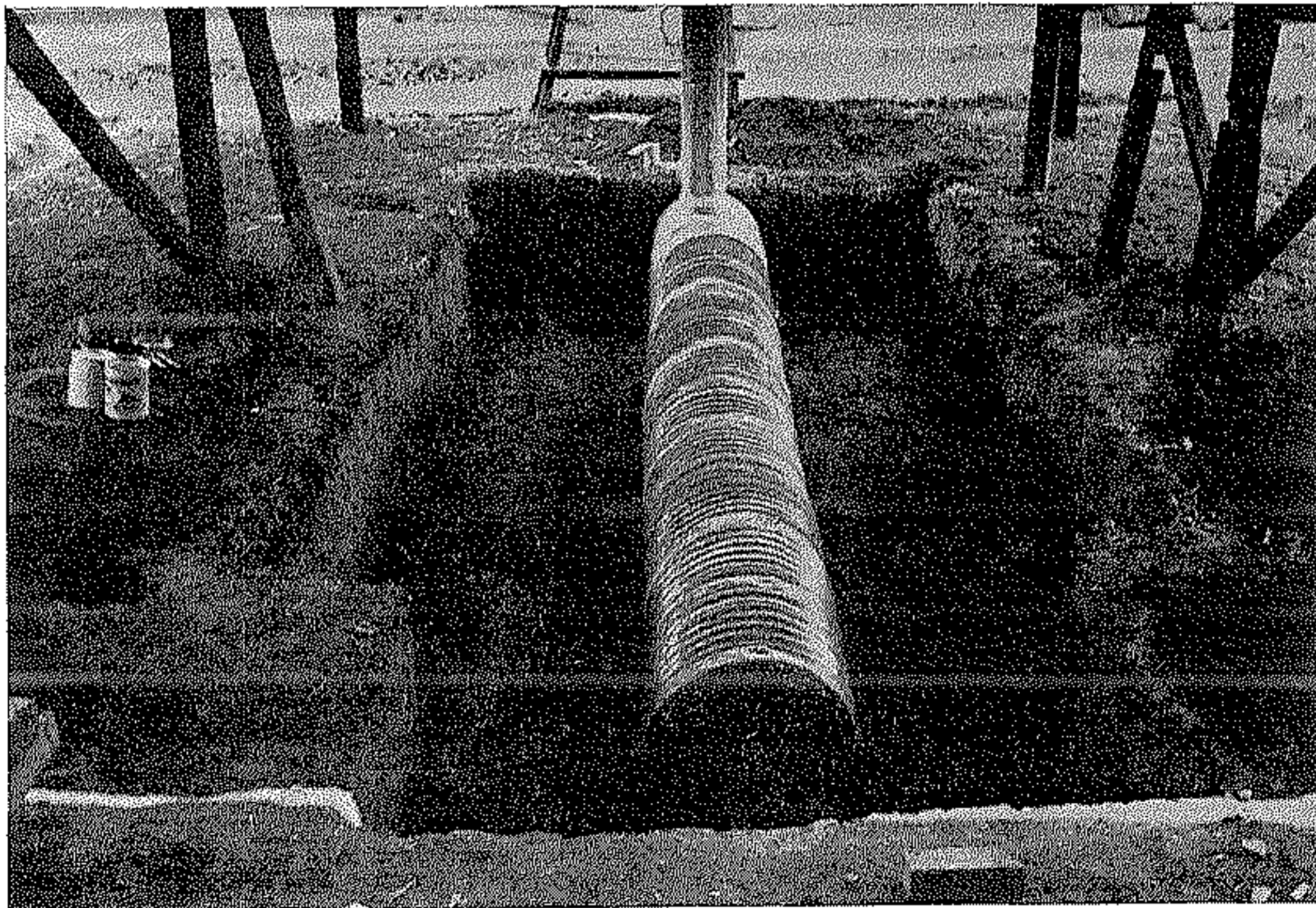


FIGURA 79. Chimenea de un secador de aire caliente colocada en una trinchera ligeramente inclinada.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

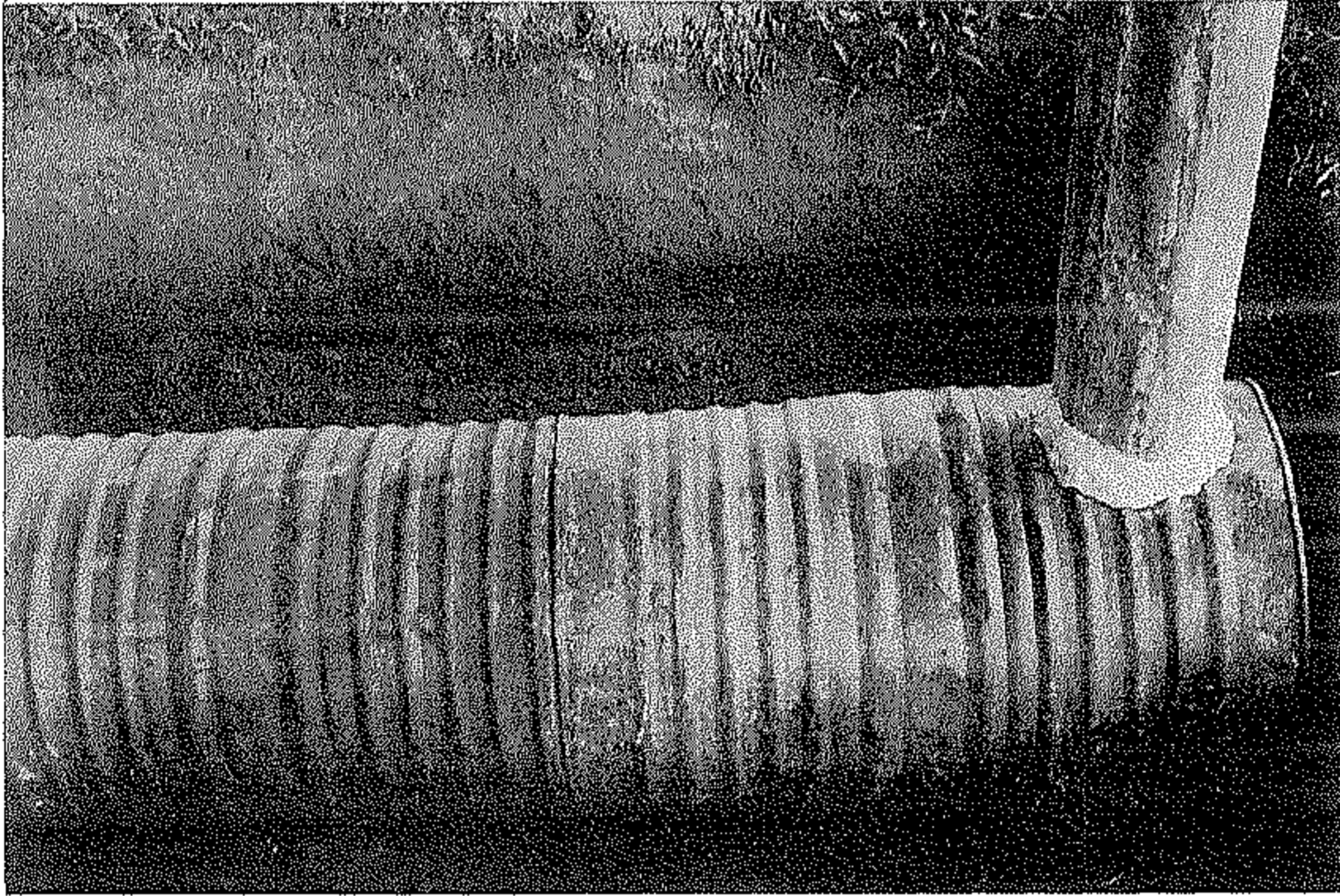


FIGURA 80. Unión de las ramas vertical y horizontal de la chimenea de un secador de aire caliente.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

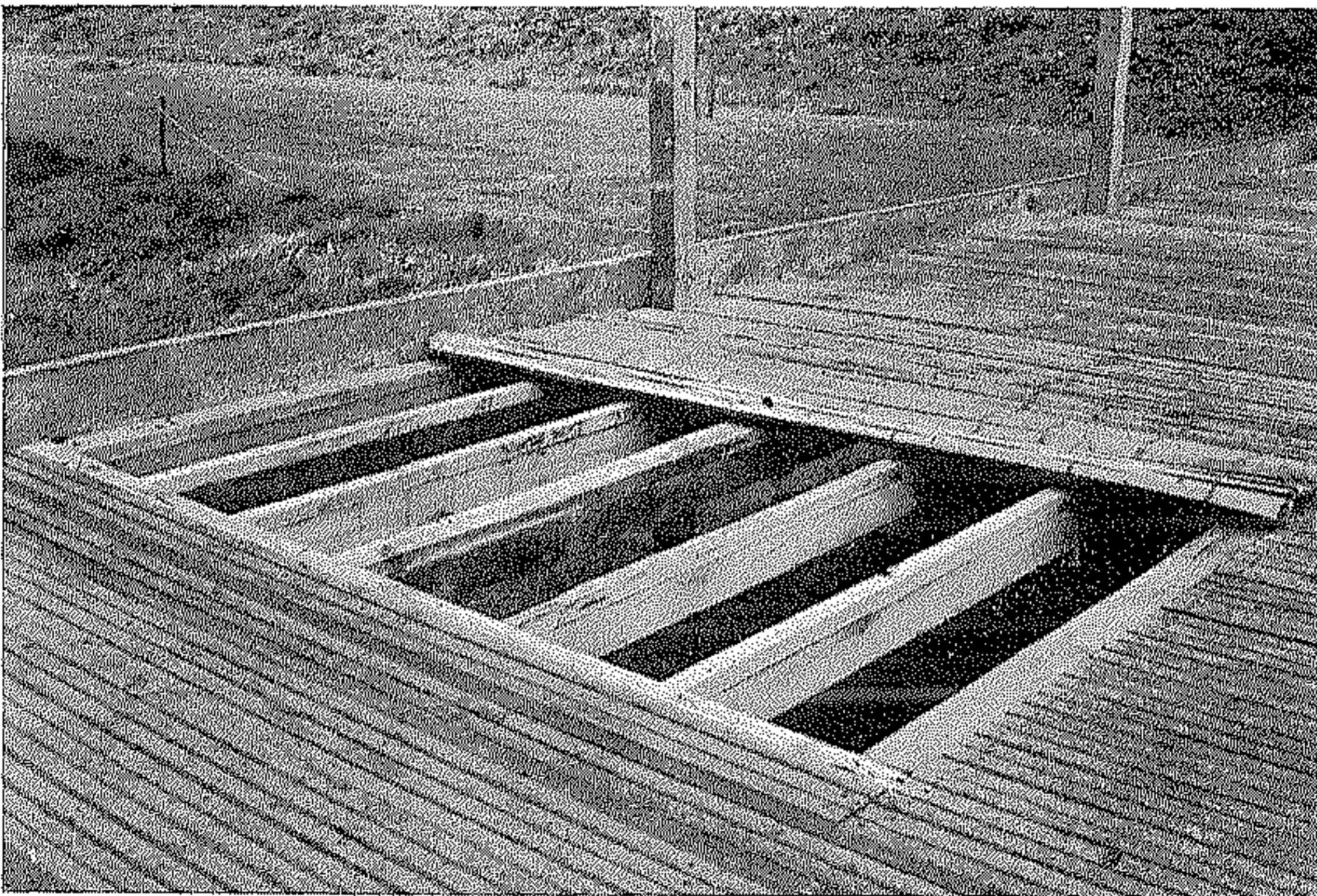


FIGURA 81. Plataforma de desecación de un secador de aire caliente.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

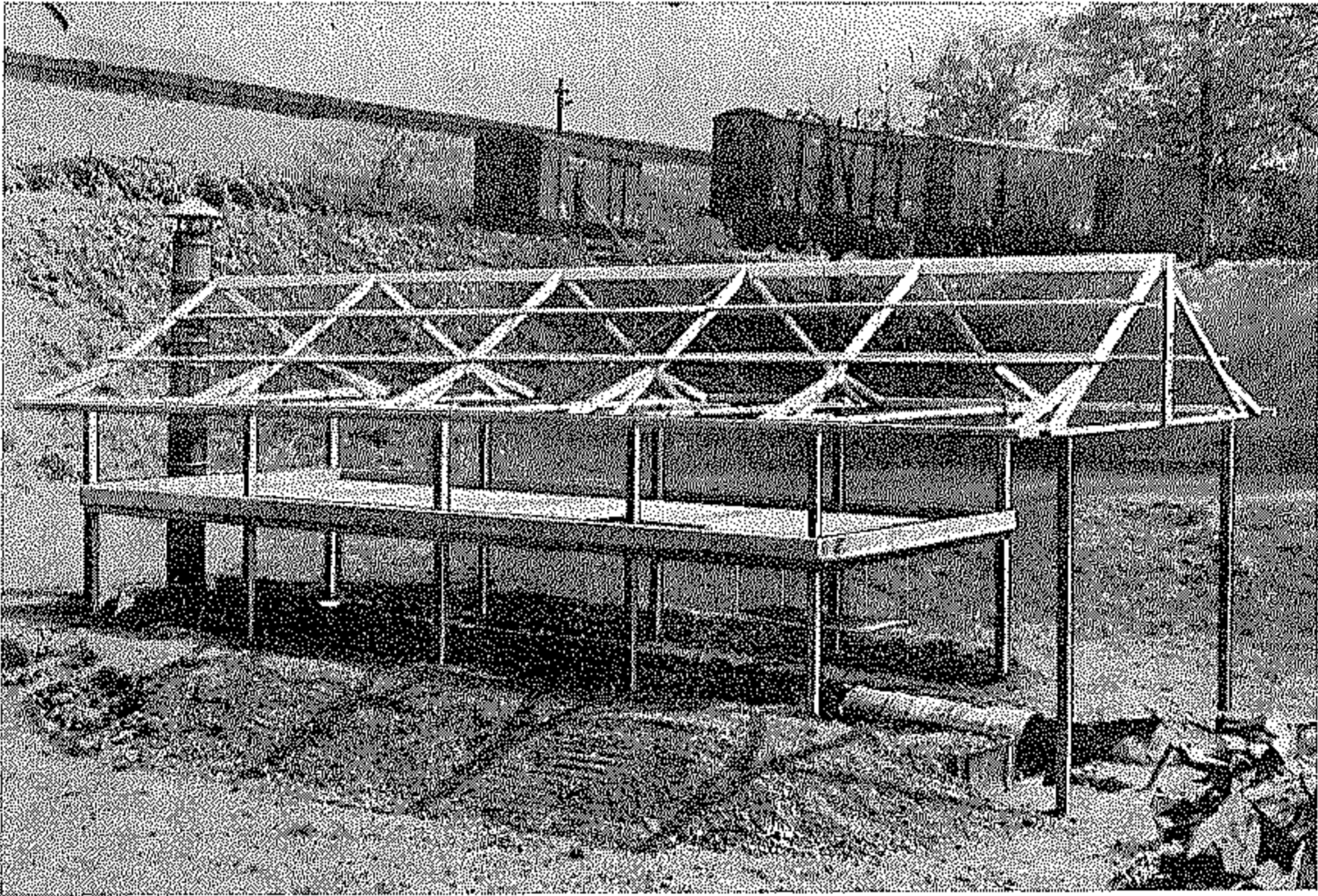


FIGURA 82. Secador de aire caliente en que sólo faltan las paredes y el techo.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

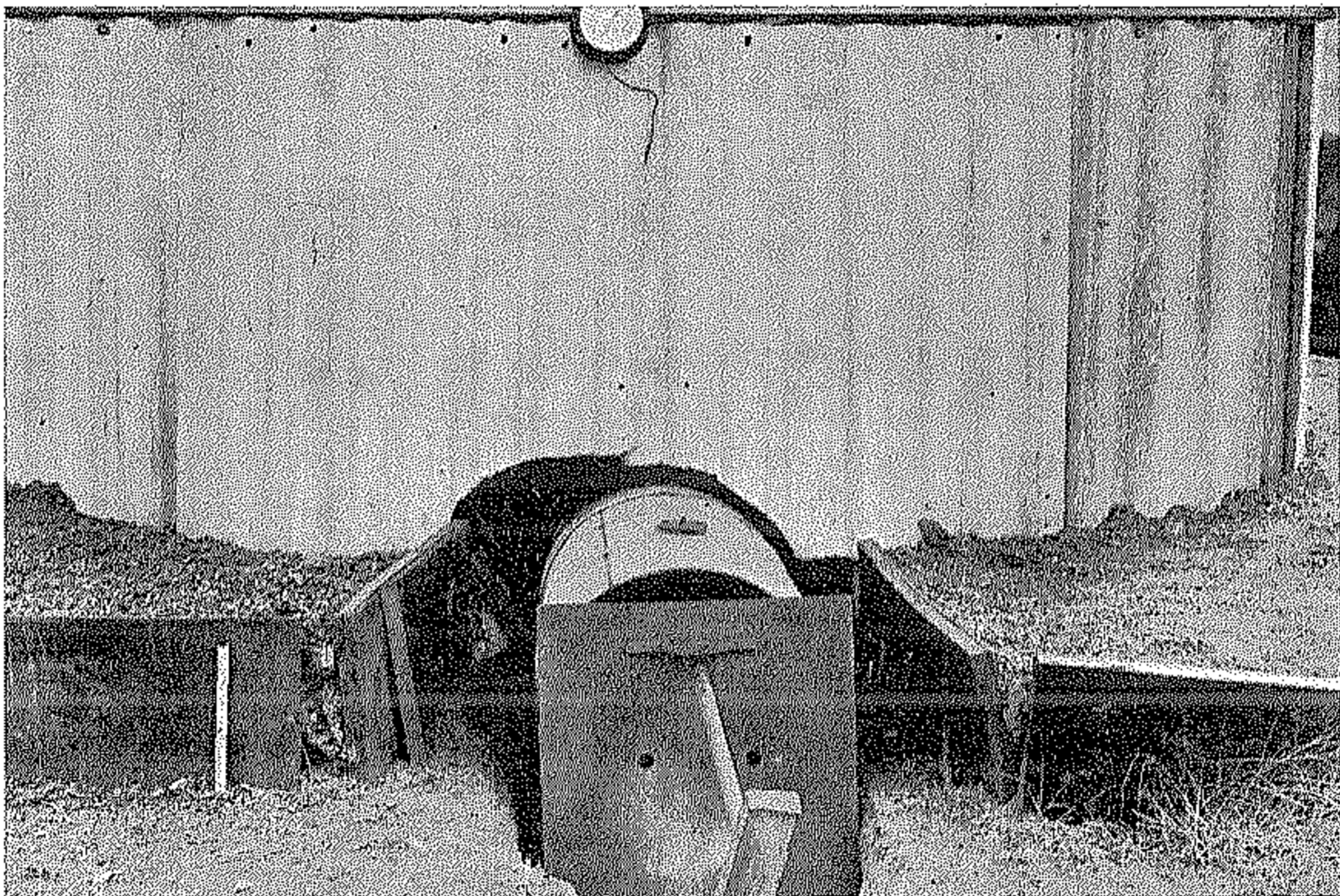


FIGURA 83. Regulador del tiro de la chimenea de un secador de aire caliente.
(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

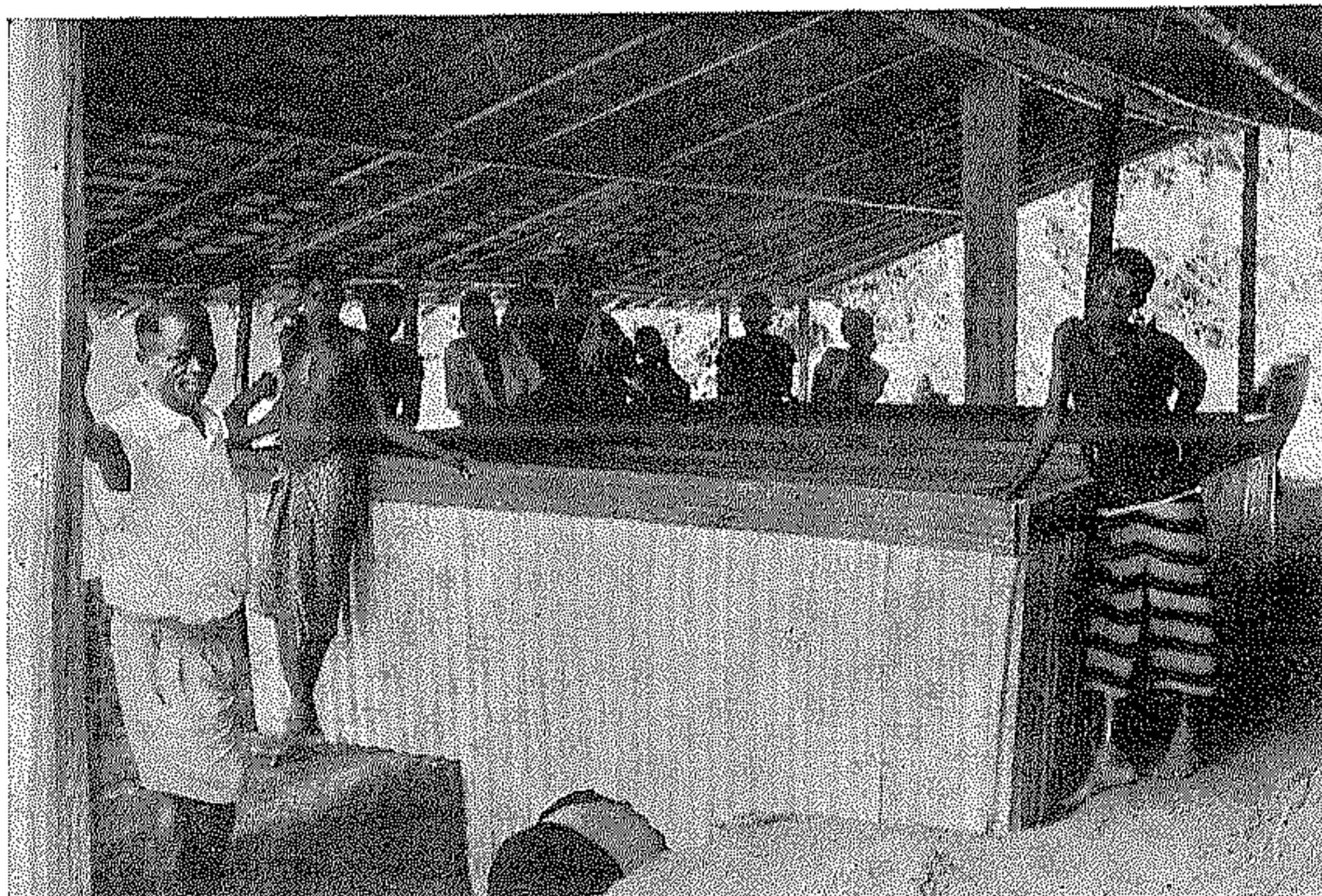


FIGURA 84. Secador de aire caliente terminado.

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

FUNCIONAMIENTO

En la boca de la chimenea se encendió un fuego que se regulaba mediante un registro hecho con la tapa de un bidón de alquitrán. Una vez encendido el fuego, los granos se colocaron sobre las barbacoas, formando con 455 Kg. de granos fermentados una capa de 5 cm. de alto. Mediante un fuego bastante intenso se mantuvo una temperatura del aire comprendida entre 60°C y 80°C; a esta temperatura se pudo secar un lote de grano en 40 a 44 horas. Durante la desecación, los granos se rastrillaban de cuando en cuando. Es importante rastrillar los granos frecuentemente mientras que su parte exterior está húmeda aún para impedir que aquéllos se apelonnen. Después de esto, sólo es necesario remover los granos de vez en cuando para conseguir una desecación uniforme. Es también importante el barrer bien la trinchera después de cada operación de desecación. Esto es necesario porque, a través de las barbacoas, caen a la trinchera masas de pulpa, trozos de granos y a veces granos enteros. Estos restos pueden ponerse en contacto con la chimenea que, cuando el fuego es muy intenso, llega a ponerse

roja. En tales casos, las materias combustibles, como dichos restos, puestas en contacto con la chimenea pueden humear o incluso incendiarse. (Reproducido de *The Samoan Cocoa Drier* de Cadbury Brothers Ltd., Bournville, Inglaterra). G.A.R. Wood (comunicación personal) ha recomendado recientemente reducir la longitud de la plataforma de desecación hasta 5 a 6 m. En los cuatro años últimos había en servicio en Camerún unos 40 ó 50 secadores de éstos y, debido al buen resultado que han dado, han sido adoptados por el Gobierno de Camerún, lo que se ha traducido en un mejoramiento de la calidad del cacao.

El secador tipo Samoa ha sido mejorado posteriormente (Wood, 1961) añadiéndole un ventilador que funciona con petróleo y un cambiador de calor. El empleo de los cambiadores de calor permite el paso de una corriente forzada de aire caliente a través de los granos, y el uso de combustibles más económicos. El autor utilizó un ventilador Woods 24 JTD Aerofoil y un cambiador de calor Airwoods 241 (fabricados por Woods of Colchester Ltd., Colchester, Inglaterra). El cambiador de calor llevaba un mechero Nu-Way XL2, y el ventilador, el mechero y los

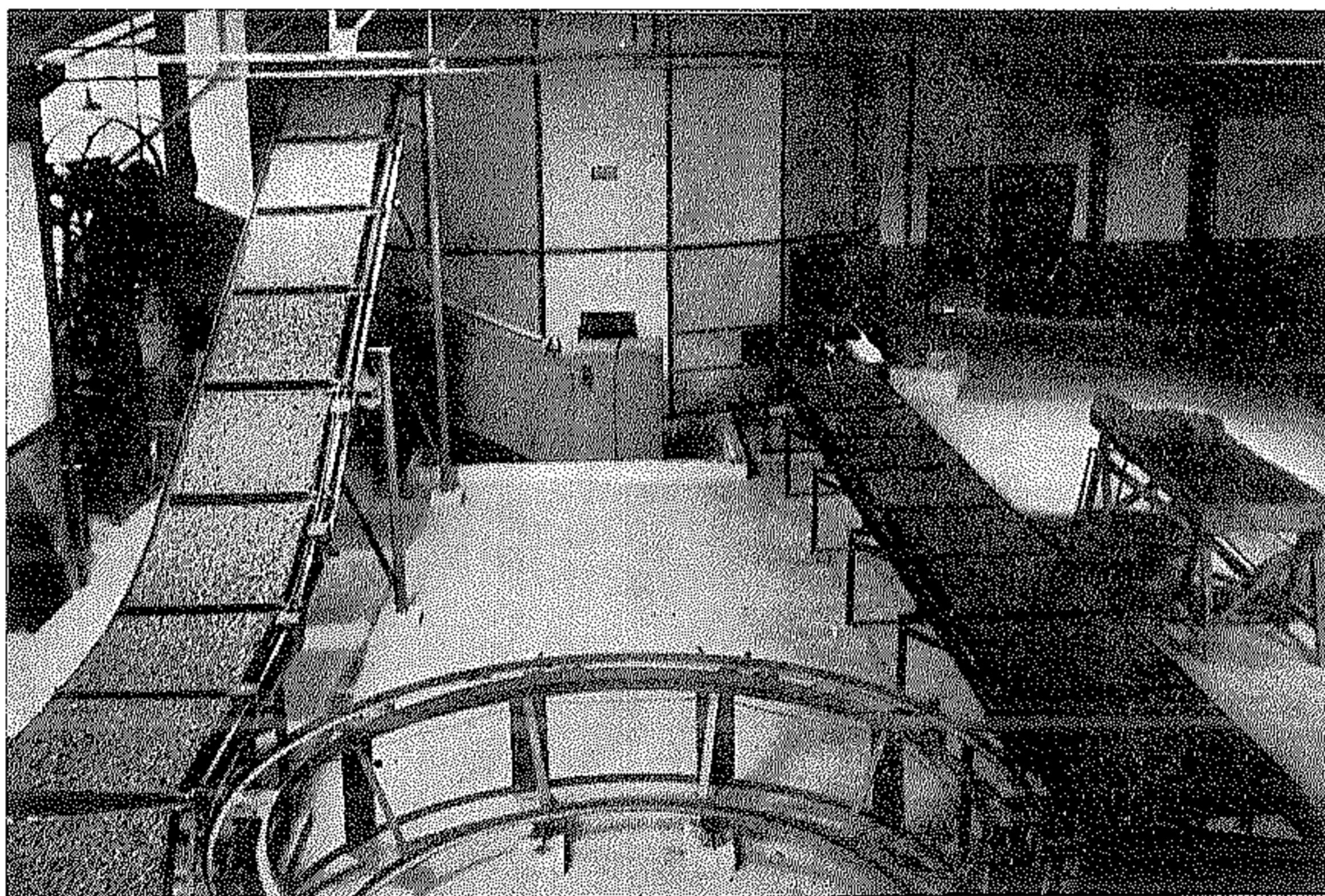


FIGURA 85. Secador Buttner. El cacao fresco entra por arriba en el secador (izquierda) y sale por debajo (derecha).

(Foto facilitada por Cadbury Bros. Ltd.)

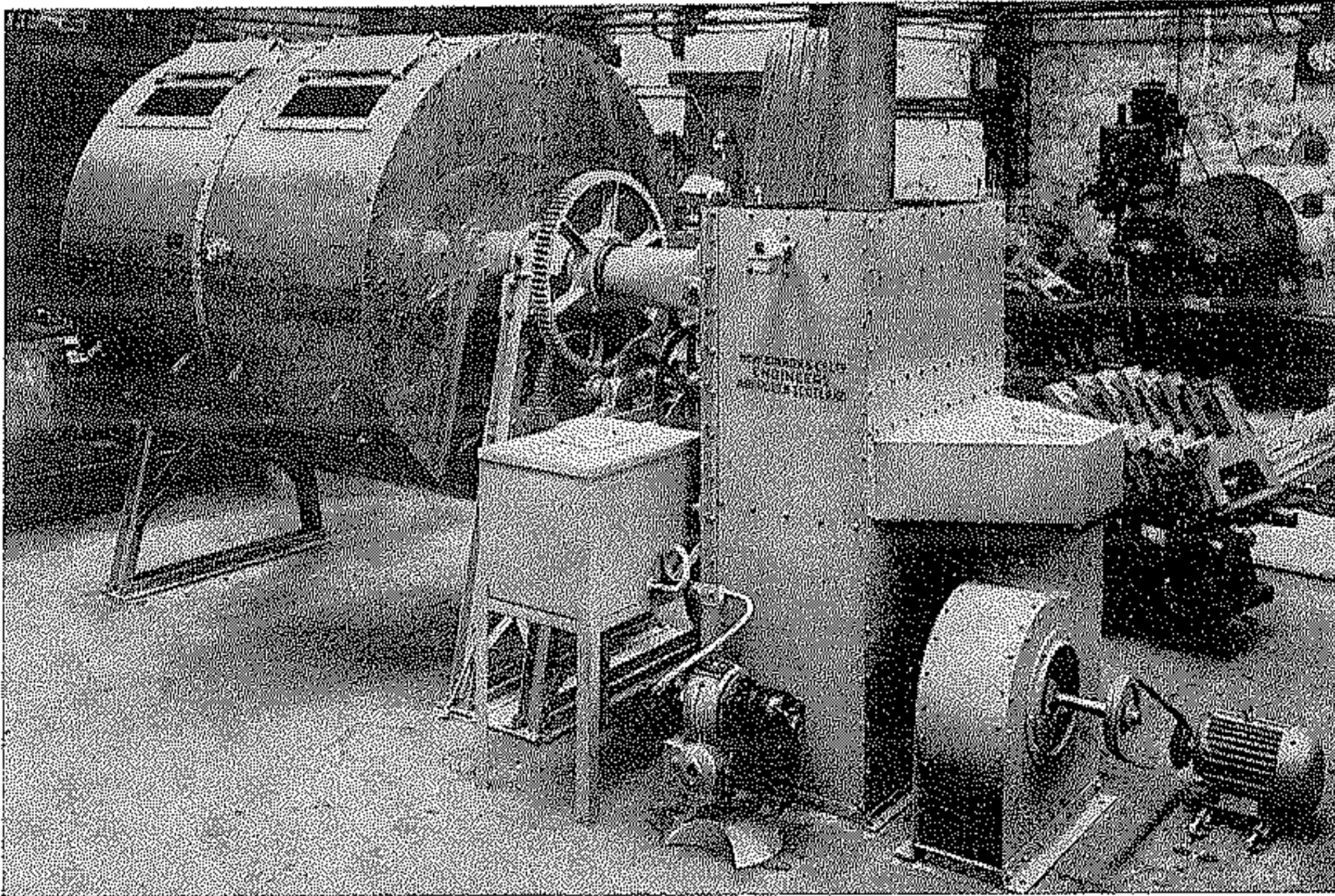


FIGURA 86. Secador Sterling de cacao.

(Foto facilitada por Wm. McKinnon & Co. Ltd., Escocia)

reguladores eran accionados por un generador Lister de 7 Kw. movido por un motor SL2, quemando, tanto el mechero como el generador, aceite pesado. Después de variar sistemáticamente las condiciones de trabajo y de observar el efecto de ello sobre el consumo de combustible, se llegó a la conclusión de que las condiciones más económicas de trabajo son:

temperatura del aire	80°C
velocidad de la corriente de aire	2,45 a 2,75 m./s.
altura de la masa de grano	12,7 cm.

Wood dedujo que este sistema se puede utilizar para secar lotes de media a una tonelada (peso en seco) de cacao en grano en 20 a 34 horas, y que las condiciones más eficaces de desecación se obtienen con una temperatura elevada y una pequeña velocidad de la corriente de aire. (Esta última afirmación la apoya Haynes [1958].) Estos resultados indicaban una cierta relación entre la duración de la desecación y la magnitud del grano y el contenido de cáscara; y se halló que la remoción de la masa de grano es fundamental.

El costo total, por tonelada de cacao seco, se estimó en 23,8 dólares, que se reparten como sigue:

	\$ E.U.A.
combustible	16,10
mano de obra (5 días/hombre)	2,10
depreciación	5,60

En el Congo (Leopoldville) se utilizan diversos tipos de secadores de *aire caliente* (Gillet, 1951). Un sistema que ha resultado satisfactorio utiliza un depósito de hormigón con una lámina de metal fijada unos 10 cm. por bajo de la parte superior. Se hace pasar aire caliente al espacio situado debajo de la bandeja y la parte de arriba se carga con cacao húmedo. Se emplean baterías de 10 de estas vasijas con una capacidad total de 1.000 Kg. por 30 horas. El secador de *horno de aire caliente*, empleado en Nueva Guinea, se basa sobre el mismo principio y consiste en un lecho fijo de alambre galvanizado, bajo el cual pasa una chimenea por la que circulan gases calientes de combustión procedentes de un hogar en que se quema madera. El aire que hay bajo el lecho se calienta por convección y la temperatura se regula admitiendo aire frío en el espacio de debajo de los granos. Se considera fundamental una desecación inicial al sol, pues se cree que una desecación demasiado rápida origina un producto de calidad inferior (Henderson, 1954).

Secadores mecánicos

Existen dos tipos importantes de secadores mecánicos que consisten o en un sistema de bandejas movibles o fijas, o en tambores giratorios. De los primeros, el secador *Chula* y el de *túnel* utilizado en Surinam, se han descrito ya. El mayor y más complicado de los secadores que se emplean en la actualidad es el *Buttner* (Figura 85); en el Congo (Leopoldville) hay uno de ellos funcionando hace muchos años. En este secador las bandejas que contienen el grano húmedo son transportadas por una correa sin fin hasta la parte superior de una torre cilíndrica, donde descienden helicoidalmente a través de tres secciones de temperatura regulada. Se logra una producción diaria de 8 toneladas de cacao seco.

En algunos países productores se usan unos *secadores giratorios* que secan en principio por el paso de aire precalentado a través de un tambor rotatorio donde está contenido el cacao húmedo. El secador *Sterling* de cacao ha sido ideado específicamente para su función por una em-

presa escocesa. En la Figura 86 se ve el cilindro secador, liviano pero fuerte desde el punto de vista mecánico, hecho con una aleación de aluminio. Existen modelos de cinco tamaños, con capacidades que varían desde 775 a 3.000 Kg. de cacao húmedo. Todos ellos llevan un ventilador de rodamiento y un calentador multitérmico, que puede funcionar con madera o con petróleo, a voluntad. El cilindro secador, que está dividido en cuatro compartimientos, con placas giratorias que mantienen los granos en circulación, se monta sobre un fuerte armazón de acero y no requiere cimentación especial alguna, aparte la nivelación del terreno; se mueve sobre robustos cojinetes de rodillos, y los ejes, alrededor de los que giran los demultiplicadores, están montados sobre cojinetes de bolas perfectamente incorporados en los soportes de acero. La desecación dura 12 a 20 horas, según la humedad inicial del cacao, y el consumo de petróleo varía desde 2,5 l. por hora, con la máquina de 775 Kg. de capacidad, hasta 9,5 l. por hora, con la de 3.000 Kg.

Modos de conocer si el cacao está seco

El modo más corriente de determinar si los granos están suficientemente secos para ser ensacados consiste en comprimir un puñado de granos y escuchar la crepitación característica que hace el cacao seco en tal caso. Este método que usan principalmente los cacahueros, se presta a errores. Durante el secado, la humedad de los cotiledones sólo puede pasar a la cáscara, la cual, a su vez, la cede a la atmósfera. Cuando hace mucho sol, especialmente en las últimas fases de secado, la velocidad de pérdida de humedad de la cáscara puede ser mayor que la velocidad con que la cáscara absorbe la humedad de los cotiledones. No es improbable que, en casos extremos, el equilibrio se altere hasta el punto de que la cáscara parezca seca en tanto que los cotiledones tienen todavía una humedad superior a la permisible. Para evitar esto conviene ensayar la fragilidad de la cáscara después que los granos lleven varias horas a la sombra.

Métodos de determinación de la humedad de los granos sometidos a la desecación

El método reconocido oficialmente es el descrito por la Office international du cacao et du chocolat (1952), Bruselas:

Se toma una cierta cantidad de arena, de un tamaño máximo de partícula de 0,5 mm., y se la lava primeramente con ácido clorhídrico y luego con agua hasta neutralidad, y después se la seca e incinera a 550-600°C. La arena purificada se enfría luego en un desecador y se guarda en un frasco cerrado. Para determinar la humedad se usan cápsulas planas. Estas pueden ser de vidrio, níquel o aluminio, y deben tener tapa. Su diámetro mínimo es 5 cm. y su altura mínima, 2 cm. Se colocan unos 20 g. de arena en cada cápsula mediante una pequeña varilla agitadora de vidrio. La cápsula y la arena se someten después a desecación a 100-101°C durante 4 horas. Se vuelven a colocar las tapas, y las cápsulas se enfrían en un desecador durante 45 minutos y se pesan. Se añade a cada cápsula 5 g. de cacao finamente dividido, se colocan nuevamente las tapas y se pesa. El contenido de las cápsulas se remueve bien, por medio de la varilla de vidrio, y se somete todo a desecación durante 4 horas a 100-101°C. Después de enfriar en un desecador, las cápsulas se pesan y luego se secan de nuevo hasta peso constante. El peso se considera constante cuando dos pesadas sucesivas, hechas con un intervalo de 30 minutos de desecación, presentan una diferencia de peso inferior a 0,1 por ciento. La humedad se calcula directamente a partir de la pérdida de peso.

Se ha descrito, referida al chocolate, la determinación de la humedad por destilación azeotrópica (Hinton y Taylor, 1939), por un método que muy bien se puede aplicar al cacao bruto. Como líquido de arrastre se utiliza el tolueno, que se mezcla con una cantidad determinada de la muestra. El azeotropo binario tolueno/agua (que hierve a 84,1°C y contiene 13,5 por ciento de agua) se destila, y el destilado se recoge en una probeta graduada. Las dos fases se separan y el volumen del agua contenido en la muestra se puede leer directamente. Para determinar la humedad por este procedimiento se han ideado aparatos especiales que pueden adquirirse por poco dinero en cualquier casa fabricante de aparatos de laboratorio. Cuando este procedimiento se aplica al cacao, puede objetarse que el tolueno podría arrastrar otras sustancias volátiles aparte del agua, pero esta objeción es también aplicable al método de desecación en estufa, por el cual puede que se evaporen otros constituyentes volátiles además del agua. También se puede usar *m*-xileno como líquido arrastrador en el método de destilación azeotrópica, pues la mezcla de punto de ebullición constante que se obtiene con dicha sustancia encierra 35,8 por ciento de agua, en peso (punto de ebullición de la mezcla azeotrópica xileno/agua, 92°C).

Instrumentos para determinar la humedad (higrómetros)

Actualmente existen en el mercado diversos instrumentos muy prácticos destinados a la determinación de la humedad de varias sustancias alimenticias brutas. Algunos de estos instrumentos, que se describen a

continuación, han sido modificados o graduados para medir la humedad del cacao bruto. Hay dos contadores de la conductividad eléctrica, de tipo de sonda, que se han adaptado para medir la humedad del grano bruto de cacao. Estos aparatos registran únicamente la humedad superficial, y sus lecturas son afectadas por los cambios de la temperatura y la presión.

EL HIGRÓMETRO K.P.M. PARA CACAO

Este instrumento, fabricado en la República Federal de Alemania, se representa en la Figura 87; está especialmente graduado y ensayado para medir la humedad del café y el cacao; ocupa poco volumen y es de fácil manejo, y da lecturas directas de la humedad en una escala cómodamente legible. Este aparato consiste en esencia en un conductímetro, y lleva dos tipos de electrodos. El electrodo de copa se utiliza cuando se dispone de muestras de grano, y no precisa más descripción sino que los granos se comprimen en una célula pequeña que se conecta con el contador, leyéndose la humedad directamente. El electrodo de aguja consta de dos largas sondas a propósito para introducir las en los sacos de cacao (Figura 87), y se presta idealmente para efectuar determinaciones rápidas de la humedad en el cacao almacenado. Con cualquiera de los dos electrodos se pueden hacer lecturas de la humedad en cuestión de segundos. La escala está graduada desde 2 hasta 12 por ciento de humedad, con una tolerancia de $\pm 0,2$ por ciento.

EL HIGRÓMETRO MARCONI

El higrómetro Marconi tipo TF933, fabricado en Inglaterra, es un aparato construido concienzudamente y fácil de manejar, que tiene una precisión de $\pm 0,5$ por ciento, y está graduado para más de 300 sustancias diferentes. Para el cacao existen escalas de lectura directa para las correcciones de la temperatura, y para los materiales apilados hay un electrodo especial de aguja. La célula de ensayo es del tipo de compresión.

Una característica muy importante de su construcción es la elevadísima presión a que se somete la muestra. Con ello se eliminan los errores de empaquetado. Es necesario triturar las muestras de cacao, pero la muestra requerida es pequeña y la carga de la célula y la compresión son operaciones rápidas y sencillas. La escala para cacao que lleva este instrumento se ha graduado para una desecación en horno de 15 horas



FIGURA 87. Higrómetro K.P.M.
(Foto facilitada por K.P. Munding)

a 105°C y aprecia una gama de humedad de 4,6 a 12,6 por ciento. Las lecturas son completamente independientes de las características de la válvula y de las variaciones en el voltaje de la corriente eléctrica. Este instrumento funciona tanto mediante la corriente de la red como por medio de baterías convenientemente encerradas (Figura 88).

EL HIGRÓMETRO INSTANTÁNEO SCOTMEC-OXLEY

Este aparato, fabricado en Escocia, fue ideado y graduado por el Pest Infestation Laboratory, Department of Scientific and Industrial Research (DSIR), Slough, Inglaterra. De él existen tres modelos, dos de los cuales

son de importancia inmediata: el modelo MM/Wet, para uso en climas húmedos, el modelo MM/Dry, para uso en climas secos.

Al igual que otros muchos instrumentos de este tipo, el higrómetro ScotMec-Oxley se ideó originariamente para determinar la humedad de los cereales y cultivos análogos, pero se ha graduado para determinar la del cacao. Consiste fundamentalmente en una sonda que lleva nueve electrodos de aguja, cada uno de unos 20 cm. de largo. Estos electrodos se dividen en dos grupos de longitud ligeramente diferente, para facilitar la penetración, y de polaridades distintas. Se conectan a un óhmetro con un generador incorporado que proporciona una corriente de 500 voltios por el giro de un manubrio convenientemente colocado. Las mediciones se hacen pinchando el saco que contiene el material que se va a examinar, girando el manubrio del generador y leyendo la resistencia del material entre los electrodos. Este instrumento se gradúa en forma que se pueda leer la humedad directamente en una escala apropiada. Se pueden hacer mediciones rapidísimas y con una exactitud de $\pm 0,5$ por ciento.

También se puede determinar la humedad de manera exacta en los materiales a granel, no siendo apenas necesario dar instrucciones detalladas del procedimiento que debe seguirse, pues el instrumento es muy fácil de manejar. Se dan detalles acerca de la graduación y, para aumentar la precisión, se añade una tabla de corrección de la temperatura. Existe un dispositivo para la corrección de la temperatura que se une al instrumento y permite la lectura directa de la humedad sin recurrir a tablas. Un último perfeccionamiento es la tabla de los factores de corrección para presiones excesivas, que tiene en cuenta el hecho de que en los almacenes los sacos de abajo están sometidos a presión, lo que se traduce en una resistencia inferior del material y, por lo tanto, en una lectura de la humedad ligeramente superior a la normal (Figuras 88 y 89).

Aspectos químico y bioquímico de la desecación

Algunos de los cambios que ocurren durante la fermentación siguen sucediendo en la fase de desecación. Rohan (1958b), por ejemplo, ha demostrado que, cuando los granos se sacan prematuramente de la masa fermentante, la destrucción de las antocianinas prosigue activamente. El pardeamiento de los cotiledones se considera, sin embargo, el aspecto más importante de la desecación y generalmente se asocia con la oxi-



FIGURA 88. Higrómetro Marconi. Aparato y célula de compresión.

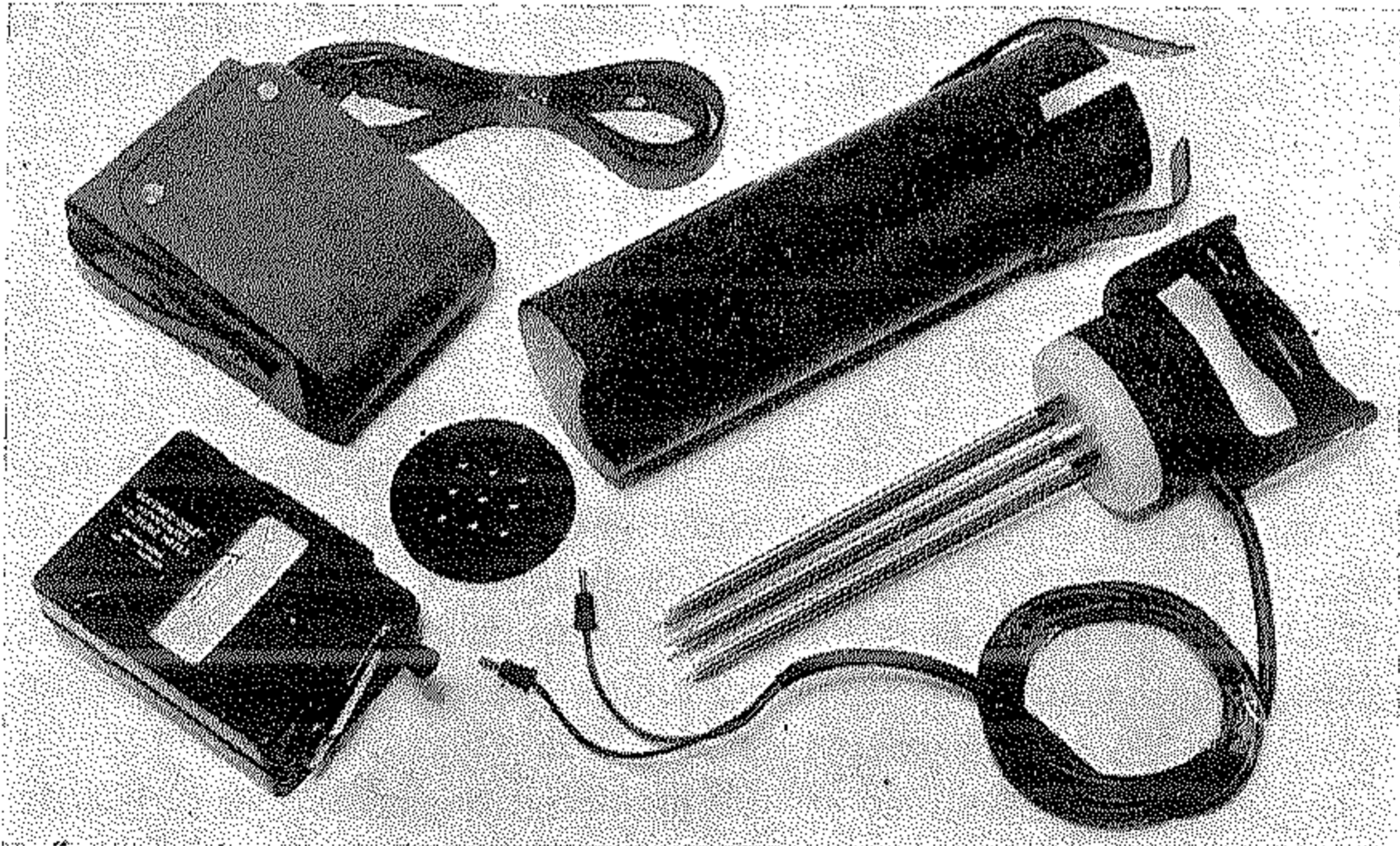


FIGURA 89. Higrómetro instantáneo Scot Mec-Oxley. Con generador incorporado y electrodos de sondeo.

(Foto facilitada por Scottish Mechanical Light Industries Ltd.)

dación de los polifenoles por un sistema polifenol-oxidasa que es activo únicamente en presencia de oxígeno. Se supone que los productos de oxidación sufren luego reacciones del tipo de polimerización por condensación pero, en realidad, se sabe poco acerca de estos cambios. Es casi seguro que tales cambios son de naturaleza enzimática, pues el pardeamiento no ocurre en los granos frescos que se han sumergido en agua hirviente y se han secado después (Roelofsen, 1958), aunque satisfacen las otras exigencias a este respecto, por cuanto los polifenoles son liberados de las células en que están encerrados y el oxígeno puede atravesar la testa durante la desecación. Por otra parte, los granos frescos, cuando se desmenuzan al aire, se ponen pardos muy rápidamente y los polifenoles se destruyen por completo en una hora (Forsyth, 1952). En ausencia de aire, el pardeamiento no sucede. Roelofsen y Giesberger (1947), sugieren que, como las secciones de los granos que se exponen a la acción del aire pardean rápidamente, la falta de pardeamiento y la presencia de una coloración púrpura en los granos secos deben atribuirse a la falta de oxígeno durante el período que precede a la inactivación de la fenol-oxidasa por deshidratación. Se ha utilizado la expresión «insuficientemente oxidados» para describir los granos púrpura (Forsyth y Quesnel, 1957a; Roelofsen, 1958).

Griffiths (1957) ha mostrado recientemente que la (—) epicatequina es el substrato principal de la polifenol-oxidasa y, por ello, aquélla es el principal causante del pardeamiento que se observa durante la desecación. Las leucocianidinas contribuyen en medida muy limitada a este fenómeno y los pigmentos antociánicos prácticamente no intervienen en él. Wadsworth (1955) afirma que si se seca cacao en una atmósfera de anhídrido carbónico, no se produce sabor de chocolate. Experiencias recientes debidas a Griffiths (1959b) prueban lo contrario. Durante la fase de desecación ocurre una lenta penetración de oxígeno, por difusión, en los cotiledones y un paso constante de agua en el sentido opuesto. La contracción del tejido de los cotiledones (Roelofsen, 1958) impide la penetración hasta las fases finales de la desecación. MacLean y Wickens (1951) mostraron que la penetración de oxígeno en la cáscara se puede acelerar pinchando la testa con un alfiler. Esto origina una desecación más rápida y un pardeamiento más completo (Figura 89).

Un factor importantísimo en esta oxidación enzimática es el pH del substrato. Según Roelofsen (1958) el valor óptimo del pH es 7,0 aproximadamente, reduciéndose considerablemente la actividad a pH 5,0. De Witt (1953a) encontró como valor óptimo del pH 5,0, valor que es,

más o menos, el observado en los cotiledones al final de una fermentación normal. Estos valores son importantes, pues la desecación artificial parece que da un pH final relativamente bajo (Howat y col., 1957b), que a veces es suficientemente bajo para originar una oxidación incompleta si el valor óptimo de Roelofsen es correcto. La temperatura es también importante, pero la estabilidad térmica de la polifenol-oxidasa del cacao es considerable, pues esta enzima (Knapp, 1937) puede resistir largo tiempo a 60°C, una hora a 70°C, y menos de 5 minutos a 75°C.

Fickenday (1913) ha mostrado que la oxidasa del cacao no se destruye congelando los granos a 0°C. Moores y col. (1952) hallaron que la estabilidad térmica de esta enzima tiene relación con la humedad. Una preparación cruda perdió 67 por ciento de su actividad en 20 minutos a 90°C cuando estaba seca, mientras que con 20 a 25 por ciento de agua la pérdida de actividad en un tiempo y una temperatura iguales fue completa. Con 50 por ciento de agua, la pérdida de actividad fue 87 por ciento en 4 horas a 60°C, y a 44°C se observó una inactivación completa en 64 horas. Durante la fermentación comercial se observan condiciones que deben originar una inactivación casi total de la oxidasa. Esto ha sido confirmado por Forsyth y colaboradores (1958, véase Cuadro 21). Durante la desecación artificial, la temperatura del grano es muy inferior a la del aire secante, especialmente en las fases iniciales de la operación (véase Figura 73). Por consiguiente, la oxidasa debe conservar su actividad durante la mayor parte de la desecación, siempre que las demás condiciones sean adecuadas. La humedad es indudablemente un factor importante en la actividad de la oxidasa. Knapp (1937) afirma que la actividad es grande cuando la humedad es de 20 por ciento o más, y muy baja cuando es de 10 por ciento. Por ello, se podría pensar que una desecación artificial muy rápida originaría una inactivación prematura de la oxidasa a consecuencia de la rápida deshidratación, pero no hay pruebas de que esto sea así. De Vos, que completó la desecación en unas 10 horas, obtuvo un producto que mereció la aprobación de los fabricantes.

Schult-im-Hofe (1913) demostró que la fermentación butírica y el desarrollo de mohos se eliminaban cuando la humedad del grano era inferior a 20 por ciento. Este autor ideó una técnica que consistía en efectuar una desecación inicial al sol hasta que la humedad del grano descendía a 15 por ciento, en mantener luego los granos a una temperatura comprendida entre 40° y 50°C hasta que se ponían pardos, y en completar después la desecación.

Roelofsen (1958) da cuenta de la existencia de una relación entre el pardeamiento y la duración de la fermentación, afirmando que cuanto más tiempo fermenten los granos más completo será el pardeamiento durante la desecación. Sin embargo, no hay pruebas de que el sabor mejore al aumentar el pardeamiento,

Tratamiento previo a la desecación

LAVADO

Forsyth y Quesnel (1956) señalan que el lavado inmediatamente después de la fermentación se practica sobre todo en Java (Indonesia) y Surinam, pero también en Ceilán, la Federación Malaya, el Congo (Leopoldville) y en una explotación del Ecuador. En Ceilán y la Federación Malaya los granos se mantienen frecuentemente sumergidos en agua por la noche. Parece ser que el lavado, con que se pretende eliminar en el cacao fermentado la pulpa residual, es una operación que no conduce a nada y Palma (1951) ha demostrado una pérdida de 2,5 a 3 por ciento para el productor, pérdida que no es compensada siempre por las primas pagadas por el cacao lavado. Se admite que el lavado da un producto con menos cáscara, que podría resultar atractivo para el fabricante, pero todas las ventajas obtenidas a este respecto son neutralizadas por la fragilidad de la cáscara, que hace más sensible el cacao al ataque de los insectos y los mohos (Knapp, Wiehr y Olivier, 1932). El mayor inconve-

CUADRO 27. - EFECTO DEL LAVADO SOBRE ALGUNOS CONSTITUYENTES DEL CACAO

Días de fermentación	Lavado	Cáscara	Grasa	Alcaloides
	 <i>Porcentaje</i>		
8,5	Sí	8,0	48,29	1,28
4,5	Sí	8,0	46,43	1,65
4,5	No	8,0	46,17	1,58
6,5	Sí	8,0	45,51	1,20
6,5	No	11,4	45,30	1,40
7,5	Sí	8,4	44,50	1,22
7,5	No	10,4	45,30	1,21

niente se aprecia después del transporte, pues durante éste una gran proporción de los granos se rompen. Whympers ha publicado algunos datos analíticos acerca del cacao lavado que se resumen en el Cuadro 27.

« TERRAJE »

El tratamiento del cacao con una arcilla ferruginosa, justamente antes de la desecación, se ha empleado mucho para mejorar el aspecto del producto final y para proteger los granos del ataque de los insectos y los mohos. Según Knapp (1935) no hay prueba alguna de que este tratamiento reduzca realmente el ataque de los insectos, y su uso se considera (Knapp y Booth, 1914) un intento de encubrir los granos negros, es decir los granos de baja calidad con cáscara de color muy oscuro. Wadsworth (1955) afirma que el « terraje » se ha utilizado con el propósito de que los granos de mal aspecto puedan competir con los de buen aspecto, y que en algunas plantaciones se considera que este tratamiento acelera la desecación. El único efecto positivo del terraje, comprobado hasta ahora, es un incremento de 1 a 2 por ciento en el peso del grano, cosa en ningún modo atractiva para los fabricantes, habida cuenta de los precios actuales. El terraje tiende a desaparecer. Knapp (1931), en un folleto destinado a los plantadores, indicaba que esta práctica carece de ventajas.

PISADA

Este método tradicional de pulimento de los granos se efectúa mucho en las Indias Occidentales (Forsyth y Quesnel, 1956). Los granos se secan parcialmente y luego se los rocía con agua y se los pisa para que se froten con el suelo secante. La única ventaja que se deriva de la pisada de los granos parece que es la desagregación de los aglomerados de granos, pero esto se consigue con igual facilidad a mano.

Estos procesos de terraje, pisada y pulimento sólo pueden mejorar el aspecto exterior del cacao, pero los fabricantes preferirían que se tuviese más cuidado en la limpieza del producto antes de ensacarlo, es decir, que el cacao no contuviera fragmentos de granos, cáscara, placenta, piedras y otras materias extrañas (véanse Figuras 93 y 94).

5. ALMACENAMIENTO

En las regiones tropicales el cacao en grano, fermentado y seco, se pone en sacos de yute de trama abierta que se apilan en los almacenes, donde permanecen durante períodos de hasta 9 a 12 meses.

Cuando se almacena cacao en dichas regiones hay que tener mucho cuidado en impedir la deterioración ocasionada sobre todo por dos agentes: el ataque de los hongos y el ataque de los insectos.

Ataque de los hongos

Las condiciones para este ataque son ideales en los granos dañados o germinados y particularmente en los que no se han secado como se debe, o en los granos secados que han reabsorbido humedad. La temperatura óptima para el desarrollo de los mohos es 30°C (Roelofsen, 1958), y la humedad crítica del grano es 8 por ciento (Scott, 1928). Durante la fermentación puede suceder un desarrollo interno de mohos, siendo dos por lo menos los hongos que se sabe que tienen la facultad de atravesar la testa (Bunting, 1931). Dade ha demostrado que en el extremo micropilar del grano (es decir, en el extremo que contiene el germen) hay siempre mohos, y Bunting (1931) describe, como primera fase de la germinación, la eliminación de un pequeño disco circular de cáscara, que deja un orificio por el cual se desarrolla el germen. Por este mismo orificio pueden penetrar los filamentos de mohos externos. *Aspergillus fumigatus* es un moho resistente al calor que atraviesa el extremo micropilar del grano y, si la desecación es lenta, este moho prolifera y pueden entrar otros hongos (Laycock 1930). Podría mencionarse que sobre la testa se pueden desarrollar levaduras cuando la desecación es lenta, produciendo unas manchas blancas, [pero que esto no rebaja la calidad (Roelofsen, 1961).

Los granos mohosos no proceden necesariamente de mazorcas infestadas por hongos parásitos del árbol y, aunque la infección puede ocurrir

durante la fermentación, la germinación activa y el desarrollo de los mohos aparecen en la fase de desecación. Las exigencias de temperatura y humedad de los mohos varían. *Aspergillus glaucus* necesita una humedad relativamente baja, muy poco superior a la del cacao seco comercial. Por esto es importante que el cacao se seque adecuadamente antes de almacenarlo. Existen dos medios posibles de combatir los mohos (Bunting, 1931): (a) la destrucción de las esporas; (b) la prevención de la germinación de las esporas.

Debe aceptarse que el cacao está por lo regular muy infectado de esporas y que éstas se pueden destruir por tratamiento térmico o químico. No obstante, es más fácil prevenir la germinación de las esporas restringiendo el agua de que éstas puedan disponer, siendo éste el método más eficaz para combatirlas, puesto que la destrucción de las esporas no excluye la posibilidad de reinfección. Para obtener cacao sin mohos, aquél deberá secarse con relativa rapidez hasta que contenga una humedad inferior a la mínima requerida para la germinación de las esporas, siendo el valor crítico 8 por ciento. Si la desecación es lenta, es inevitable el desarrollo interno de mohos y, por esta razón, el cacao secado artificialmente debe resistir mejor los ataques de los hongos que el secado al sol. Por ello hay que subrayar la importancia de la velocidad de la desecación. Investigaciones recientes muestran que el cacao fermentado puede secarse artificialmente en tan sólo 10 horas, dando un producto de buena calidad. Anteriormente se han presentado datos relativos a la velocidad de la desecación artificial (véase Figura 74). En la Figura 90 se presenta ahora la velocidad de la pérdida de humedad en el cacao fresco a diferentes humedades atmosféricas. Incluso a la temperatura ambiente se produce una rápida pérdida inicial de humedad en los granos y es únicamente en las últimas fases de la desecación cuando la velocidad de la pérdida de humedad se hace más lenta. Probablemente es en esta fase en que la velocidad de la pérdida de humedad es baja, cuando es máximo el peligro de que se desarrollen mohos.

El cacao seco es extremadamente higroscópico y uno de los peligros que presenta el almacenamiento en los trópicos es la reabsorción de la humedad atmosférica por el grano, que ocasiona en éste una humedad superior al valor mínimo para el desarrollo de los mohos. Entre el cacao y la atmósfera que lo circunda se establece un equilibrio. En las Figuras 91 y 92 se reproducen los resultados obtenidos por Scott (1928) en un estudio de este fenómeno. La humedad relativa máxima para lograr un almacenamiento seguro es, según Scott, 82 por ciento, no siendo infrecuentes

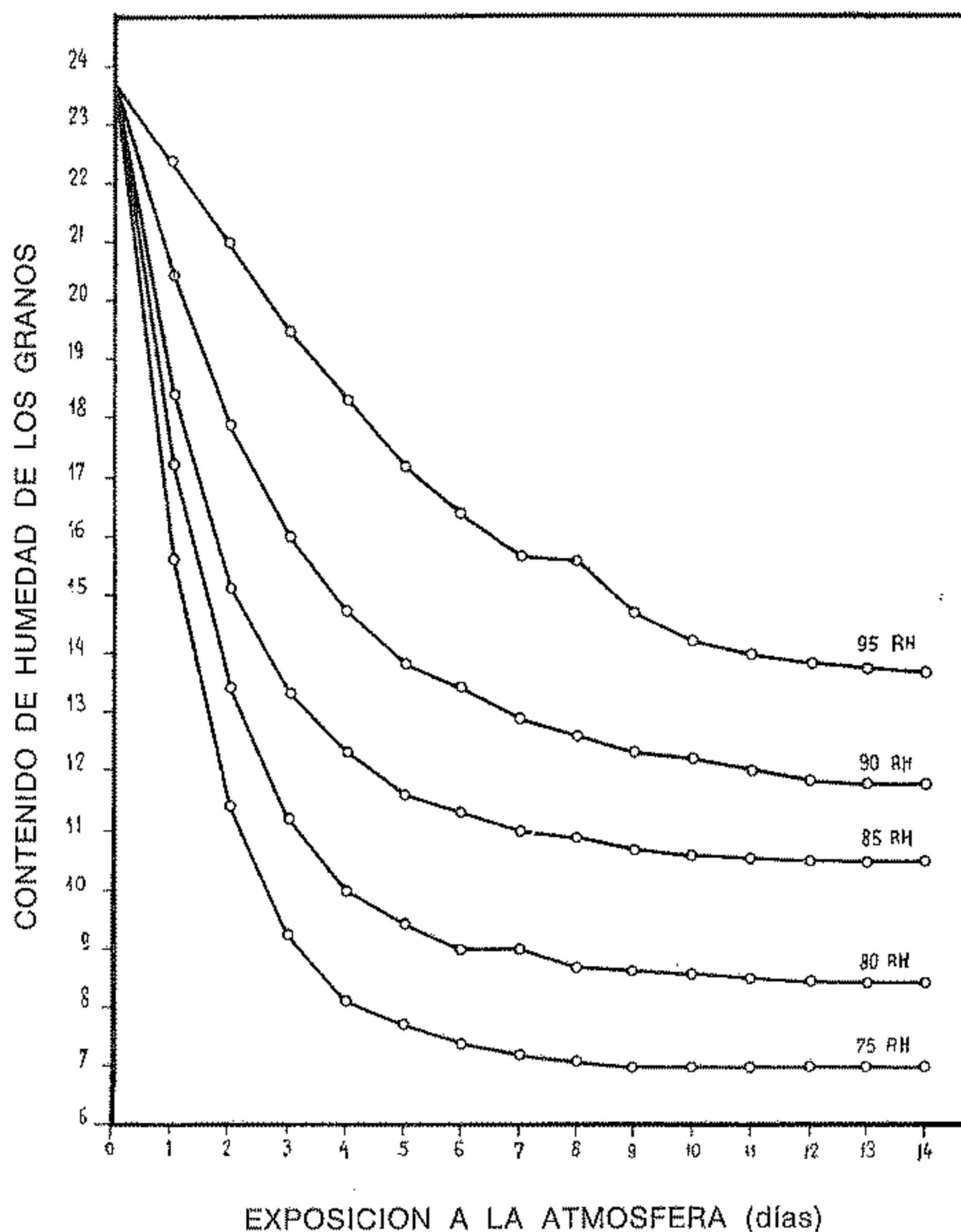


FIGURA 90. Velocidad de pérdida de la humedad en el cacao fresco a diferentes humedades atmosféricas.

los valores más altos en los países productores. Apenas es necesario decir que en caso que haya que humedecer el cacao seco, éste habrá de secarse de nuevo imprescindiblemente tan pronto como sea posible para impedir la germinación de las esporas.

Theimer, recientemente (1958), ha investigado los problemas relacionados con el almacenamiento del cacao y especialmente el desarrollo de los mohos y la absorción de la humedad. Este autor halló que los granos secos contienen normalmente no menos de 5 por ciento de humedad en los cotiledones y 12 por ciento en la cáscara. Esto da un valor promedio

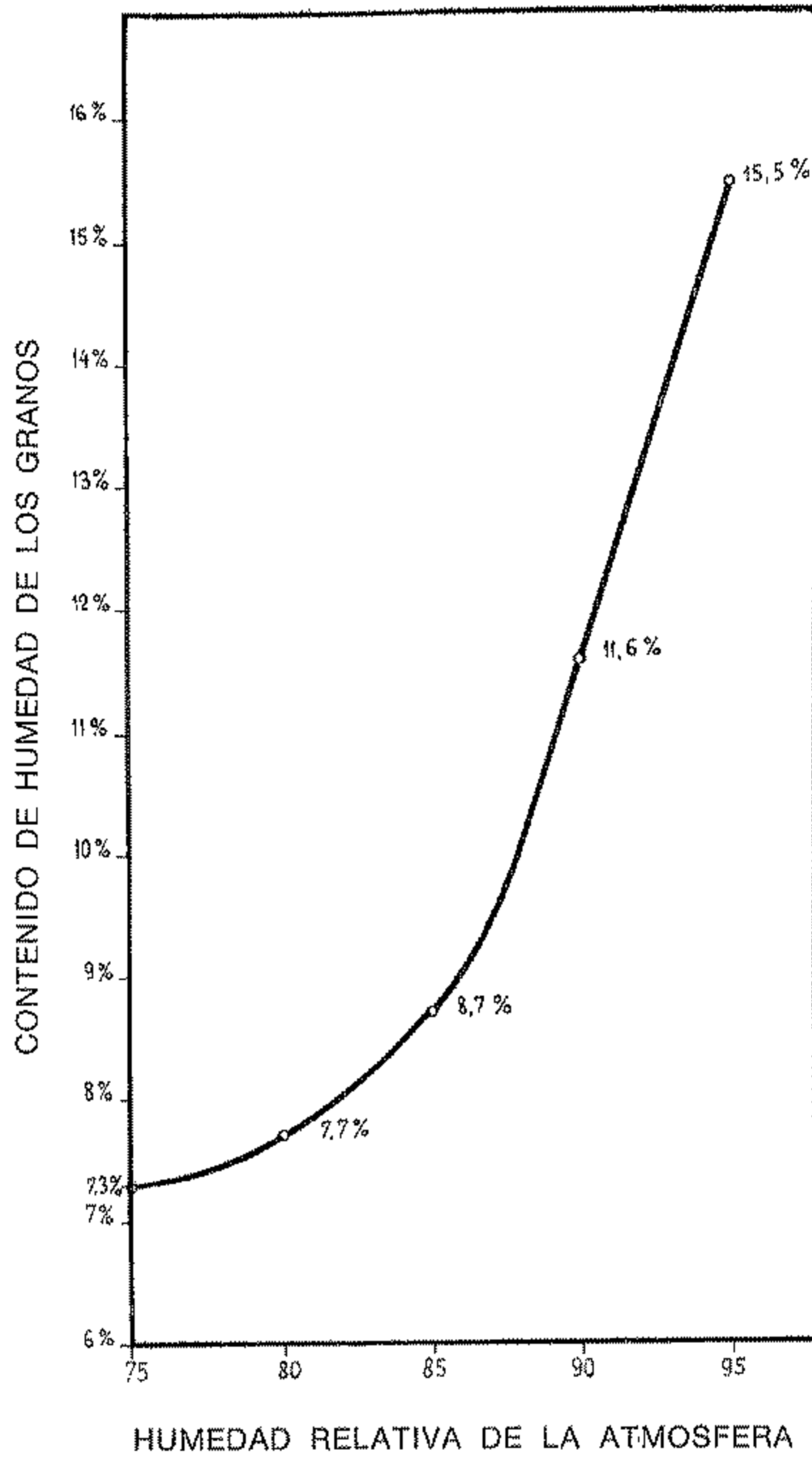


FIGURA 91. Curvas de equilibrio entre la humedad del cacao y la humedad relativa del aire.

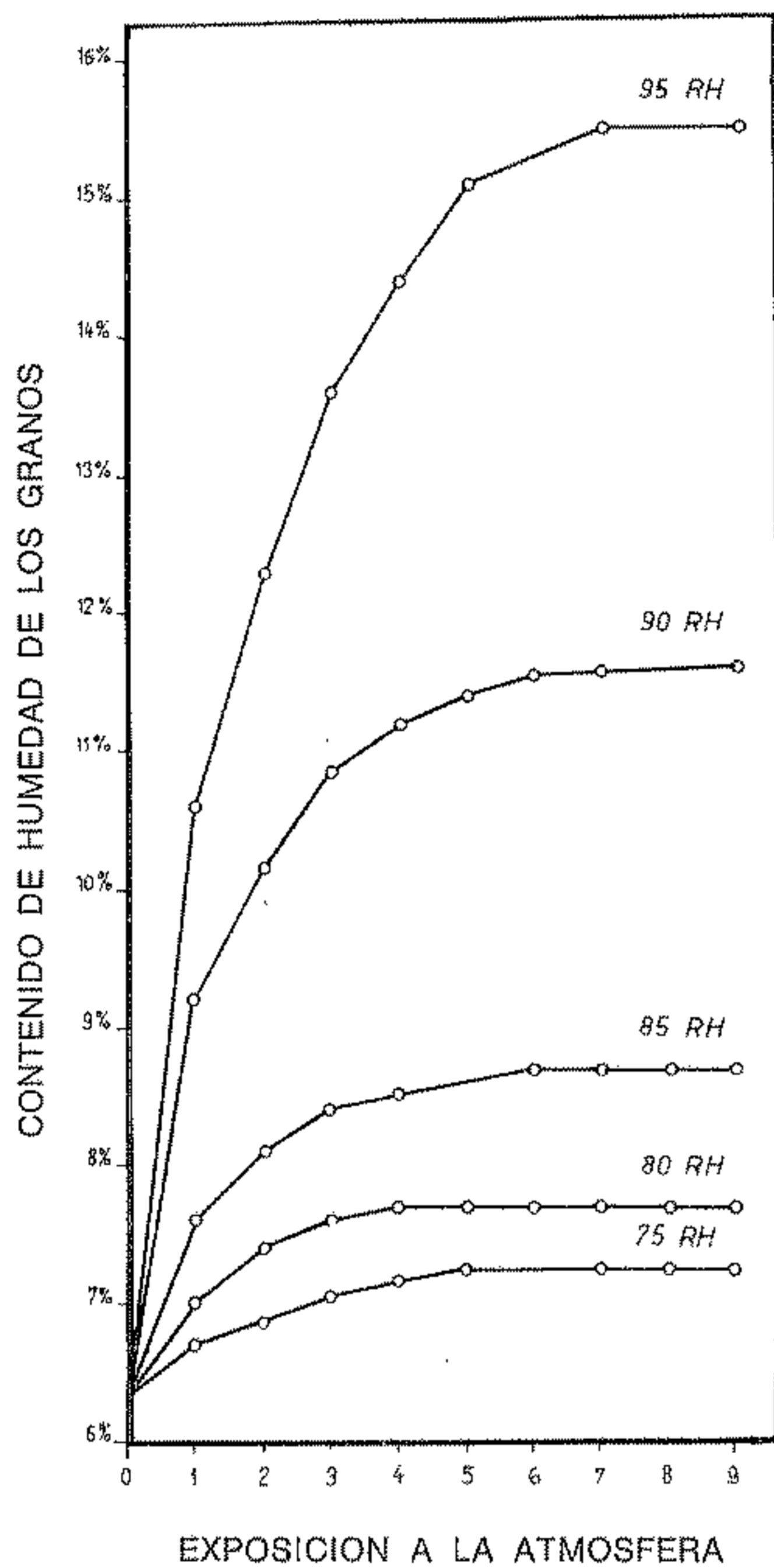


FIGURA 92. Curvas de la absorción de la humedad por el cacao seco.

para todo el grano de 6 a 7 por ciento. Confirmó también que la humedad crítica para el desarrollo de los mohos es 8 por ciento, e indicó que la germinación de las esporas comienza cuando el cacao está en equilibrio con una atmósfera de 75 por ciento de humedad relativa y temperatura superior a 10°C. La temperatura óptima para el desarrollo de los mohos resultó ser 27°C.

Kaden (1954), refiriéndose al daño experimentado por el cacao bruto en el almacenamiento y durante el transporte, afirmaba que, en general, cuando el cacao llega a los puertos de arribo con una humedad superior a 7 por ciento está mohoso. También demostró que las condiciones de almacenamiento en los países consumidores no son de las que favorecen la germinación de las esporas y recomendó la inspección de la humedad tanto en los puertos de partida como en los de llegada. El mismo autor (1954) observó una humedad excesivamente elevada en el cacao de Costa de Marfil y vio que ocho días de almacenamiento en Abidjan bastan para que la humedad aumente desde 5-5,5 por ciento a 7-9 por ciento. Como solución práctica, propuso la construcción de instalaciones especiales de acondicionamiento para secar el cacao antes de su embarque. Este sistema exigiría un rápido transporte desde el interior a la costa para impedir el desarrollo de los mohos. Kaden observó humedades comprendidas entre 7 y 14 por ciento en cacao almacenado tierra adentro en tinglados.

Ataque de los insectos

Las condiciones climáticas reinantes en los países productores de cacao son ideales para el desarrollo de los insectos que atacan el grano de cacao, siendo difícil combatir esta infestación en los almacenes importantes donde hay grandes cantidades de cacao en sacos (Rawnsley, 1959a).

Se conocen cuatro especies importantes de insectos que, en los trópicos, atacan el cacao almacenado. Los párrafos descriptivos que siguen se han redactado tomando como base la información proporcionada por el Dr. D.W. Hall (Pest Infestation Laboratory, Department of Scientific and Industrial Research) y el Dr. J.A. Freeman (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Infestation Control Laboratory) del Reino Unido.

Cadra (Ephestia) cautella, POLILLA TROPICAL DE LOS ALMACENES

Se cría en muchos artículos y puede completar su ciclo vital en una atmósfera cuya humedad relativa (RH) esté comprendida entre 20 por ciento y 85 por ciento y cuya temperatura lo esté entre 17,5°C y 37,5°C (Pest Infestation Research, 1959). El ciclo es superior a 105 días a las temperaturas más bajas, y puede ser inferior a 30 días a la temperatura óptima de 32,5°C y RH óptima de 70 por ciento. Rawnsley (1960b) ha hallado un ciclo vital de unas ocho semanas en los almacenes de cacao en Ghana. Este insecto puede continuar medrando cuando el cacao se almacena en países de clima bastante cálido, como, por ejemplo los de tipo mediterráneo, pero persiste difícilmente en los almacenes sin calefacción de los países de clima templado, donde puede sobrevivir en el centro de las pilas de sacos de cacao. Frecuentemente se le confunde (por ejemplo, Passmore, 1932), por su aspecto exterior solamente, con *Ephestia elutella*, polilla de los almacenes (anteriormente denominada polilla del cacao), que únicamente se halla en las factorías y los almacenes de los países de clima templado, viviendo en los sacos exteriores de los montones de sacos de cacao (Cranham, 1960). *E. elutella* no se ha importado jamás de los trópicos con el cacao en grano. No obstante, es el insecto que más comunmente se halla en el chocolate existente en el comercio al por menor en los países de clima templado, y parece ser que el ataque ocurre generalmente después de que los géneros se sacan de las factorías, en donde *Cadra cautella* es el insecto que casi exclusivamente se encuentra.

Lasioderma serricorne, GORGOJO DEL TABACO

Completa su ciclo vital nada más que a humedades relativas superiores a 25 por ciento y a temperaturas comprendidas entre 37,5°C y 18°C; a 33°C y 70 por ciento de humedad relativa le bastan menos de 25 días para completar dicho ciclo (Howe, 1957). Este mismo autor ha estimado que en las principales regiones del mundo productoras de cacao este insecto puede producir tres o cuatro generaciones al año en el cacao, que es un alimento relativamente malo para este insecto. En Nigeria, Riley (1957) observó que el ciclo biológico de este insecto duraba diez semanas, desde enero a marzo, y calculó que el ritmo de incremento es de unos 36.000 en tres generaciones, por lo que consideró que el período más largo de almacenamiento seguro oscila entre 20 y 25 semanas, esto

es, 2 a 2,5 ciclos de desarrollo. La larva de este insecto es bastante resistente al frío (Solomon y Adamson, 1955) y las poblaciones introducidas en los almacenes sin calefacción del Reino Unido pueden sobrevivir durante algún tiempo, pero no se reproducen. Lo mismo que sucede con *Cadra cautella*, las larvas de *Lasioderma serricorne* pueden seguir desarrollándose en el centro de las pilas de sacos de cacao.

Araecerus fasciculatus, GORGOJO DEL GRANO DEL CAFÉ

Este insecto no puede desarrollarse en el cacao en equilibrio con una atmósfera de menos de 80 por ciento de humedad relativa (7,7 por ciento de humedad del cacao) (El Sayed, 1935). Según Cotterell (1934) *Araecerus* tarda unos 77 días en completar su ciclo vital en el cacao cuya humedad es superior a 10 por ciento. El mismo autor (Cotterell, 1952) afirmaba que esta especie es cada vez menos frecuente en el cacao debido al mejoramiento de las condiciones de la desecación.

Tribolium castaneum, GORGOJO CASTAÑO DE LA HARINA

Este gorgojo es muy común en los trópicos, pero no se desarrolla rápidamente en el cacao en grano y en la fase larval sufre una gran mortandad sobre este producto. Los individuos adultos son necrófagos; se alimentan de otros insectos y de mohos, y poseen un largo ciclo biológico, lo que permite la acumulación de esta fase de la especie en el grano de cacao almacenado. Este insecto vive a temperaturas comprendidas entre 21°C y 41°C y tolera muy bien las humedades bajas. A la temperatura inferior (disponiendo de abundante alimento) tarda más de 100 días en completar su ciclo vital, pero tarda menos de 20 días a 37°C y 75 por ciento de RH. En Gran Bretaña muere bastante prontamente en los almacenes donde no hay calefacción.

Otros insectos de menos importancia que a veces atacan el cacao son *Ahasverus advena*, gorgojo de los cereales; *Necrobia rufipes*, gorgojo de la copra, que puede presentarse en el cacao procedente de puertos en que se embarque también copra y almendra de palma, y *Corcyra cephalonica*, la polilla del arroz, que puede hallarse en el cacao que lleva largo tiempo almacenado.

La comparación de un estudio de la infestación del grano de cacao de Africa occidental llegado a Gran Bretaña durante el período 1942 a 1953 hecho por Howe y Freeman (1955) con un análisis semejante

efectuado para 1961 (Freeman, resultados inéditos) muestra una reducción considerable en el número de insectos de todas las especies (Cuadro 28).

CUADRO 28. - PORCENTAJE DE LOS CARGAMENTOS DE CACAO EN GRANO PROCEDENTES DE AFRICA OCCIDENTAL INFESTADOS CON ESPECIES COMUNES DE INSECTOS A SU LLEGADA A LOS PUERTOS BRITÁNICOS

Especie	1942-53	1961
<i>Cadra cautella</i>	93	79
<i>Tribolium castaneum</i>	65	37
<i>Lasioderma serricorne</i>	59	37
<i>Necrobia rufipes</i>	48	10
<i>Ahasverus advena</i>	31	12
<i>Corcyra cephalonica</i>	13	2
<i>Dermestes ater</i>	7	3
<i>Araecerus fasciculatus</i>	42	6
<i>Tenebroides mauritanicus</i>	22	6

Un estudio semejante efectuado por la Food and Drug Administration de los Estados Unidos (Bassen, 1961) en 1959 y 1960, sobre muestras de cacao en grano de cargamentos de todas las procedencias, puso de manifiesto que *Ahasverus advena* era el insecto más abundante, pero que *Cadra cautella* y *Lasioderma serricorne* se hallaban también frecuentemente.

Medidas para combatir los insectos

La eficacia de la lucha contra la infestación por los insectos y especialmente la prevención del ataque de los mismos dependen tanto del establecimiento de una organización adecuada de lucha como de los métodos que se empleen. El sistema de almacenamiento y el de transporte deberán ser de naturaleza tal que faciliten la supresión de los insectos y de los roedores.

Únicamente se utilizarán insecticidas y fumigantes de los que esté demostrado que no contaminan el grano de cacao ni dejan ningún residuo perjudicial en él.

El sistema empleado en Ghana (Rawnsley, 1959b, 1960a, 1960b) consiste en blanquear las paredes de los almacenes con una cal que lleve

insecticidas residuales, y nebulizar por la noche los cobertizos desde fuera, en los centros principales, mediante máquinas termonebulizadoras portátiles. El insecticida que se usa es una mezcla de butóxido de piperonilo y piretrinas en kerosene inodoro, que no mancha los sacos ni los granos de cacao. Este insecticida mata los *Lasioderma* o *Araecerus* expuestos y los adultos de la polilla *Cadra cautella* que dejan las pilas de sacos para volar, aparearse y poner huevos; esto ocurre principalmente de noche y por ello es necesaria la nebulización nocturna. La niebla no penetra mucho en los rimeros de sacos (donde la polilla puede aparearse y poner huevos) ni en el interior de los sacos (donde los gorgojos pueden aparearse y poner huevos).

El cacao que necesita ser fumigado se trata en los puertos bajo lonas impermeables o en los lanchones. La dosis tipo para el tratamiento en los almacenes es 24 g. de bromuro de metilo por metro cúbico en 24 horas; el gas se expulsa después mediante un ventilador potente. En los lanchones, donde es necesario que el tratamiento sea rápido, la dosis es 32 g./m³ en 4 horas. En Nigeria, pilas de sacos de hasta 1.000 toneladas cada una se tratan bajo lonas impermeables a los gases a razón de 24 g./m³ en 24 horas, después de lo cual las lonas se apartan y el rimero de sacos se ventila durante 12 horas.

En Gran Bretaña, es costumbre emplear 16 g. por metro cúbico en 24 horas y 20 g. en las fumigaciones en los lanchones.

Siempre que el cacao de un montón tenga menos de 8 por ciento de humedad, este cacao, una vez fumigado, podrá dejarse envuelto en la lona de fumigación hasta el momento de expedirlo. De este modo se impide la reinfestación, especialmente si el suelo que circunda el montón se espolvorea con insecticida (Rawnsley, 1961a, 1961b).

Otros varios métodos de fumigación se describen en la publicación de la FAO, *Manual de fumigación contra insectos* (Monro, 1962).

Los almacenes deberán estar contruidos de modo que las grietas en que puedan esconderse los insectos sean eliminables. Para impedir la penetración de la humedad y la consiguiente creación de condiciones más favorables para el desarrollo de los insectos, habrá que regular la ventilación para permitir la libre circulación del aire cuando el tiempo esté seco y el aislamiento del almacén cuando el tiempo esté húmedo (Powell y Wood, 1959). Se puede conseguir una cierta protección tanto contra la humedad como contra los insectos forrando con politeno los sacos de yute (Powell y Wood, 1959). Cuando el forro no esté cerrado térmicamente, la entrada de los insectos por los orificios hechos en el

forro por las puntadas deberá reducirse al mínimo mediante el empleo de una cinta adhesiva impregnada con piretrinas. Esta cinta se aplica sobre las costuras. El cacao que se introduzca en estos sacos deberá estar libre de insectos pues los fumigantes difícilmente atraviesan los forros de políteno.

Se tendrá gran cuidado en evitar la infestación por los insectos en los barcos, inspeccionando y desinsectando las bodegas antes de la carga (Monro, 1951) y separando el cacao de otros productos infestados como cacahuete, almendra de palma, copra, arroz y salvado de arroz.

La protección contra el ataque de *Ephestia elutella* y *Plodia interpunctella* (palomilla bandeada del trigo) en los países de clima templado, cuando el cacao se almacena en depósitos que se sabe están invadidos por estos insectos, se puede lograr aplicando una película protectora de insecticida a base de piretrinas con un pulverizador atomizador portátil. La mezcla normal empleada para esta pulverización consta de 0,3 por ciento de piretrinas y 3,0 por ciento de butóxido de piperonilo en un aceite mineral refinado técnico, y se aplica mensualmente, a razón de 10 l. por 1.000 m² de superficie (Pest Infestation Research, 1958, 1959). El blanqueo de las paredes con una cal que contenga lindano es también muy eficaz para matar las polillas que surjan (Armstrong y Hill, 1959; Armstrong, 1961). La lucha contra los insectos en los edificios de las fábricas y en la maquinaria de las mismas es fundamentalmente una cuestión a que hay que atender al construir unos y otra, teniendo presente la finalidad de impedir que los insectos se acumulen y de facilitar la limpieza (British Food Manufacturing Industries Research Association [BFMIRA]). Cuando tales métodos no den buen resultado, los edificios y las máquinas podrán fumigarse o someterse a calor artificial para que la temperatura llegue a 60°C.

Morgan (1932) ha descrito el empleo satisfactorio del óxido de etileno, mezclado con anhídrido carbónico para reducir el peligro de incendio, para destruir las plagas de insectos en los alimentos.

De las tres fases del ciclo biológico de la polilla del cacao (*Ephestia elutella*), la de huevo es la más difícil de destruir por el calor y todo tratamiento que destruye los huevos mata también las larvas y la polilla adulta. Noyes y Campbell (1933) observaron que 25 minutos a 50°C, o 10 minutos a 59°C, bastan para matar los huevos cuando éstos se ponen en contacto directo con la fuente de calor. Cuando los huevos están en el interior de los granos se necesitan temperaturas más elevadas para destruirlos. Por ello es evidente que una vez que el cacao está infestado

es difícil destruir los insectos contaminadores. Cuanto menos tiempo se almacene el cacao en los países tropicales, mejor, siendo necesario un gran cuidado para conseguir el transporte al abrigo del ataque de insectos. La temperatura de los almacenes deberá mantenerse lo más elevada posible para que la humedad sea mínima. Esto se podrá lograr en cierta medida mediante el empleo de tejados bajos de hierro (Roelofsen 1958).

Variación del número de granos púrpura con el almacenamiento

Un aspecto muy interesante del almacenamiento, descrito por MacLean y Wickens (1953), es la reducción del porcentaje de granos púrpura. Estos autores han observado una reducción del 80 al 20 por ciento al cabo de 36 semanas de almacenamiento. Wickens (1954) investigó este fenómeno más detenidamente; sus resultados se reproducen en el Cuadro 29. Estos experimentos se hicieron con cacao seco desde el punto de vista del comercio.

A requerimiento de Wickens esta experiencia fue repetida por Rohan (1958a) quien llegó a la conclusión de que las ligeras variaciones que observó estaban dentro de los límites de los errores de muestreo experimental. Antes de poder aclarar definitivamente este efecto será necesario aplicar un método químico o físico a la determinación del pigmento residual presente en los granos.

CUADRO 29. - VARIACIÓN DEL NÚMERO DE GRANOS PÚRPURA CON EL ALMACENAMIENTO

Mes de la recolección	Muestra número	Porcentaje de granos púrpura al cabo de un almacenamiento de semanas:					
		8	16	24	32	40	48
Agosto	1	41	62	41	35	30	27
	2	59	60	51	42	35	31
Septiembre	1	70	71	59	49	41	39
	2	73	68	66	61	52	44
Octubre	1	51	70	49	39	32	29
	2	55	58	49	41	38	33
Noviembre	1	53	23	22	21	19	18
	2	66	48	39	39	33	30
Diciembre	1	61	47	38	30	28	25
	2	57	53	41	37	31	30
Promedio		59	56	46	40	34	31

6. SELECCION Y CLASIFICACION

Se define aquí la clasificación como la división de una partida de cacao en distintos lotes, de conformidad con una escala de calidad basada sobre el examen de los defectos de los granos. Cada país fija límites diferentes al tanto por ciento permitido de defectos y el cacao se clasifica generalmente según la cantidad de ellos que tenga.

Por selección se entiende la eliminación de las materias extrañas y de los granos de tamaño pequeño. Esta operación se ejecuta muy fácilmente sobre las barbacoas de desecación en las plantaciones pequeñas, pero en las grandes se necesitan aparatos especiales. En Trinidad, por ejemplo, se utiliza un dispositivo mecánico para seleccionar el cacao (Comisión del Caribe, 1957). El cacao seco se pasa por una clasificadora consistente en unas placas cilíndricas divididas en cuatro compartimientos, cada uno de ellos con perforaciones de forma y tamaño diferentes. En el primer compartimiento se elimina el polvo, los trocitos de cáscara y otras impurezas. En el segundo, los granos delgados. En el tercero se separa el cacao de su segunda clase, constituyendo el resto el cacao de primera calidad. En Ceilán es costumbre eliminar los granos rotos y mal conformados y triturarlos. La cáscara se separa y el residuo se vende. Las Figuras 93 y 94 ilustran la clase de materias extrañas y detritos que se separan del cacao en las fábricas, y demuestran la necesidad de un mayor cuidado en la preparación de la materia prima en los trópicos.

Descripción de los defectos del cacao fermentado y secado

MOHOS

Estos se aprecian en cantidades pequeñísimas en el chocolate y por ello deben estar ausentes en el producto bruto. Se descubren con facilidad y su identificación no debe presentar problema alguno para el inspector. Solamente hay dos o tres especies capaces de atravesar las cáscaras intactas, siendo el punto de entrada la radícula. Los granos germinados,

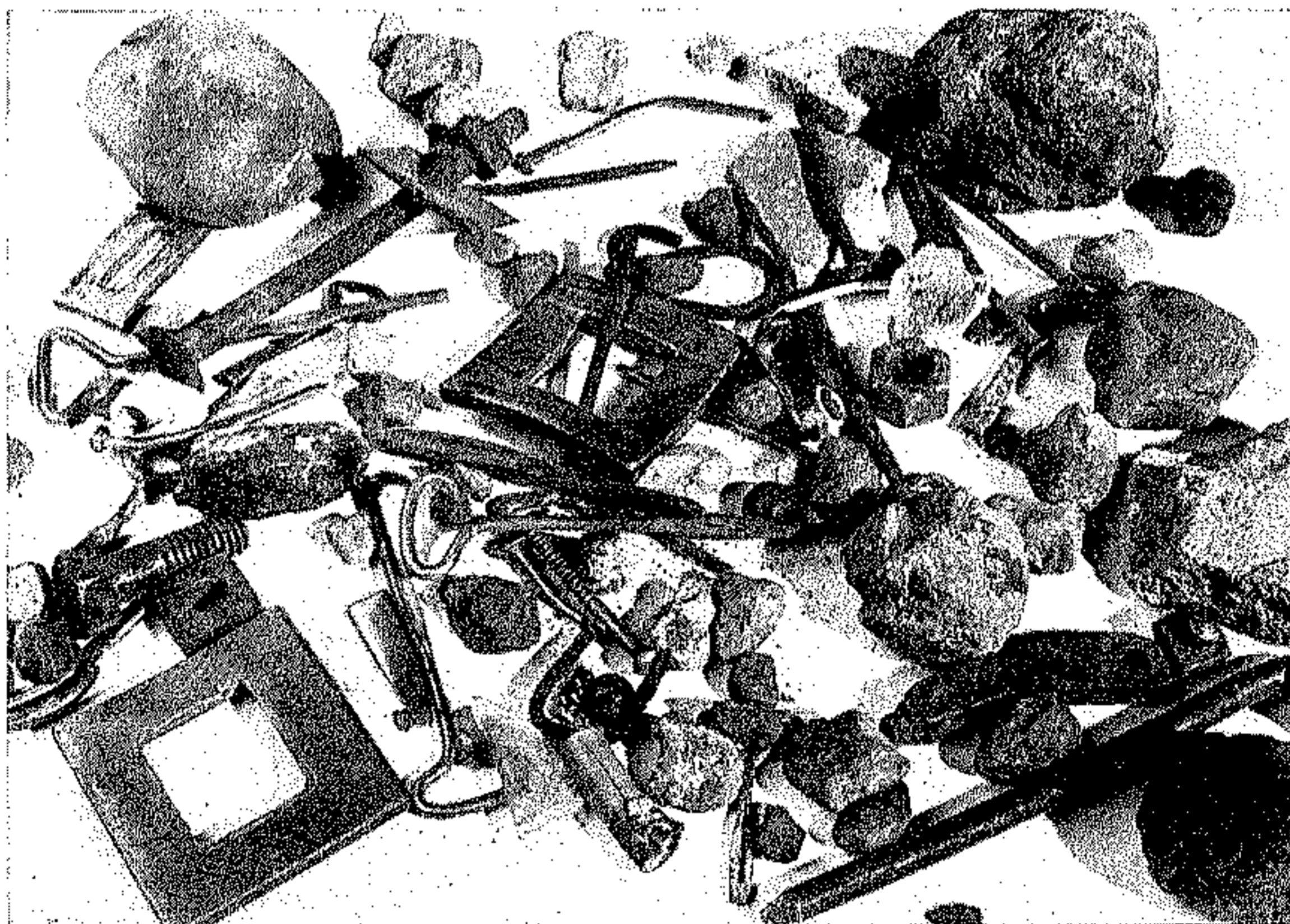


FIGURA 93. Materias extrañas halladas en los sacos de cacao a su llegada a los países consumidores.
(Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)



FIGURA 94. Detritos hallados en los sacos de cacao a su llegada a los países consumidores.
(Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)

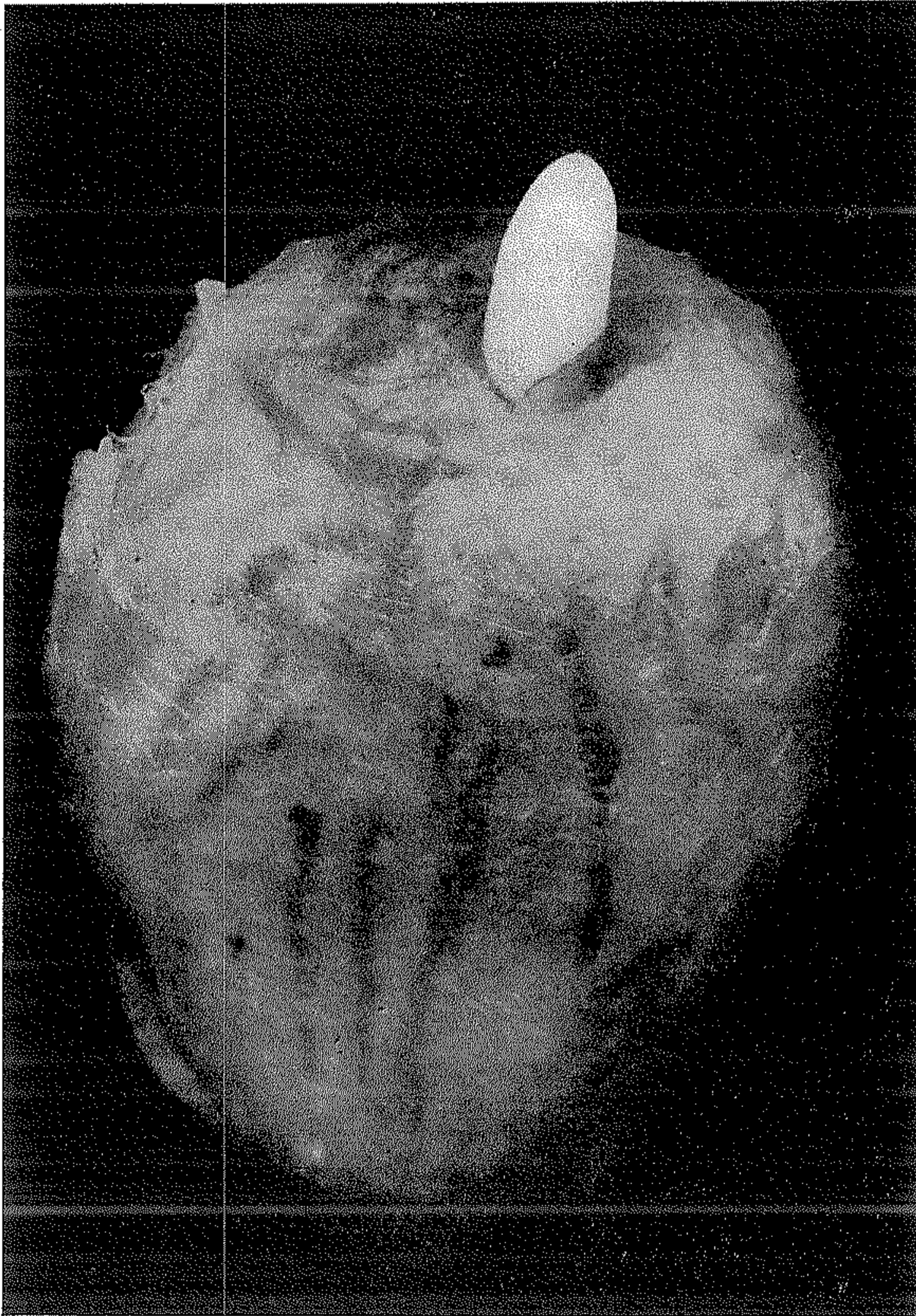


FIGURA 95. Radícula atravesando la testa de un grano en germinación.
(Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)

los rotos y los cortados al abrir las mazorcas con machetes son especialmente sensibles al ataque de los mohos.

GRANOS GERMINADOS

La penetración de la testa por la radícula puede ocurrir durante la fermentación si los granos no mueren con bastante prontitud (Figura 95), y después de la desecación la radícula puede desprenderse dejando un orificio en el grano (Figura 96). Estos granos son más sensibles al ataque de los mohos y los insectos, y Knapp y Booth (1914) hallaron que los granos germinados daban un producto de calidad inferior, con olor a hierba y sabor astringente. Es posible que este cacao estuviese también sin fermentar. Una germinación excesiva durante la fermentación indica temperaturas bajas, desecación prematura y falta de difusión en las células pigmentarias. Por desgracia no se ha publicado nada desde 1914

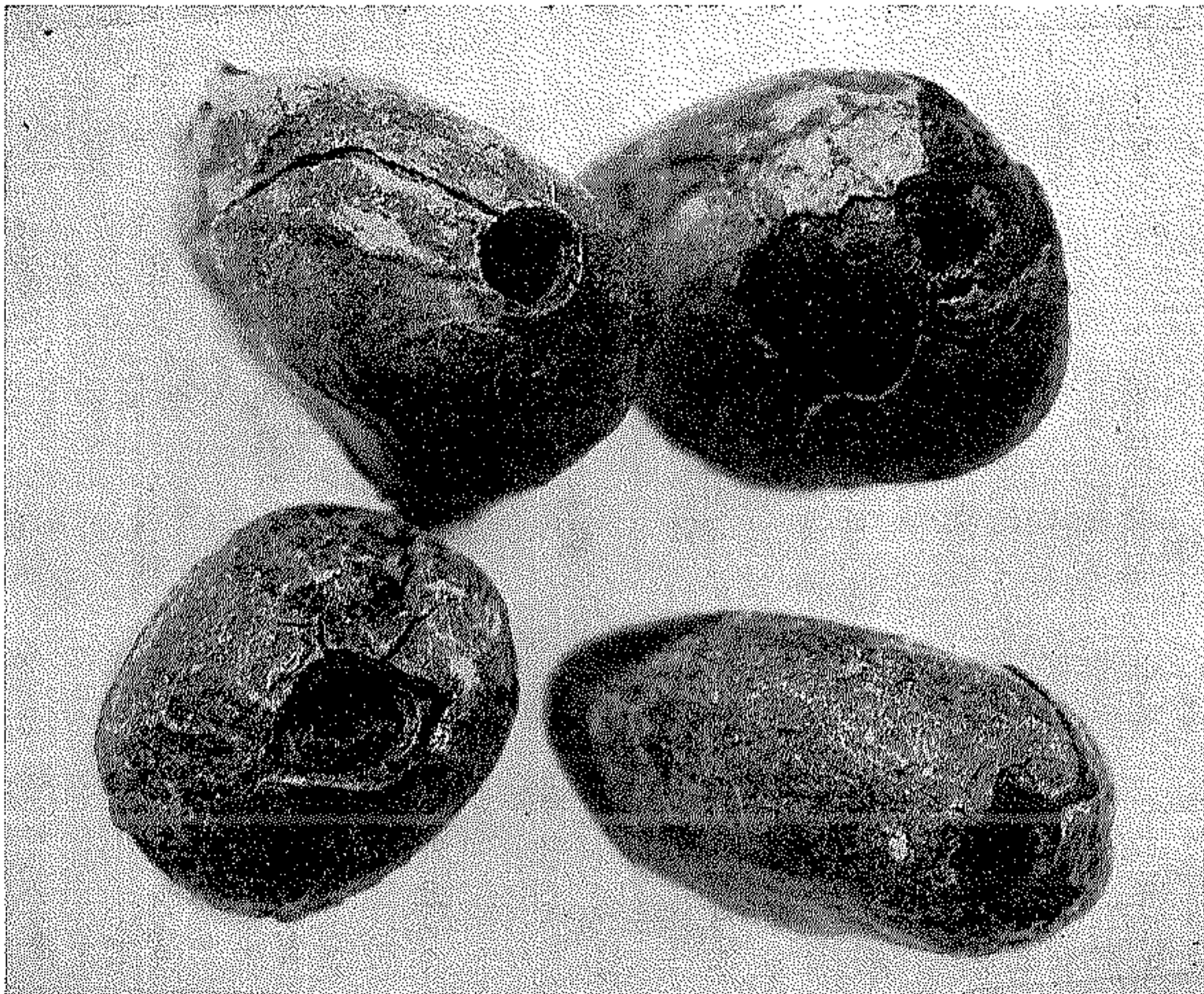


FIGURA 96. Orificio que deja la radícula en los granos secos y germinados al secarse y desprenderse. (Foto facilitada por Nestlé Co. Ltd.)

acerca de las características de sabor de los granos germinados, cosa que es más de sentir especialmente en vista de la opinión mantenida por algunos de que un período de germinación incipiente es esencial antes de la fermentación. Roesch y col. (1961) han publicado recientemente los resultados de una cuidadosísima investigación de los cambios químicos y bioquímicos que ocurren durante la germinación del grano de cacao. Estos investigadores llegaron a la conclusión de que los granos germinados deben ser rechazados en el comercio, entre otras razones a causa de su bajo contenido de constituyentes importantes del cacao, y especialmente de grasas y de proteínas.

INFESTACIÓN POR LOS INSECTOS

Los granos que han sido atacados por los insectos pasan a veces desapercibidos al ser examinados, especialmente aquellos que sólo presentan un orificio pequeño en la cáscara. Sin embargo, normalmente se los



FIGURA 97. Granos infestados por los insectos.

(Foto facilitada por la Nestlé Co. Ltd.)

identifica por los excrementos adheridos a la cáscara (Figura 97), aunque esto no indica necesariamente que haya habido penetración. Las plagas principales son *Cadra cautella* (polilla tropical de los almacenes), *Lasioderma serricorne* (gorgojo del tabaco) y *Araecerus fasciculatus* (gorgojo del grano del café). La polilla es incapaz de atravesar la testa de los granos intactos enteros, pero en una partida de cacao en grano es raro encontrar granos cuya testa no haya sufrido daño en la desecación, la selección o la clasificación. Además, cuando los gorgojos mencionados están presentes, sus ataques a los granos abren el camino para el ataque de la polilla. Entre las plagas secundarias del grano de cacao figuran varios gorgojos que se sabe que se alimentan de polvo, esporas secas de hongos, etc., como son: *Ahasverus advena* (gorgojo de los cereales), *Cryptolestes ferrugineus* (gorgojo castaño de los cereales) y *Leptophloeus janeti*.

La determinación de la infestación por los insectos en los sacos de cacao en grano únicamente se puede conseguir cribando todo el contenido de los sacos y efectuando una prueba del corte en una muestra representativa de este contenido.

No hay pruebas de efecto alguno sobre la calidad, pero puede que se produzca una pérdida considerable de materia prima si se permite que los insectos se alimenten durante algún tiempo con cacao almacenado.

GRANOS PIZARROSOS

Es ésta, por desgracia, una expresión interpretada de muy diversos modos y que exige una definición precisa. Son granos pizarrosos los que se han deshidratado antes de la muerte de los cotiledones, por lo que las células pigmentarias están intactas. Cuando están completamente secos, estos granos tienen un color de pizarra y toda señal de color púrpura es indicio de que al menos parte de los cotiledones han muerto; si los granos blancos se tratan de esta manera no se vuelven pizarrosos sino que toman un tono « blanco sucio » (Roelofsen, 1961). Cuando surjan dudas, los granos pizarrosos se podrán identificar examinándolos con un microscopio de pocos aumentos mediante el cual se pueden apreciar fácilmente las células rojas características entre las células de tejido incoloro. La objeción principal a la presencia de los granos pizarrosos en el cacao fermentado es que estos granos no desarrollan el sabor y el aroma típicos del chocolate cuando se les tuesta y que comunican un sabor astringente y amargo a dicho producto.

Método de valoración visual del cacao fermentado (prueba del corte)

Es completamente imposible juzgar con certeza las características de sabor de un cacao por el examen visual de los cotiledones. Sin embargo, existen ciertas reglas fundamentales que permiten reconocer las propiedades que originan un producto final de mala calidad. El método universal de efectuar este ensayo consiste en cortar varios granos y ver los defectos que pueda haber en el interior de los cotiledones. De este modo se pueden identificar fácilmente los granos mohosos, los infestados por los insectos y los pizarrosos (sin fermentar), y aunque se puede presumir, con alguna seguridad, que el cacao que tiene estos defectos es de mala calidad, no se puede suponer que el que no los tiene es de buena calidad. Por esto, la prueba del corte es una prueba negativa que, sin embargo, es bastante objetiva cuando se la utiliza para apreciar los defectos indicados.

Normas para la clasificación del cacao

Cada país, como es natural, tiene sus propias normas, pero en todas se omite el examen organoléptico por la dificultad que presenta la preparación de muestras para este examen. La clasificación se limita, pues, a fijar ciertos límites para los defectos. Como ejemplo de la reglamentación actual se puede citar la establecida en Ghana y en Nigeria.

Ghana

Clase 1	No más de 5 por ciento de granos pizarrosos; no más de 5 por ciento de granos defectuosos.
Clase 2	No más de 10 por ciento de granos pizarrosos; no más de 10 por ciento de granos defectuosos.
Clase 3	Pizarrosidad ilimitada; no más de 15 por ciento de granos defectuosos.
Clase inferior	Pizarrosidad ilimitada y más de 15 por ciento de granos defectuosos.

El Reglamento de clasificación del antiguo Gobierno de Costa de Oro reconocía cinco categorías de defectos:

1. mohos;
2. germinación;

3. pizarrosidad;
4. infestación por gorgojos;
5. otros defectos: granos aplastados, restos de placenta, etc.

Nigeria

Clase 1	Menos de 5 por ciento de granos pizarrosos; menos de 5 por ciento de granos defectuosos.
Clase 2	Menos de 10 por ciento de granos pizarrosos; menos de 10 por ciento de granos defectuosos.
Clase 3	Menos de 20 por ciento de granos pizarrosos; menos de 10 por ciento de granos defectuosos.
Clase 4	Pizarrosidad ilimitada; menos de 10 por ciento de granos defectuosos.

Brasil

Recientemente se ha dado a conocer en este país un nuevo sistema de clasificación del cacao (Zucker- und Süßwarenwirtschaft [1959], 149) que admite cuatro categorías:

Clase 1: Superior

- 4 por ciento de defectos principales
- 37 por ciento de defectos secundarios, entre ellos:
 - 32 por ciento de granos violeta
 - 2 por ciento de cacao común
 - 3 por ciento de otros defectos
- 3 por ciento de granos partidos

Clase 2: BOM (bueno o mediano)

- 6 por ciento de defectos principales
- 50 por ciento de defectos secundarios, entre ellos:
 - 40 por ciento de granos violeta
 - 4 por ciento de cacao común
 - 6 por ciento de otros defectos
- 4 por ciento de granos partidos

Clase 3: Regular

- 8 por ciento de defectos principales
- 60 por ciento de defectos secundarios, entre ellos:
 - 45 por ciento de granos violeta
 - 8 por ciento de cacao común
 - 7 por ciento de otros defectos

5 por ciento de granos partidos más 2 por ciento de desperdicios

Clase 4: Inferior

15 por ciento de defectos principales

30 por ciento de defectos secundarios, entre ellos:

10 por ciento de granos violeta

10 por ciento de cacao común

10 por ciento de otros defectos

15 por ciento de granos partidos más 5 por ciento de desperdicios

Existen muchos otros sistemas de clasificación más o menos indicadores de calidad, pero no es sino muy recientemente cuando un método universal de clasificación ha sido propuesto por la Office international du cacao et du chocolat (1957). En el índice de granos de cacao, que se describe en dicho método, se asigna un total de 100 puntos al cacao que no tiene desperdicios ni defectos. Se hace una prueba del corte y los defectos se computan como sigue para reducirlos de la cifra de 100:

Desperdicios	1,5	puntos por 1 por ciento en peso
Granos pizarrosos	1,0	puntos por grano
Granos mohosos	2,0	puntos por grano
Granos apolillados	1,5	puntos por grano
Granos aplastados	0,25	puntos por cada grano que sobrepase el número permitido de 98 por 100 g.
Granos partidos	0,5	puntos por cada 1 por ciento que sobrepase el 5 por ciento
Granos violeta	0,0	puntos por 0 a 5 granos
	1,0	puntos por 6 a 10 granos
	2,0	puntos por 11 a 15 granos
	3,0	puntos por 16 a 20 granos, etc.

En este método de clasificación, si un grano tiene varios defectos, solamente se cuenta el que da un sustraendo máximo. Este sistema es admirable si se prescinde de la clasificación de los granos violeta que define de forma más bien imprecisa. Los resultados de investigaciones recientes sobre esta cuestión (Rohan 1957b) indican que estos granos deben clasificarse según la intensidad del color y que, mientras los granos con sección de color púrpura (violeta) pálido son deseables, los de sección de

color púrpura oscuro lo son menos, si bien hay pruebas de una cierta tolerancia para estos últimos.

Al valorar la calidad del cacao fermentado, hay que prestar cierta consideración al tamaño del grano y no debe olvidarse que si el grano no es de buen tamaño el fabricante no lo considera completamente bueno (J. Cadbury, 1931). Es creencia común que los granos pequeños tienen mucha cáscara y poco contenido de grasas. En los Cuadros 30 y 31 se presentan pruebas experimentales que confirman esto.

Al tomar las muestras es necesario tener cuidado, y una selección al azar seguida de «cuarteo» es preferible a la mezcla por sacudimiento

CUADRO 30. - RELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DE LOS GRANOS Y EL CONTENIDO DE CÁSCARA

Peso de los granos (gramos)	Peso de la cáscara (%)
0,5-0,7	13,8
0,8-0,9	13,1
0,9-1,0	12,0
1,0-1,1	11,7
1,1-1,2	10,8
1,2-1,3	11,1
1,3-1,4	10,9
1,4-1,5	10,0

CUADRO 31. - RELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DE LOS GRANOS Y EL CONTENIDO DE GRASAS

Peso medio de los granos		Contenido de grasas de los granos descascarados	
Grandes	Pequeños	Grandes	Pequeños
Gramos		Porcentaje	
1,35	0,70	54,3	52,1
1,35	0,80	54,7	53,0
1,15	0,47	53,6	46,5
1,20	0,56	53,3	48,3
1,30	0,65	57,2	51,1
1,20	0,75	58,7	53,2
1,10	0,72	52,3	50,5
1,35	0,65	52,2	50,9
1,40	0,85	52,3	49,2
1,3	0,68	54,3	50,5 promedios

que origina una «selección» del cacao en que los granos mayores se depositan en el fondo. Una muestra tomada de la parte de arriba no sería, pues, en tales condiciones, verdaderamente representativa (De Witt, 1953d). Este mismo autor ha delineado un método de valoración visual del cacao bruto muy semejante al ya descrito.

Recomendaciones de la FAO sobre la calidad y la clasificación

El texto que sigue, se reproduce del *Informe del Grupo de trabajo sobre clasificación del cacao*, del Grupo de estudio de la FAO sobre el cacao, de 9 de septiembre de 1961.

1. Al desarrollar los requisitos básicos de calidad, el Grupo de trabajo tuvo en consideración: (a) las respuestas recibidas por la FAO de los países consumidores en contestación al cuestionario del Grupo de estudio sobre el cacao, acerca de los requisitos de calidad que se exigían en aquéllos; y (b) las normas establecidas en los principales países exportadores de cacao.
2. Las siguientes características son las esenciales en los buenos granos de cacao:
 - a) El cacao deberá estar constituido por granos limpios, secos, llenos, bien fermentados y que sean razonablemente homogéneos de tamaño;
 - b) Al tostarlo, los granos deben desarrollar un buen olor uniforme a chocolate, característico de su zona de procedencia o marca;
 - c) Los granos mohosos, los pizarrosos y los totalmente violeta son los tipos de granos defectuosos más rechazables, debido a que sus efectos sobre la calidad del producto final son más graves que los de otros defectos.

3. PESO

Es conveniente que el peso medio del grano fermentado seco de la cosecha principal no sea inferior a un gramo. Los granos deberán tener un tamaño bastante uniforme y, como regla general, no más del 10 por ciento de los mismos deberán tener un peso superior o inferior en un tercio al peso medio.

4. CUTÍCULA

La cutícula deberá estar suelta y entera y, en lo posible, deberá estar limpia y libre de adherencias de pulpa seca, etc., que puedan estorbar la separación de la almendra del tegumento. Aunque habrá de ser lo bastante fuerte para resistir la rotura, su peso no deberá pasar del 12 por ciento del del grano.

5. CONTENIDO DE GRASA

El contenido de grasa deberá ser lo más elevado posible.

6. AROMAS EXTRAÑOS

Los granos deberán estar exentos de todo aroma extraño y en particular del sabor a humo y de otros aromas inconvenientes que pueden resultar del empleo de insecticidas. Si el uso de éstos es necesario, deberá tenerse cuidado en su elección y en la técnica de aplicación, para no incurrir en riesgos de contaminación.

7. CONTENIDO DE HUMEDAD

Los granos de cacao deberán estar bien secos y almacenarse en las debidas condiciones con objeto de evitar la producción de mohos. Generalmente, se acepta que con un contenido de humedad superior al 8 por ciento se produce el desarrollo de mohos; por tanto, es conveniente que el contenido de humedad sea lo más bajo posible, a condición de que el tegumento no se vuelva demasiado quebradizo. En general, se puede fijar como máximo de contenido de humedad el 8 por ciento.

8. GRADO DE FERMENTACIÓN

Los granos de cacao deberán estar uniformemente fermentados. Los granos no fermentados son indeseables.

En el caso de la fermentación efectuada cuidadosamente bajo una experta vigilancia, tal vez sea posible conseguir granos uniformemente fermentados que realmente se hallen en el límite entre las dos categorías de granos, o sea, los completamente fermentados y los parcialmente pardos parcialmente violetas. Sin embargo, gran parte del cacao que se produce en el mundo lo obtienen pequeños agricultores cuyos medios son inadecuados para conseguir una producción de cacao uniformemente

fermentado y, por consiguiente, es inevitable una cierta variación en el grado de fermentación de los granos. El grado de fermentación óptimo se puede definir en la práctica más fácilmente en función de la « prueba del corte ». Todos los granos deberán estar comprendidos en las dos categorías de granos: (i) totalmente fermentados, y (ii) granos parcialmente pardos/parcialmente violetas. Es importante, además, evitar la fermentación excesiva.

9. CARACTERÍSTICAS DE LOS GRANOS EN RELACIÓN CON EL GRADO DE FERMENTACIÓN ¹

Completamente fermentados. Esta categoría incluye los granos de cacao que hayan fermentado completamente y que tengan un color entre pardo claro y oscuro, sin tintes azules o violáceos en el corte transversal, y con cotiledones que sean separables fácilmente.

Insuficientemente fermentados. Esta categoría incluye:

- a) granos parcialmente pardos y parcialmente violetas que muestren cierto color azul, púrpura o violeta en la superficie de corte, ya sea de modo difuso o bien por zonas;
- b) granos totalmente violetas, incluye todos los granos que presentan un color azul, púrpura o violáceo en la totalidad de la superficie de corte. Incluye también, sea cual fuese su color, granos pizarrosos pero no en grado predominante.

Sin fermentar. Incluye esta categoría los granos pizarrosos tal como se definen en el modelo de ordenanza.

En el momento actual, a falta de otro método realmente objetivo de evaluar el grado de fermentación, se recomienda que se utilice como guía para determinar la calidad en relación con la fermentación la « prueba del corte », mediante la cual se puede determinar el número de granos completamente violetas y el de granos parcialmente pardos/parcialmente violetas.

10. MODELO DE ORDENANZA

Métodos de secado. Los métodos de secado dependen en gran medida de las condiciones climáticas. Deberá darse preferencia, siempre que sea posible, al secado al sol.

¹ Las anteriores características de color no se aplican a los cacaos de tipo criollo, los cuales según el grado de fermentación presentan una gama de colores que va del color pardo claro/canela (completamente fermentados) al gris muy claro (sin fermentar).

Métodos de análisis. El procedimiento conocido generalmente como « prueba del corte » es el método que ofrece mayor garantía para la evaluación a simple vista de la calidad del cacao en grano. Tal evaluación está basada en la determinación del porcentaje de granos defectuosos.

Cuando un grano es defectuoso en más de un aspecto, se registrará solamente en la categoría más objetable.

Los granos mohosos son los más rechazables. A continuación les siguen en orden de gravedad los granos pizarrosos.

*Normas para las clases.*² Según el recuento de los granos defectuosos en el « ensayo de corte » el cacao se clasificará como sigue:

Clase 1 Cacao completamente seco, exento de materias extrañas, de granos con olor a humo y de signos cualesquiera de adulteración, y que no contiene más del 3 por ciento, en número, de granos mohosos, ni más del 3 por ciento, en número, de granos pizarrosos, ni más del 3 por ciento, en número, de todos los demás defectos.

Clase 2 Cacao completamente seco, exento de materias extrañas, de granos con olor a humo y de signos cualesquiera de adulteración, y que no contiene más del 4 por ciento, en número, de granos mohosos, ni más del 8 por ciento, en número, de granos pizarrosos, ni más del 6 por ciento, en número, de todos los demás defectos.

Clase inferior. Cacao que no llega a poder clasificarse en la Clase 2.

² MODELO DE ORDENANZA: NORMAS DE CLASE PARA EL PERÍODO DE TRANSICIÓN

Clase 1. Cacao completamente seco, exento de materias extrañas, de granos con olor a humo y de signos cualesquiera de adulteración y que no contiene más del 5 por ciento, en número, de granos mohosos, apolillados, germinados o aplastados, ni más del 5 por ciento en número de granos pizarrosos.

Clase 2. Cacao completamente seco, exento de materias extrañas, de granos con olor a humo y de signos cualesquiera de adulteración, y que no contiene más del 10 por ciento en número de granos mohosos, apolillados, germinados o aplastados, de los cuales, los granos mohosos no exceden del 5 por ciento, en número, ni más del 10 por ciento, en número, de granos pizarrosos.

Clase inferior. Cacao que no llega a poder clasificarse en la clase 2.

NOTA. Como la presencia incluso de un 4¹ por ciento de granos mohosos tiene un efecto señalado en el producto final, el Grupo de trabajo recomendó que todos los países productores se esfuercen por mantener la proporción de granos mohosos muy por debajo de los límites antes indicados.

Marcas de las clases. Los sacos deberán precintarse y marcarse con la marca de la clase correspondiente de acuerdo con la que se les haya atribuido.

Se establecerá un límite de tiempo para la validez de la clasificación por clases. Las clases del cacao almacenado se comprobarán y verificarán periódicamente.

Almacenamiento (texto nuevo). El cacao ensacado se almacenará en locales cubiertos cuya ventilación se pueda regular de modo que el aire circule libremente cuando el tiempo esté seco y que el almacén se pueda aislar perfectamente cuando el tiempo esté húmedo. El grano estará protegido contra la humedad y la contaminación con malos sabores y con otros productos, y contra el ataque de los insectos, los roedores y otras plagas.

II. CÓDIGO DE PRÁCTICAS

Toma de muestras

Las muestras para la inspección se obtendrán por uno de los dos procedimientos siguientes:

- a) tomando al azar muestras de los granos que pasan a la tolva o de los granos de sacos abiertos o recogidos en lonas alquitranadas;
- b) de sacos cerrados que contengan cacao, tomando muestras a través del tejido de malla del saco mediante un calador para muestras.

Cantidad que habrá que tomar. Las muestras se tomarán en proporción no inferior a 300 granos por cada tonelada de cacao o parte de ella, a condición de que para una partida compuesta de un solo saco o parte de éste se tome una muestra no inferior a 100 granos.

Cacao en sacos. Se tomarán muestras en una proporción no inferior al 30 por ciento de cada lote de 200 toneladas o menos, o sea, de un saco por cada tres. Las muestras se tomarán al azar de la parte superior, del centro y de la parte inferior del saco.

Cacao sin ensacar. Las muestras que se tomen equivaldrán al 3 por ciento del material a granel que previamente habrá sido bien mezclado. Las muestras se obtendrán de la parte superior, la parte central y la parte inferior del montón.

Preparación de la muestra, número de granos para la inspección. Se mezclará bien el cacao y luego se dividirá en montones de unos 300 granos. A continuación, se separarán, contándolos, los 300 primeros granos sea cual fuere su tamaño, forma y estado, apartando la basura.

Análisis. La muestra compuesta por los 300 granos se dividirá entonces en tres grupos, compuesto cada uno por 100 ejemplares, que se cortarán y ensayarán. El examen para esta prueba se realizará con buena luz solar o con luz artificial equivalente a ella. La inspección ocular se realizará en una de las mitades solamente del grano cortado. Del promedio de los resultados de los tres lotes se obtendrá el tanto por ciento.

Sacos

Los sacos deberán estar limpios, sin romper y cosidos debidamente. El cacao se expedirá solamente en sacos nuevos.

Precintado y marcado de los sacos

Después de la clasificación, se precintará cada saco con el sello del examinador respectivo. En cada caso se consignará claramente la clase a que pertenece el cacao. Se indicará también claramente en los sacos la estación donde se ha hecho la clasificación y la fecha en que se ha efectuado ésta (semana o mes).

Adulteración

La alteración por cualquier procedimiento de la composición del cacao clasificado de forma que la mezcla o combinación resultante no sea de la calidad prescrita y que influya en perjuicio de su calidad o aroma, o que altere su volumen o peso, será considerada como adulteración y prohibida.

Separación de las clases

Los sacos de cacao se separarán por clases y por marcas y cada lote se manipulará y apilará separadamente.

Almacenamiento

El cacao sólo será clasificado, precintado y almacenado en locales que hayan sido autorizados por reunir las condiciones mínimas establecidas

en la Ordenanza. El almacenamiento se efectuará, con preferencia, en plataformas de madera.

Contenido de humedad

Periódicamente durante el almacenamiento, e inmediatamente antes de la expedición, se comprobará el contenido de humedad de cada partida para asegurarse de que no excede del 8 por ciento. Para este objeto, se recomienda el empleo de un psicrómetro.

Valoración de la calidad

Este problema es el más importante, con mucho, en las investigaciones sobre la preparación del cacao y, a pesar de su índole subjetiva, sigue siendo el factor principal en esta cuestión. Los resultados de los experimentos tienen que expresarse en último término en función del sabor, por lo que, teniendo presente el carácter tan impreciso del sabor del chocolate, se apreciará fácilmente la magnitud del problema. Antes de poder hacer una valoración de la calidad, la muestra de cacao tiene que ser transformada en chocolate o, al menos, en una masa sin edulcorar. Esto entraña procesos no sujetos a control científico, el más decisivo de los cuales es la tostadura.

Actualmente no existe un buen tostador de laboratorio para el grano de cacao con que se puedan obtener los mismos resultados con una misma muestra en distintos laboratorios. A esta dificultad hay que añadir la que representan los problemas inevitables de la reducción a la escala debida y entre ellos el de la supresión de una fase del proceso fabril.

Se afirma, sin embargo, que se puede establecer una relación entre el sabor del chocolate elaborado en el laboratorio y el del elaborado en las fábricas a partir de una misma materia prima. La valoración definitiva de una muestra de cacao depende de la información que se requiera. Si, como es usual en las investigaciones sobre el cacao, importa saber si una muestra dada reúne una serie de condiciones determinadas de antemano, para llegar a este conocimiento se pueden seguir dos procedimientos generales:

- a) mediante un catador experimentado;
- b) mediante un equipo de catadores.

El primero de estos procedimientos se basa sobre la gran agudeza gustativa adquirida por el catador a lo largo de los años y, aunque es

subjetivo, puede proporcionar datos valiosos en ciertas condiciones. El equipo de catadores ha llegado a ser casi parte integral de la industria alimentaria, existiendo actualmente una gran cantidad de datos acerca de la formación y la labor de estos equipos. De esta cuestión se han ocupado con cierto detalle Dawson y Harris (1951). Se admiten dos métodos principales para llegar a un resultado significativo mediante la labor de los equipos de catadores. Estos métodos se denominan: ensayo de la comparación por parejas y ensayo triangular.

ENSAYO DE LA COMPARACIÓN POR PAREJAS

Dos muestras son comparadas en una reunión por cada componente del equipo y a cada uno de ellos se le pregunta si puede descubrir alguna diferencia entre las muestras y, de ser así, que indique su preferencia. Este método lo ha descrito con algún detalle Harvey (1953), junto con un método de valoración estadística de los resultados. La literatura referente al ensayo de la comparación por parejas y al ensayo triangular, ensayo que se describe a continuación, ha sido revisada de modo completo por Dawson y Harris (1951).

ENSAYO TRIANGULAR

Este ensayo es preferido por muchos porque requiere un número menor de catadores para establecer la valoración estadística de los resultados. Se someten tres muestras a ensayo: dos de ellas idénticas y la otra diferente. Se pide al catador que identifique la muestra diferente y que indique su preferencia. Cuando la respuesta de un catador cualquiera es incorrecta al señalar la muestra diferente, su preferencia no se considera válida. Estadísticamente hay un 50 por ciento de probabilidades de llegar, aleatoriamente, a una solución correcta en el ensayo de la comparación por parejas, en tanto que las probabilidades de que esto ocurra en el ensayo triangular son sólo 35 por ciento. Esto se tiene en cuenta, no obstante, en la valoración estadística definitiva de los resultados.

El método triangular de valoración es conocido como ensayo por las cualidades y sólo entraña la elección o la identificación de una muestra. Aunque se presta para descubrir diferencias, es inadecuado para describirlas una vez encontradas. Por ejemplo, no sirve para indicar entre dos muestras cuál es la mejor. Esto se podría saber, según se ha visto, complementando el ensayo triangular con un ensayo de la preferencia. No obstante, este proceder ha sido severamente criticado por Kramer y

Ditman (1956) que estiman que un sistema de puntuación (ensayo por variables) es más eficaz, especialmente cuando las muestras son heterogéneas, como ocurre en el caso del cacao.

VALORACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SABOR

Cuando se buscan datos relativos al sabor característico de una muestra, la prueba es casi totalmente subjetiva, siendo en tales circunstancias cuando el catador experimentado puede ser de un valor inestimable. Se han utilizado muchos términos descriptivos para caracterizar los sabores de los distintos cacaos y el número de estos términos aumenta continuamente. Esto no implica necesariamente la identificación de sabores nuevos y puede derivar igualmente de reacciones distintas de catadores diferentes a un mismo sabor.

A continuación se indican los sabores más importantes, de los cuales los tres primeros pueden considerarse fundamentales: amargo; astringente; a chocolate; ácido; a fruta; a flores; a jamón; ahumado; térreo; mohoso; a nuez.

El sabor a chocolate es posiblemente el más difícil de definir, pues casi con seguridad contribuyen a él varios factores.

En la valoración de los resultados de los experimentos, particularmente en los que se refieren a la fermentación y la desecación, toda técnica organoléptica que no permita la valoración estadística es poco útil para el investigador. Esencialmente se presentan dos problemas en la investigación tecnológica de la fermentación y la desecación del cacao:

- a) hallar métodos mejores de fermentación para un cacao de calidad conocida y aceptada;
- b) establecer condiciones de fermentación para nuevos tipos de cacao.

En el primero, la valoración de la calidad es relativamente sencilla y se presta idealmente al ensayo triangular, utilizando el producto obtenido con la técnica nueva o modificada y comparándolo con el obtenido por los medios corrientes. Una diferencia importante en la valoración estadística de los resultados indica la necesidad de nuevos experimentos, especialmente cuando la muestra que se ensaya resulta inferior a la que sirve de término de comparación, en el ensayo de la preferencia. Cuando, al mismo tiempo, se pide a los catadores que hagan comentarios acerca de las características de sabor, los resultados pueden ser valiosos si las respuestas en favor de uno o más sabores están en gran mayoría. Sin embargo, mucho más importante es el resultado del ensayo triangular,

y resultaría muy útil para los institutos de investigación de los países tropicales el poder disponer de muestras experimentales valoradas por este método en los países consumidores.

El segundo de los problemas tecnológicos, relativo a los estudios de la fermentación del cacao, presenta algunas dificultades, en lo que se refiere a la valoración de los resultados, pues no existe norma alguna con que comparar una variedad nueva de cacao. Sin embargo, los estudios de fitomejoramiento pueden dirigirse hacia dos objetivos finales con respecto al sabor:

- a) la obtención de tipos resistentes a las enfermedades y de tipos más productivos, o de tipos que reúnan ambas cualidades, con características de sabor iguales a las del cacao representativo de un país determinado;
- b) la obtención de cacaos de nuevo tipo de sabor.

El logro del primero de estos objetivos no plantea problema alguno, pudiéndose hacer uso del ensayo triangular con la muestra experimental y con una muestra representativa del cacao a que aquélla debe parecerse. Con respecto al segundo objetivo, únicamente el catador experimentado podrá decir si el cacao será aceptable en el comercio.

7. CONCLUSIONES GENERALES

El tratamiento del cacao sigue siendo todavía principalmente un arte que ciertamente no parece que se haya perfeccionado en muchos países productores, a juzgar por la calidad del producto. Esto no es sorprendente si se considera que en el proceso intervienen muchas variables, algunas de ellas regulables y otras no. En ciertos países, se concede la importancia principal a la fase de fermentación o exudación, mientras que en otros se considera más importante la desecación. En vista de que todavía no se sabe con certeza en qué etapa del beneficio se desarrolla el sabor de chocolate, convendría efectuar cuidadosamente ambas operaciones. En un país, por lo menos, no se cuida en modo alguno ninguna de estas operaciones y en la mayoría de las zonas de explotación familiar la fermentación y la desecación son, en el mejor de los casos, aleatorias.

Los resultados de las investigaciones científicas indican que tanto la fermentación como la desecación son operaciones críticas y que es necesario cuidar todas las fases del beneficio para lograr una calidad óptima.

Los ministerios de agricultura de muchos países productores han demostrado una plena conciencia de la importancia de este problema y algunos de ellos han conseguido un notable mejoramiento de la calidad. Las investigaciones llevadas a cabo en los trópicos en los años últimos han contribuido a aclarar muchos de los principios fundamentales de la fermentación y la desecación y, a consecuencia de ello, se han ideado métodos nuevos y modificados de tratamiento. Es importante que, cuando se establezcan estos métodos, se informe debidamente a las personas y entidades interesadas de modo inmediato en la cuestión y es fundamental la existencia de algún sistema de asesoramiento acerca de su aplicación. No es inconcebible que en el transcurso de unos años se logre un mejoramiento general en la calidad del cacao por aplicación de métodos nuevos y mejorados de beneficio. Esto sería ventajoso para productores y fabricantes.

Aunque es impracticable normalizar el método de curado del cacao, no hay duda que son muchas aún las mejoras que se pueden introducir en muchos países productores. A este respecto, se debe prestar la máxima

atención al cultivo en explotaciones pequeñas, porque la mayor parte de la cosecha mundial de cacao se produce en ellas, siendo evidente que en muchas zonas las condiciones de tratamiento son muy inferiores al mínimo requerido para obtener un buen producto. Se ha señalado que la producción de cacao en las explotaciones pequeñas no resulta satisfactoria (Montserin, 1952). Este autor mencionaba el mejoramiento logrado en la calidad de los cacaos de Trinidad y Tabago como prueba de los beneficios que se pueden alcanzar por el establecimiento de sistemas cooperativos de explotación. La construcción de instalaciones cooperativas de fermentación supondría pocos gastos, aparte el de un edificio sencillo, construido con materiales locales, y el de una serie de cajas de fermentación. Los secaderos artificiales, análogos a los construidos en Inglaterra, y descritos en este estudio (Figuras 77 a 84), y que se utilizan en el Camerún, podrían construirse también con un gasto mínimo. Sería mucho más práctico adiestrar adecuadamente en las técnicas de fermentación y la desecación a ciertos individuos encargados de estas operaciones que intentar, como se hace con escaso éxito hoy día, instruir en ellas a cada uno de los agricultores. De este modo, los resultados de las investigaciones actuales sobre esta cuestión se podrían aplicar también más fácil y eficazmente.

Cadbury (1955) ha hecho una objeción seria al sistema central o cooperativo de curado, y es que por cada 100 toneladas de mazorcas transportadas a la instalación de fermentación, sólo se obtienen 10 toneladas de cacao seco. Howat y colaboradores (1957a) han demostrado, sin embargo, que se pueden utilizar los granos frescos siempre que éstos se reciban en la instalación de fermentación dentro de las 24 horas siguientes a la apertura de las mazorcas, y que, en efecto, en Costa Rica hace muchos años que el cacao se lleva fresco a los centros de fermentación. De esta manera sólo hay que transportar 25 toneladas de cacao fresco para obtener 10 toneladas de cacao seco. Actualmente es necesario transportar una cierta cantidad de cacao sin fermentar, incluso en las explotaciones pequeñas y, si los centros de fermentación se estableciesen en puntos convenientes, no habría necesidad de aumentar mucho estos transportes.

Aunque el proceso de curado varía en sus detalles de unos a otros países, los principios generales sobre que se basa son los mismos y, por esto, es posible llegar a una síntesis de las condiciones que tienen más probabilidades de dar un producto de buena calidad. Estas condiciones se resumen a continuación y derivan de un estudio de la información procedente de diferentes países que se presenta en esta publicación.

1. Solamente deberán recogerse para el beneficio las mazorcas maduras.
2. Entre el momento de la apertura de las mazorcas y la extracción de su contenido deberán dejarse transcurrir tres días.
3. Las placentas deberán separarse juntamente con la cáscara, y los granos y la pulpa deberán recogerse para la fermentación y desecación.
4. Cuando se utilicen cajas de fermentación, éstas deberán ser de madera del país como *Chlorophora excelsa* y deberán construirse sin clavos metálicos. Tales cajas deberán tener las dimensiones aproximadas siguientes: $0,90 \times 0,90 \times 0,75$ metros (capacidad, unos 450 Kg. de cacao fresco).
5. Las cajas de fermentación deberán estar a unos 45 cm. sobre el suelo para permitir el desagüe de las exudaciones y facilitar la limpieza del terreno. El fondo de las cajas deberá tener perforaciones de 1 cm. de diámetro aproximadamente, separadas entre sí 10 cm. Las cajas se pueden disponer de diversos modos, siendo el más sencillo en series de tres cajas, todas al mismo nivel.
6. La ventilación puede mejorarse perforando los lados de las cajas.
7. El contenido de las cajas deberá removerse pasadas 24 horas y después de transcurridas otras 48 horas pasándolo a la caja inmediata de la misma batería. Más tarde, la frecuencia de la remoción y la duración de la fermentación podrán variarse de acuerdo con las condiciones locales. Las dos primeras remociones diarias deben acelerar la muerte de los granos y aumentar la uniformidad del producto final.
8. La muerte de los granos va seguida de un rápido hinchamiento debido a la acumulación de un líquido de color púrpura entre los cotiledones y la testa. Este líquido se pone de manifiesto si se pincha la testa y se comprime el grano. La fermentación no deberá continuarse durante más de dos días después de observado este fenómeno, si bien hay que tener en cuenta que esto debe ocurrir uniformemente en toda la masa.
9. Cuando es factible, la desecación al sol proporciona un producto superior al que se obtiene por la desecación artificial, siendo éste uno de los aspectos del curado del cacao que requiere más estudio. Donde se necesiten secadores artificiales debido a las condiciones adversas del tiempo o a la falta de espacio para efectuar la dese-

cación, las fases iniciales de esta operación se deberán ejecutar lentamente.

10. La humedad del cacao seco deberá comprobarse por la mañana antes del ensacado y no deberá ser mayor de 7 por ciento. El peligro de germinación con esporas de hongos a las humedades superiores justifica el empleo de métodos seguros de determinación de la humedad, a cuyo efecto se describen en el texto diversos aparatos eléctricos destinados a este fin. Sin embargo, los pequeños agricultores tendrán que recurrir al método tradicional de triturar los granos en la mano, pero si esto se hace en las primeras horas de la mañana antes de exponer los granos al sol, las probabilidades de ensacar cacao insuficientemente seco serán menores.
11. El cacao fermentado y seco deberá almacenarse, separado de otros artículos, en locales cuya temperatura habrá de mantenerse lo más baja posible protegiéndolos del sol, y ventilados de modo tal que la humedad en ellos no sobrepase de 7 por ciento.

Estas mismas recomendaciones son aplicables al cacao fermentado en montones en las explotaciones pequeñas. La cantidad mínima de cacao fresco que se puede fermentar en un montón es 225 Kg., aproximadamente, o sea, el contenido de unas 2.500 mazorcas. Habrá que tomar medidas para proteger de la lluvia los montones de cacao fermentante. Deberá enseñarse al agricultor la importancia de que los granos se sequen lo más rápidamente posible y se le instruirá tanto en el modo mejor de lograr esto, como en el de reconocer si el grano está seco. Deberá llamarse la atención del pequeño agricultor acerca del hecho de que la muerte rápida de los granos en los montones, seguida de una permanencia de dos días a las temperaturas elevadas que normalmente predominan en las fases últimas del tratamiento, basta para obtener un buen producto.

Los zarzos de desecación empleados en las explotaciones pequeñas deberán elevarse sobre el suelo (barbacoas) para evitar la contaminación del grano, y durante el proceso de desecación, el cacao de calidad inferior se deberá apartar con el fin de ensacar únicamente cacao de primera calidad.

Aunque existe una cierta confusión entre los múltiples sistemas de clasificación del cacao ya preparado, el agricultor puede estar seguro de la calidad de su producto cuando éste satisfaga las condiciones siguientes:

1. Inexistencia de mohos en el interior de los granos.
2. Inexistencia de infestación por los insectos.
3. Ausencia de granos germinados.
4. Ausencia de granos rotos y de cáscara.
5. Menos de 5 por ciento de granos pizarrosos o sin fermentar.
6. Menos de 25 por ciento de granos con sección de color púrpura oscuro, siendo el resto granos de color pardo o de color púrpura pálido.
7. Sequedad completa de los granos.

En otro tiempo, se utilizaban métodos complementarios para mejorar el aspecto exterior del producto acabado. Ninguno de ellos tiene el menor valor y los procesos conocidos por lavado, terraje y pisada deberán suprimirse allí donde se empleen todavía.

Por último, unas palabras acerca de los valiosos y fundamentales estudios de orden químico y bioquímico que se han efectuado en este campo. Estos estudios son necesariamente de larga duración, pero sólo mediante ellos es como se podrá llegar a saber lo que realmente ocurre durante la fermentación y la desecación del cacao bruto. Todavía no es posible llegar a ninguna conclusión respecto de las reacciones causantes de la formación definitiva del aroma y el sabor de chocolate. Se sabe que el cacao sin fermentar no desarrolla estas características cuando se le somete a los procesos de fabricación, como tampoco las desarrolla el cacao fermentado antes del tratamiento. Esto hace pensar que durante la fermentación y la desecación se forman uno o varios compuestos que al calentarse originan el sabor y el aroma característicos de chocolate. Los cambios que ocurren en los polifenoles y en las proteínas durante la fermentación han sido estudiados con algún detalle. Los resultados obtenidos en estos estudios serán muy útiles para los investigadores europeos que están extendiendo este campo al intentar identificar la naturaleza de los componentes del sabor y el aroma de chocolate. Aunque la aclaración de estos problemas deberá explicar el mecanismo de los procesos de fermentación y de desecación, sería interesante para los países productores el que sus investigadores se dedicasen primordialmente a las investigaciones de tipo práctico facilitando los estudios de este carácter sobre la fermentación y la desecación tendentes a encontrar las condiciones óptimas de tratamiento sin tratar de averiguar necesariamente las razones fundamentales de las conclusiones a que se llegase. Por este procedi-

miento se consiguió establecer el método de la fermentación en bandejas en el West African Cocoa Research Institute, y es indudable que de este modo se podría obtener información mucho más útil; el beneficio podría hacerse más eficaz, la calidad se podría mejorar en muchos casos, y los costos se podrán rebajar.

Exigencias de los fabricantes

Quizás sea oportuno terminar aludiendo brevemente a las características típicas que los fabricantes buscan en el cacao fermentado y seco. Estas características son, naturalmente, muy difíciles de definir con precisión, puesto que las exigencias varían de acuerdo con los mercados que abastece cada fabricante, pero existen ciertas cualidades fundamentales sobre las que hay una concordancia casi universal. Tales cualidades han sido descritas por la Cocoa, Chocolate and Confectionary Alliance de Gran Bretaña:

1. El peso medio de los granos fermentados y secados no deberá ser inferior a 1 gramo. Los granos habrán de tener un tamaño uniforme y, en general, no más de 10 por ciento de los granos no estarán comprendidos dentro del margen de tolerancia de un tercio en más o en menos del peso medio.
2. La cáscara deberá estar suelta e intacta y, aunque ha de ser lo bastante fuerte para resistir la rotura, su peso no deberá ser superior al 12 por ciento del grano. Las cáscaras habrán de estar limpias y libres de adherencias de pulpa seca, etc., que puedan estorbar la separación de la almendra de la cáscara.
3. El contenido de grasa deberá ser considerable, pues se fija en no menos del 55 por ciento de la almendra seca, y las grasas habrán de poseer las características de la manteca de cacao.
4. Los granos habrán de carecer en absoluto de materias extrañas.
5. Los granos de cacao deberán estar libres de todo sabor extraño. Dos tipos diferentes de contaminación posible merecen atención especial:
 - a) los sabores extraños, descritos generalmente como sabor a humo, pueden ser ocasionados por la contaminación con humo durante la desecación artificial, o a veces por exposición de los granos,

- bien sea antes o bien después de la fermentación, a olores re-
nantes en la explotación agrícola;
- b) existe el peligro de que los insecticidas aplicados en cualquier
etapa desde el crecimiento del árbol hasta el almacenamiento
de los granos, puedan originar sabores extraños; cuando el em-
pleo de los insecticidas sea necesario, habrá de cuidar su elec-
ción y la técnica de aplicación de los mismos para evitar incurrir
en el riesgo de contaminación.
6. Los granos habrán de estar libres de mohos, y especialmente de
mohos internos, para lo cual se secarán suficientemente para impedir
el desarrollo de los mohos durante el almacenamiento. Se acepta
generalmente que una humedad de 8 por ciento es crítica para el
desarrollo de los mohos en el grano del cacao. Por bajo de esta
cifra los mohos no se desarrollan; por encima de ella, los mohos
se desarrollan con tanta mayor rapidez cuanto mayor es la humedad.
7. Es importante que el grano de cacao esté perfectamente seco. Es
conveniente que la humedad sea lo más baja posible, siempre que
la cáscara no se vuelva por ello excesivamente quebradiza. Al de-
cidir cuál es el grado seguro de humedad, habrá que tener en cuenta
las condiciones locales como la uniformidad de la desecación de
los granos y las condiciones probables del almacenamiento en los
trópicos y su duración.
8. Se rechazarán los granos sin fermentar o los que sólo estén liger-
mente fermentados y tengan cotiledones (almendra) pizarrosos o
completamente purpúreos.
9. Son también indeseables los granos siguientes:
- a) los dañados por los insectos;
 - b) los aplastados, arrugados o inmaduros;
 - c) los germinados.
10. Debe recordarse que el grano de cacao se utiliza para la alimenta-
ción y que absorbe fácilmente olores extraños. Hay que cuidar en
todas las etapas de su manipulación de impedir la posibilidad de
que el grano se contamine con cualquier clase de sustancia perju-
dicial o con olores extraños.

GLOSARIO

ADULTERACIÓN	Mezclas de cacao de Clase 1 o de Clase 2, con cacao no sano, cacao inferior, cáscara o materias extrañas.
CACAO	La expresión « cacao » se emplea en todo este trabajo para describir la materia prima en todas las fases de su beneficio.
CÁSCARA	a) Cubierta exterior del fruto (mazorca) del cacao. b) Cubierta exterior (testa o cutícula) de la semilla (haba o grano) del cacao.
DESECACIÓN	Reducción de la humedad de los granos fermentados hasta menos de 7 por ciento, ya sea naturalmente o ya sea por medios mecánicos.
ENZIMA	Fermento natural que origina cambios en la materia biológica sin que él experimente cambio alguno.
FERMENTACIÓN	Aunque en rigor este término es inadecuado cuando se aplica al tratamiento que recibe el cacao bruto en los trópicos, se le acepta en el uso común para describir el tratamiento a que se someten los granos frescos y la pulpa hasta el momento del inicio de la desecación.
GERMINACIÓN (visible)	Aparición de la radícula de la semilla a través de la cáscara de la semilla (véase Figura 95).
GRANOS APLASTADOS	Granos de cacao de los que faltan los cotiledones.
GRANOS CON OLOR A HUMO	Granos de cacao que tienen olor, o sabor, a humo o que muestran signos de contaminación por éste. Los granos que presentan un intenso olor a humo se designan algunas veces por « granos con olor a jamón ».
GRANOS DAÑADOS POR LOS INSECTOS	Granos de cacao en cuyas partes internas existen insectos en cualquier fase de su desarrollo (huevos, larvas, crisálidas, adultos) o que muestran signos de daños ocasionados por los insectos.
GRANOS GERMINADOS	Granos de cacao cuya testa o cáscara ha sido atravesada, hendida o rota por la radícula en desarrollo.
GRANOS MOHOSOS	Granos de cacao que en su parte interna presentan mohos u hongos visibles a simple vista.
GRANOS PIZARROSOS	Granos que se han secado antes de morir y en los que las células que encierran los polifenoles han quedado intactas. Esto comunica un aspecto pizarroso a la sección del grano seco. Estos granos no se pueden emplear solos para preparar chocolate.
GRANOS PÚRPURA (violeta)	Granos que conservan inalterados parte de los pigmentos rojos.
MATERIAS EXTRAÑAS	Cualquier material que no sean los granos de cacao.
PLACENTA	Mecanismo por el cual los granos se unen a la mazorca y a cuyo través se alimentan durante la maduración.
POLIFENOLES	Compuestos fenólicos naturales entre los que figuran las materias colorantes de muchas plantas y los taninos. Una propiedad importante de algunos de los polifenoles es la astringencia que comunican a los alimentos.
PROTEÓLISIS	Descomposición de las proteínas con formación de aminoácidos.

**ESTABLECIMIENTOS DE INVESTIGACION DEL CACAO SITOS
EN LOS TROPICOS**

BRASIL	Estação C. de Experimentação de Uruçua (Instituto de Cacau da Bahia) Instituto Agronomico de Lested Instituto Biologico de Bahia, Instituto Nacional de Tecnología, Rio de Janeiro
SURINAM	Landbouw-Proefstation, Paramaribo
VENEZUELA	Ocumare de la Costa Barlovento, Caucagua Tunapuy
COLOMBIA	Sección de Investigación (Campaña Nacional de Cacao), Palmira Campaña Nacional de Cacao, Palmira
ECUADOR	Estación Experimental Tropical de Pichilingüe
PERÚ	Estación Experimental Agrícola, Tingo María
MÉXICO	Estación Experimental Agrícola, Rosario Izipa
COSTA RICA	Centro Interamericano del Cacao, Turrialba Estación Experimental del STICA, Los Diamantes
HAITÍ	Station Experimentale de Marfrank Jérémie
GRANADA	Mount Horne Cocoa Station, St. Andrews
TRINIDAD	Microbiological Research Institute, Port of Spain
SIERRA LEONA	Experimental Station Pualu
LIBERIA	Central Agricultural Experiment Station, Suakoko
COSTA DE MARFIL	Centre de recherches de IFCC (Institut français du café et du cacao), Bingerville; Station du cacao, Abengourou; Institut d'enseignement et de recherches tropicales d'Adiopodoumé, Abidjan
GHANA	Cocoa Research Institute, Tafo
NIGERIA	Cocoa Research Institute (Nigerian Substation) Moor Plantation, Ibadan
CAMERÚN	Station du cacao de Nkoemvone, Ebolowa Centre de recherches agronomiques, Nkolbisson
CONGO (LEOPOLDVILLE)	Institut national pour l'étude agronomique du Congo (INEAC), Yangambi
CEILÁN	Kundasale Cocoa Research Station
MALASIA	Dos estaciones federales de investigación sitas en: Jorangau y Serdang
INDONESIA	Besoekische Proefstation
FILIPINAS	College of Agriculture and Central Experiment Station, University of the Philippines, Laguna
NUEVA GUINEA, PAPÚA	Lowlands Agricultural Experiment Station, Keravat
SAMOA OCCIDENTAL	Nafanua Agricultural Station, Upola

**BIBLIOGRAFIA RELATIVA A LOS METODOS ANALITICOS
APLICADOS AL CACAO**

- A. *Determinación de purinas*
- (1) BIENFAIT, A. 1959. *Circ. périodique Off. int. Cacao Choc.* (93): 47.
 - (2) MARTIN, H. & CLERQ, H. 1942. *Ann. Chim anal.*, 24: 202-203.
 - (3) GERRITSMAN, K. W. & KOERS, J. 1953. *Analyst*, 78: 201.
 - (4) ENGLIS, D. T. & MILES, J. W. 1954. *Analyts. Chem.*, 26: 1214-1218.
 - (5) MOORES, R. G. & CAMPBELL, H. A. 1948. *Analyt. Chem.*, 20: 40.
 - (6) MOIR, F. D. & HINCKS, E. 1935. *Analyst*, 61: 439-447.
 - (7) HOLMES, K. E. 1950. *Analyst*, 75: 457-461.
 - (8) McDONALD, J. A. 1936. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1935: 34-40.
 - (9) HUMPHRIES, E. C. 1938. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1937: 36-37.
- B. *Determinación de ácidos orgánicos volátiles*
- (1) POWELL, B. D. 1958. *Trop. Agriculture, Trin.*, 35: 200-204.
 - (2) FINCK, H. & NIEMEYER, P. 1937. *Z. Untersuch. Lebensmitt.*, 74: 387-396.
- C. *Determinación de humedad*
- (1) WOLF, G. 1958. *Gordian*, 58 (1372): 24.
 - (2) RASPER, V. 1958. *Listy Cuckr.*, 74, 135-139; *Chem. Abstr.*, 52: 16647a.
 - (3) SPOON, W. 1956. *Surinaamse Landb.*, 4: 202.
 - (4) ANON. 1953. *int. choc Rev.*, 8: 67-71.
- D. *Determinación de antocianinas y otros polifenoles*
- (1) DUTHIE, D. W. 1938. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1937: 47-51.
 - (2) HALLAS, C. A. 1949. British Food Manufacturing Industries Research Association. *Research Report N° 13*.
 - (3) KADEN, O. F. 1952. *Zucker-Susswaren-Wirtschaft*, 5: 479.
 - (4) FORSYTH, W. G. C. 1955. *Biochem. J.*, 66: 108-111.
- E. *Determinación del contenido de grasas*
- (1) ANON. 1953. *Int. choc. Rev.*, 8: 67-71.
- F. *Evaluación visual del cacao (prueba del corte)*
- (1) ZENLEA, B. J. 1936. *Food Industr.*, 8: 227-229.
 - (2) DE WITT, K. W. 1953. *Trop. Agriculture, Trin.*, 30: 228-236.
 - (3) ANON. 1957. *Int. choc. Rev.*, 12: 9.
- G. *Prueba del daño causado por el agua del mar en el cacao*
- (1) SEABER, W. M. 1936. *Analyst*, 61: 14-22.
- H. *Técnicas de muestreos para cacao*
- (1) VILSTRUP, V. 1933. *Bull. int. Choc. Cacao, Brux.*, 3: 281-283.
- I. *Medidas de pH sobre los granos de cacao*
- (1) HOWAT, G. R., POWELL, B. D. & WOOD, G. A. R. 1957. *J. Sci. Fd Agric.*, 8: 65-72.
 - (2) ROMBOUTS, J. E. 1952. *Proc. Soc. appl. Bact.*, 15: 103.

BIBLIOGRAFIA

- ALLISON, H.W.S. & ROHAN, T.A. A new approach to the fermentation of West
1958 African Amelonado cocoa. *Trop. Agriculture, Trin.*, 35:279-288.
- ALLISON, H.W.S. & KENTEN, R.H. Tray fermentation of cocoa. *Trop. Agriculture,*
1963 *Trin.*, 40: 15-24.
- Analytical methods. *Bull. int. Choc. Cacao, Brux.*, 21.
1952
- ARMSTRONG, M.T. Comparison between malathion spraying and lindane-whitewash
1961 mixture for controlling *Ephestia elutella* (Hübner) in warehouses. *Ann. appl. Biol.*, 49:578-587.
- ARMSTRONG, M.T. & HILL, E.G. The use of BHC and whitewash mixtures to control
1959 infestations of *Ephestia elutella* (Hbn) in warehouses. *J. Sci. Fd Agric.*, 10:79-85.
- BAINBRIDGE, J.S. & DAVIES, S.H. The essential oil of cocoa. *J. chem. Soc.*, 101:
1912 2209-2221.
- BASSEN, J.L. *et al.* Cocoa bean import survey, January, 1959 - March 31st, 1960.
1961 Washington, D.C., U.S. Department of Health, Education and Welfare, Food and Drug Administration. (Borrador preliminar).
- BECKER, E. & STELLING, O. Über das Eiweiss der Kakaobohne. *Zucker-Süsswaren-*
1952 *Wirtschaft*, 5:936-938.
- BELLEFRROID, V.H. DE. Notes sur la fermentation du cacao. *Bull. int. Choc. Cacao,*
1935 *Brux.*, 5:481-486.
- BIEHL, B. Untersuchungen über die Veränderungen der Proteine und Aminosäuren
1961 in den Kakaokernen während der Fermentation. *Gordian*, 61(1444):14-20.
- BIRCH, H.F. Changes in the nitrogenous compounds of Forastero cocoa during fer-
1941 mentation. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 10:22-33.
- BRIDGLAND, L.A. & FRIEND. Experiments and observations on cocoa fermentation
1957 in New Guinea. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 177-190.
- BRILL, H.C. The enzymes of cacao. *Philipp. J. Sci.*, 10A(2):123-133.
1915
- BRILL, H.C. The fermentation of Philippine cacao. *Philipp. J. Sci.*, 12A(1):1-15.
1917
- BRITISH FOOD MANUFACTURING INDUSTRIES RESEARCH ASSOCIATION. *Factory fittings, mountings, appliances and furnishings with regard to the control of moth pests,* Leatherhead.
- BRITISH FOOD MANUFACTURING INDUSTRIES RESEARCH ASSOCIATION. *Machinery design and the control of moth pests in factories.* Leatherhead.
- BRITON-JONES, H.R. *The diseases and curing of cocoa.* London, Macmillan. 161 p.
1934
- BROWN, H.B. Separation of pigment cells of cacao. *Nature, Lond.*, 173(4402):492.
1954
- BROWN, H.B. Changes observed in cocoa due to fermentation and their relation to
1957 chocolate flavour. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, 165-170.
- BUNTING, R.H. Deterioration of cacao-beans by internal moulds. *Bull. int. Choc.*
1931 *Cacao, Brux.*, 1:295-304.

- BURGES, H.D. Some effects of the British climate and constant temperatures on the 1955 life cycle of *Ephestia cautella* (Walker). *Bull. ent. Res.*, 46:813-835.
- BURLE, L. *Le cacaoyer*. Paris, Maisonneuve et Larose. 2 vols. 1961-62.
- CADBURY, J. Cocoa. *C.R. Congr. int. agric. trop.*, 1931, 6(2):316-323. 1932
- CADBURY, P.S. The possibility of controlled central fermentation. *Rep. Cocoa Conf.* 1955 *Lond.*, 141.
- CARIBBEAN COMMISSION. Preparation of cocoa. Publications Exchange Service. 1957 *Cocoa*, 60:1-18.
- CARIBBEAN COMMISSION. Preparation of Trinidad cocoa. *J. agric. Soc., Trin. Tob.*, 1958 58:39-42.
- CASIDA, J.E. & BOWMAN, J.S. A preliminary evaluation of the use of systematic insecticides in cacao production. *Coffee Cacao J.*, 2(5):80-81, 92-93. 1959
- CERBULIS, J. Sugars in Caracas cacao beans. *Arch. Biochem.*, 49:442-450. 1954
- CERBULIS, J. Sugars in Caracas cacao beans. II. Carbohydrates in cacao beans. 1955 *Arch. Biochem.*, 58:406-413.
- CHAMBERS, E. The movements of Criollo cacao. *Bull. int. Choc. Cacao, Brux.*, 1:361-365. 1931
- CHATT, E.M. *Cocoa: cultivation, processing, analysis*. New York, Interscience. 302 p. 1953
- CHEESMAN, E.R. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships 1944 of cacao populations. *Trop. Agriculture, Trin.*, 21:144-159.
- CIFERRI, C. Studies on cacao. *J. Dep. Agric. P.R.*, 15:223-285. 1931
- COSTE, R. Les recherches agronomiques sur le cacaoyer et le caféier au Cameroun. 1959 *Choc. Conf. de France*, N° 147:33-36.
- COTTERELL, G.S. *Infestation of stored cocoa by weevil (Araecerus fasciculatus) and moth (Ephestia cautella)*. Bull. Dep. Agric. Gold Cst, N° 28. 14 p. 1934
- COTTERELL, G.S. The insects associated with export produce in Southern Nigeria. 1952 *Bull. ent. Res.*, 43:145-152.
- CRANHAM, J.E. Insect infestation of stored raw cocoa in Ghana. *Bull. ent. Res.*, 1960 51-203-222.
- DAWSON, E.H. & HARRIS, B.L. *Sensory methods for measuring differences in food quality*. Washington, D.C. U.S. Dep. Agric., Agric. Inform. Bull. N° 34. 134 p. 1951
- DEL BOCA, C. Cocoa beans: quality requirements and methods of assessment. *Int. choc. Rev.*, 17:218-223. 1962
- DEVONDEL, M. Comunicación personal.
- DE VERTEUIL, J. Fermentation of cacao. *Proc. agric. Soc. Trin. Tob.*, 22:608-632. 1922
- DE VOS, L. Artificial drying of cocoa. *Bull. Dep. Landb Proefst. Suriname*, 73:1-27. 1956
- DE WITT, K.W. The enzymes of cacao tissue. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1945/51:114. 1953a
- DE WITT, K.W. Studies on small-scale fermentation of cacao. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1945/51:110-113. 1953b
- DE WITT, K.W. Studies on small-scale fermentation of cacao. II. The conditions 1953c of fermentation. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1952:56-59.
- DE WITT, K.W. The visual assessment of cured cacao. *Trop. Agriculture, Trin.*, 1953d 30:228-236.

- DE WITT, K.W. Nitrogen metabolism in fermenting cacao. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1955/56:54-57.
- DE WITT, K.W. & COPE, F.W. Notes on the quality factor in Trinidad cocoa. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 64-68.
- DIEMAIR, W., ACKER, L. & LANGE, H. Über die löslichen Kohlehydrate der Kakaobohne und ihre Veränderungen beim Röstprozess. *Z. LebensmittUntersuch.* 107:25-28.
- DIEMAIR, W., ACKER, L. & LANGE, H. Die Veränderungen der Inhaltsbestandteile der Kakaobohne beim Röstprozess. II. Die löslichen Kohlehydrate (Zucker). *Süsswaren*, 3:488-490.
- DUJCK, J.I. VAN & OSTENDORF, F.W. Het fermenteren van cacao (La fermentación de cacao). *Surinaamse Landb.*, 3:283-296.
- DITTMAR, H.F.K. Versuche zur Kakaowaschung. *Gordian*, 55:(1319):15-19.
- DOYNE, H.C. & VOELCKER, O.J. Butter fat in cacao. *Trop. Agriculture, Trin.*, 16:76-78.
- DUTHIE, D.W. Biochemical problems in cacao production. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 6:48-51.
- DUTHIE, D.W. Observations on the biochemistry of the cacao kernel. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 7-47-51.
- EL SAYED, T. On the biology of *Araecerus fasciculatus* with special reference to the effects of variation in the nature and water content of the food. *Ann. appl. Biol.*, 22:557-577.
- ENGLIS, D.T. & MILES, J.W. Spectrophotometric determination of theobromine and caffeine in cocoa powders. *Analyt. Chem.*, 26:1214-1218.
- FERNANDO, M. The fermentation and curing of cacao in Ceylon. *Trop. Agriculturist*, 90:191-199.
- FICKENDEY, E. Cocoa fermentation. *Gordian*, (346):2900.
- FICKENDEY, E. *En* Smith, H.H. *Fermentation of cacao*, p. 257.
- FINCKE, H. *Handbuch der Kakaoverzeugnisse*. Berlin, Springer. 568 p.
- FORSYTH, W.G.C. Method for studying the chemistry of cacao fermentation. *Nature*, 164:25-26.
- FORSYTH, W.G.C. Cacao polyphenolic substances. I. Fractionation of the fresh beans. *Biochem. J.*, 51:511-516.
- FORSYTH, W.G.C. Cacao polyphenolic substances. II. Changes during fermentation. *Biochem. J.*, 51:516-520.
- FORSYTH, W.G.C. Purple beans. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 32-34.
- FORSYTH, W.G.C. Cacao polyphenolic substances. III. Separation and estimation on paper chromatograms. *Biochem. J.*, 60:108-111.
- FORSYTH, W.G.C. Comparison of work at C.M.R.I. and work at W.A.C.R.I. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 209.
- FORSYTH, W.G.C. & QUESNEL, V.C. Variations in cacao preparation. Bahia, Brazil. *Sixth Meeting Interamerican Technical Cacao Committee*.
- FORSYTH, W.G.C. & QUESNEL, V.C. Cacao glycosidase and colour changes during fermentation. *J. Sci. Fd Agric.*, 8:505-509.
- FORSYTH, W.G.C. & QUESNEL, V.C. Cacao polyphenolic substances. IV. The anthocyanin pigments. *Biochem. J.*, 65:177-179.

- FORSYTH, W.G.C. & QUESNEL, V.C. The preparation of cacao for the market. *Cocoa*, 1957c 3(12):2-3.
- FORSYTH, W.G.C., QUESNEL, V.C. & ROBERTS, J.B. The interaction of polyphenols 1958 and proteins during cacao curing. *J. Sci. Fd Agric.*, 9:181-184.
- FORSYTH, W.G.C. & ROBERTS, J.B. Cacao polyphenolic substances. V. The structure 1960 of "Leucocyanidin I." *Biochem. J.*, 74:374-378.
- FORSYTH, W.G.C. & ROMBOUITS, J.E. Our approach to the study of cocoa fermenta- 1951 tion. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 73-81.
- GIBBERD, A.V. The improvement of quality of Nigerian cocoa with reference to purple 1953 beans. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 26-29.
- GILLET, D. A recent visit to the Belgian Congo. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 132-134. 1951
- GREEN, E.C.D. Cacao cultivation and its application to the mandated territory of 1938 New Guinea. *N. Guinea agric. Gaz.*, 4(4):2-62.
- GRIFFITHS, L.A. Detection of the substrate of enzymic browning in cacao by a post- 1957 chromatographic enzymic treatment. *Nature, Lond.*, 180-1373-1374.
- GRIFFITHS, L.A. A laboratory procedure for micro-fermentation and small-scale 1959a drying. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1957/58:74-76.
- GRIFFITHS, L.A. On the optimal conditions for microfermentation: a critical review. 1959b *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1957/58:70-73.
- GRIFFITHS, L.A. Comparative study of the seed polyphenols of the genus *Theobroma*. 1960 *Biochem. J.*, 74:362-365.
- GRIFFITHS, L.A. The formation of acetic acid in cacao fermentation and its relation- 1961 ship to anthocyanin breakdown. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1959/60:42-47.
- HALLAS, C.A. & WIGHT, T.A. *The tannins and related substances in cacao*. British 1939 Association of Research for the Cocoa, Chocolate, Sugar Confectionery and Jam Trades. Research Record N° 70.
- HAMMOND, P.S. A discussion of some factors affecting the quality of cocoa produced 1953 by Gold Coast farmers. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 29-32.
- HANCOCK, B.L. Quality in cocoa: Trinidad. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 75-79. 1949
- HARDY, F. The non-volatile acids of cacao seed pulp and cacao sweatings. *J. Soc.* 1925 *chem. Ind. Lond.*, 44:305T-306T.
- HARDY, F. Cacao fermentation. *Trop. Agriculture, Trin.*, 3:232-234. 1926
- HARDY, F. & RODRIGUES, C. Quantitative variations in nitrogenous components of 1953 the cacao bean: effect of genetic type and soil type. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1945/51:89-91.
- HART, H.J. *Cacao*. London, Duckworth. 323 p. 1911
- HARVEY, H.G. Flavour assessment. *Chem. & Ind.*, 44:1163-1167. 1953
- HAWORTH, F. The effect of age, season and environment on the nitrogenous compo- 1953 nents of cacao beans. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1945/51:95-97.
- HAYNES, D.W.M. Cocoa drying. *Malay. agric. J.*, 41(2):88-96. 1958
- HELFENBERGER. Comunicación personal.
- HENDERSON, F.G. Cacao as a crop for the owner manager in Papua and New Guinea. 1954 *Papua N. Guinea agric. J.*, 9(2):45-74.
- HILDITCH, T.P. Structural relationships in the natural unsaturated higher fatty acids. 1948 *J. chem. Soc.*, 1948:243-252.

- HINTON, C.L. & TAYLOR, A. McM. The determination of moisture in chocolate by
1939 distillation with an immiscible solvent. *Bull. int. Choc. Cacao, Brux.*, 9:189-202.
- HOLDEN, E.M. Processing of raw cocoa. III. Enzymic aspects of cocoa fermentation.
1959 *J. Sci. Fd Agric.*, 10(12):691-700.
- HOWAT, G.R. Fermentation and drying: research in the field. *Rep. Cocoa Conf.*
1957 *Lond.*, p. 190-102.
- HOWAT, G.R., POWELL, B.D. & WOOD, G.A.R. Experiments on cocoa fermentation
1957a in West Africa. *J. Sci. Fd Agric.*, 8:65-72.
- HOWAT, G.R. *et al.* Experiments on cocoa drying and fermentation in West Africa.
1957b *Trop. Agriculture, Trin.*, 34:249-259.
- HOWE, R.W. A laboratory study of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F)
1957 (Col. Anobiidae), with a critical review of the literature on its biology. *Bull.*
ent. Res., 48:9-56.
- HOWE, R.W. & FREEMAN, J.A. Insect infestation of West African produce imported
1955 into Britain. *Bull. ent. Res.*, 46:643-668.
- HOYNAK, S., POLANSKY, T.S. & STONE, R.W. Microbiological studies of cacao fer-
1941 mentation. *Food. Res.*, 6:471-479.
- HUDSON, G.S. *En* Smith, H.H. *Fermentation of cacao*, Capítulo 6, p. 153-220.
- HUMPHRIES, E.C. Changes in fat and theobromine content of the kernel of the cacao
1939 bean during fermentation and drying. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 8:34-37.
- HUMPHRIES, E.C. Progress report on studies in the physiology of *Theobroma cacao*
1941 with special reference to cherelle wilt. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 10:12-22.
- HUMPHRIES, E.C. Wilt of cacao fruits (*Theobroma cacao*). I. An investigation into
1943a the causes. *Ann. Bot., Lond.*, 7:31-44.
- HUMPHRIES, E.C. Wilt of cacao fruits (*Theobroma cacao*). II. A preliminary survey
1943b of the carbohydrate metabolism with special reference to wilt susceptibility.
Ann. Bot., Lond., 7:45-61.
- HUMPHRIES, E.C. Studies in the physiology of *Theobroma cacao* with special reference
1944a to cherelle wilt. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1941/44:23-27.
- HUMPHRIES, E.C. Some problems of cacao fermentation. *Trop. Agriculture, Trin.*,
1944b 21:166-169.
- HUMPHRIES, E.C. Studies on tannin compounds. I. Changes during autolysis of
1944c minced cacao bean. *Biochem. J.*, 38:182-187.
Int. choc. Rev., 5:391.
- JACQUEMIN, H. Le cacao ardoisé. *Café, Thé, Cacao*, 1(3):134-145.
1958
- JOHNSON, W.R. & FOOT, H.E. Removal of pulp from cacao beans. U.S. Patent
1954 2689181.
- KADEN, O.F. Verfahren zum Veredeln von Rohkakao und von aus ihm hergestellten
1952 Rohmassen. German Patent 831788.
- KADEN, O.F. The damage to raw cocoa in the tropics caused by storing and transpor-
1954 tation, and how to prevent it. *Gordian*, 54(1295):14-16.
- KADEN, O.F. The damage to raw cocoa in the tropics caused by storing and trans-
1955a portation, and how to prevent it. *Gordian*, 54(1299):15-17.
- KADEN, O.F. Lager- und Reiseschäden von Rohkakao in den Tropen und ihre
1955b Verhütung. *Gordian*, 55(1318):13-16.
- KADEN, O.F. Die organischen Säuren des Rohkakaos. *Gordian*, 55(1319):13-14.
1955c
- KELLEY, J.S. Comunicación personal.
- KEMPF, N.W. Factors affecting the quality of cacao beans. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*,
1953 p. 24-29.

- KEMPF, N.W. & MURER, H.K. Self-enzyme cacao process. U.S. Patent 2558854. 1951
- KENTEN, R.H. Comunicación personal.
- KENTEN, R.H. & POWELL, B.D. Production of heat during fermentation of cacao 1960 beans. *J. Sci. Fd Agric.*, 11:396-400.
- KNAPP, A.W. The fermentation of cacao. *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 43:402-404, 1924 431-434.
- KNAPP, A.W. Fermentation of Ceylon cocoa. *Trop. Agriculturist*, 63:329-332. 1924
- KNAPP, A.W. Experiments in the fermentation of cacao. *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 1926 45:140T-142T.
- KNAPP, A.W. Proposed brochure for planters. *Bull int. Choc. Cacao, Brux.*, 1:23-24. 1931
- KNAPP, A.W. Cacao fermentation in West Africa. *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 53: 1934 151T-158T.
- KNAPP, A.W. Insect pests in the cacao store. *Bull. int. Choc. Cacao, Brux.*, 5:265-277. 1935
- KNAPP, A.W. *Cacao fermentation: a critical survey of its scientific aspects*. London, 1937 Bale and Curnow. 171 p.
- KNAPP, A.W. & BOOTH, N.P. The qualities in cacao desired by manufacturers. *Proc. 1914 int. Congr. agric. trop.*, 3:225-227.
- KNAPP, A.W. & CHURCHMAN, A. *En Knapp. A.W. Cacao fermentation*. 1937
- KNAPP, A.W. & WADSWORTH, R.V. The distribution of theobromine during the fer- 1924 mentation of cacao. *J. Soc. chem. Ind., Lond.*, 43:124T-126T.
- KNAPP, A.W., WIEHR, E. & OLIVIER, L. The kind of cacao the manufacturer wants. 1932 *Bull int. Choc. Cacao, Brux.*, 2:273-286.
- KRAMER, A. & DITMAN, L.P. A simplified variable taste panel method for detecting 1956 flavour changes in vegetables treated with pesticides. *Food Tech.*, 10:155-159.
- KUPPERS, J.R. Changes in the absolute dry matter content of cacao during fermen- 1951 tation. *Trop. Agriculture, Trin.*, 28:53-56.
- LAINIZ, J.A. & BULLARD, E.T. Contenido de grasa y características de beneficia de 1958 almendras de cacao de diversos clones. *Séptima Conferencia Interamericana de Cacao, Palmira, Colombia*, p. 501-504.
- LAYCOCK, T. Experiments on the fermentation and moulding of cacao. *Annu. Bull.* 1930 *Dep. Agric. Nigeria*, 9:5-26.
- LAYCOCK, T. Further experiments in the fermentation of cacao. *Annu. Bull. Dep.* 1936 *Agric. Nigeria*, 11:11-16.
- LIPSCOMB, A.G. Quality Arriba cocoa. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 80-82. 1949
- LIPSCOMB, A.G. *Unsolved problems in the production of chocolate*. Leatherhead, 1954 British Food Manufacturing Industries Research Association. Technical Survey N° 25. 17 p.
- LLOYD, O. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 101. 1953
- LOEW, O. The fermentation of cacao. *Rep. P. R. agric. Exp. Sta.*, p. 41-52. 1907
- LOZANO, R. Beneficio del cacao en Colombia. *Séptima Conferencia Interamericana 1958 de Cacao, Palmira, Colombia*, p. 505-511.
- MACDONALD, J.A. A new method of curing small quantities of cacao. *Trop. Agri- 1936 culture, Trin.*, 13:171-174.

- MACLEAN, J.A.R. Chemistry. *Rep. W. Afr. Cocoa Res. Inst.*, 1949/50:47-53.
1951
- MACLEAN, J.A.R. Some chemical aspects of black-pod disease in West African
1953 Amelonado cacao. *Emp. J. exp. Agric.*, 21:340-349.
- MACLEAN, J.A.R. & WICKENS, R. Small scale fermentation of cocoa. *Rep. Cocoa*
1951 *Conf. Lond.*, p. 116-123.
- MACLEAN, J.A.R. & WICKENS, R. The present position of research at W.A.C.R.I.
1953 on the preparation of cocoa and the assessment of quality of the product.
Rep. Cocoa Conf. Lond., p. 34-39.
- MONCH. *Über Schokolade und die Entölung derselben, sowie über die Unrichtigkeit*
1831 *die mit Dampfmaschinen bereitete deshalb Dampfschokolade zu nenne.* Berlin,
Nicolaische Buchhandlung.
- MONRO, H.A.U. *Insect pests in cargo ships.* Canada, Department of Agriculture.
1951 Bulletin N° 855.
- MONTSERIN, B.G. Processing of cacao for the market. *Bull. Dep. Agric. Trinidad,*
1952 3:17.
- MOORES, R.G., GRENINGER, D.M. & RUSOFF, I.I. Cacao oxidase. *J. Amer. chem.*
1925 *Soc.*, 74:928-930.
- MORGAN, R.H. Concentrated fumigation. *Food Tech.*, 1(6):213-214.
1932
- MOSIMANN, G. Wodurch wird der saure Charakter der Kakaobohne bedingt? *Int.*
1947a *choc. Rev.*, (1):78; (2):105,
- MOSIMANN, G. Wodurch wird der saure Charakter der Kakaobohne bedingt? *Int.*
1947b *choc. Rev.*, (5):186.
- MUELLER, W. *Bibliography of cacao.* Hamburg, Gordian-Rieck.
1951
- NEIRINCKX, G. & JENNEN, A. Etude de la qualité du cacao: comparaison de diffé-
1952 rentes méthodes de fermentation et de séchage. *Bull. agric. Congo belge,*
43:273-382.
- NICHOLLS, L. En Smith, H.H. *Fermentation of cacao*, Chapter 7, p. 221-251.
1913
- NIEPAGE, N. Versuche zur Fraktionierung und Bausteinanalyse der Proteine in un-
1961 fermentierten und fermentierten Kakaobohnen. *Gordian*, 61(1445): 13-20.
- NOYES, W. & CAMPBELL, L. Cacao moth. En *Food industries manual.* London,
1933 Leonard Hill, p. 68.
- PALMA, M. *The processing of fresh cacao seeds.* Venezuela, Dirección de Agricultura,
1951 Sección del Cacao. 33 p.
- PASSMORE, F.R. A survey of damage by insects and moulds to West African cacao
1932 before storage in Europe: season 1930-31. *Bull. imp. Inst., Lond.*, 30:296:305.
- PEROT, E. Observations on the preparation of cacao. *C. R. Acad. Sci. Paris,*
1913 156(18):1394-1396.
- Pest infestation research, 1958.* London, H.M.S.O., p. 19-20.
1959
- Pest infestation research, 1959.* London, H.M.S.O., p. 8, 22.
1960
- PHILLIS, E. Temperature during cocoa fermentation. *Proc. agric. Soc. Trin. Tob.,*
1948 48:223-225.
- POWELL, B.D. The rapid artificial drying of cocoa and chocolate flavour. *Trop.*
1958 *Agriculture, Trin.*, 35:200-204.
- POWELL, B.D. Cocoa fermentation: a note on the anaerobic and aerobic phases.
1959 *Chem. & Ind.*, 31:991.

- POWELL, B.D. & WOOD, G.A.R. Storage, transport and shipment of cocoa. 1. Prevention of moulding in storage. 2. Protection during handling and shipment. *World Crops*, 11:314-316, 367-368.
1959
- PREUSS, P. Die Aufbereitung des Kakaos. *Tropenpflanzer*, 29:343-350.
1926
- PREYER, A. En Smith, H.H. *Fermentation of cacao*, p. 23.
1913
- PURR, A., SPRINGER, R. & MORCINEK, H. Über enzymatische Veränderungen in Kakaobohnen während der Fermentierung. *Z. Lebensmittelforsch.*, 112:40-46.
1960
- QUESNEL, V.C. Curing cocoa in the laboratory. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, 150-156.
1957
- QUESNEL, V.C. An index of completion of the fermentation stage in cacao curing. *Séptima Conferencia Interamericana de Cacao, Palmira, Colombia*, 512-517.
1958
- RAWNSLEY, J. *Discusión general de las infestaciones por insectos del cacao en grano comercial*. Ponencia presentada a la Primera reunión técnica de la FAO sobre el cacao, Ghana, Quinta sesión técnica.
1959a
- RAWNSLEY, J. *Insecticidal fogging of cocoa sheds*. Accra, Ghana, Cocoa Marketing Board. Publication N° 12.
1959b
- RAWNSLEY, J. Review of work on the control of insects in stored food produce. *Report Seventh Commonwealth Entomological Conference, Lond.*, 1960:282-284.
1960a
- RAWNSLEY, J. *Advances in the progress of short-period fumigation of cocoa stacks inside sheds*. Accra, Ghana, Cocoa Marketing Board. Publication N° 14.
1960b
- RAWNSLEY, J. *A simple advance in the injection of insecticidal fog into storage sheds*. Accra, Ghana, Cocoa Marketing Board. Publication N° 15.
1961a
- RAWNSLEY, J. *An economical method for the preservation of the quality of cocoa during storage*. Accra, Ghana, Cocoa Marketing Board. Publication N° 16.
1961b
- RAWNSLEY, J. The economic aspects of the preservation of quality in stored cocoa in Ghana. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, 174-176.
1961c
- RICHARDS, O.W. & WALOFF, N. The study of a population of *Ephestia elutella* Hübner (Lep., Phycitidae) living on bulk grain. *Trans. R. ent. Soc. Lond.*, 97:253-298.
1946
- RILEY, J. A survey of the build up of infestation in bagged cocoa beans in store in Western Nigeria. *Bull. ent. Res.*, 48:75-78.
1957
- ROELOFSEN, P.A. Fermentation, drying and storage of cocoa beans. *Advances in Food Research*, 8:225-296.
1958
- ROELOFSEN, P.A. Comunicación personal.
1961
- ROELOFSEN, P.A. & GIESBERGER, G. Onderzoekingen over cacaobereiding. (Investigaciones sobre el beneficio del cacao.) *Arch. Koffiecult. Ned.-Ind.*, 16(1):159.
1947
- ROESCH, E., SCHUBIGER, G.F. & EGLI, R.H. Biochemical changes in cocoa beans during germination and growth. Leatherhead, British Food Manufacturing Industries Research Association. *Scientific and Technical Survey* N° 38, p. 3-12.
1961
- ROHAN, T.A. Cacao preparation and quality. *Rep. W. Afr. Cocoa Res. Inst.*, 1956/1957a 1957:76-79.
- ROHAN, T.A. Observations on the fermentation of West African amelonado cocoa. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, 203-207.
1957b
- ROHAN, T.A. Cocoa fermentation, preparation and quality: fermentation. *Rep. W. Afr. Cocoa Res. Inst.*, 1957/58:60-63.
1958a
- ROHAN, T.A. Processing of raw cocoa. I. Small-scale fermentation. *J. Sci. Fd Agric.*, 9:104-111.
1958b
- ROHAN, T.A. Processing of raw cocoa. II. Uniformity in heap fermentation and development of methods for rapid fermentation of West African amelonado cocoa. *J. Sci. Fd Agric.*, 9:542-551.
1958c

- ROMBOUTS, J.E. Observations on the microflora of fermenting cacao beans in Trinidad, 1952. *Proc. Soc. appl. Bact.*, 15(1):103.
- ROMBOUTS, J.E. Contribution to the knowledge of the yeast flora of fermenting cocoa: a critical review of the species previously described from cocoa. *Trop. Agriculture, Trin.*, 30:34-41.
- SACK, J. En Smith, H.H. *Fermentation of cacao*, Capítulo 5, p. 134-152. 1913
- SAPOSHNIKOVA, K. Changes in the acidity and carbohydrates during growth and ripening of the cacao fruit: variations of acidity and weight of seeds during fermentation of cacao in Venezuela. *Agron. trop. Maracay*, 2:185-195.
- SCHRORMÜLLER, J. & Winter, H. Über den Aminosäuregehalt von Proteinen der Kakaobohne. *Nahrung*, 3:187-192.
- SCHULTE-IM-HOFE, A. En Smith, H.H. *Fermentation of cacao*, Capítulo 4, p. 76-133. 1913
- SCOTT, J.L. Preliminary observations on the moisture content and hygroscopicity of cacao beans. *Bull. Dep. Agric. Gold Cst., Yearb.* 1928, 58-73.
- SMITH, H.H. *Fermentation of cacao*. London, Bales and Danielsson. 318 p. 1913
- SOLOMON, M.E. & ADAMSON, B.E. The powers of survival of storage and domestic pests under winter conditions in Britain. *Bull. ent. Res.*, 46:311-355.
- SPOON, W. Wiessenflecken in Ghana Kakao. *Zucker- Süßwaren-Wirtschaft*, 11:348-349. 1958
- STEVENS, F.L. Regarding the curing of cacao. *Bull. Dep. Agric. Trinidad*, 21:27-35. 1925
- SUCHTELEN, N.J. VAN. Comunicación personal.
- SWAIN, T. *The polyphenolic compounds of cacao*. Leatherhead, British Food Manufacturing Industries Research Association. Scientific and Technical Survey N° 23. 1954
- SWAIN, T. Cacao fermentation. *Chem. & Ind.*, 543-545. 1957
- TAUBERT, A. Beeinflussung des Kakao- Geschmacks und- Aromas durch technologische Vorgänge. *Gordian*, 55(1313):14-16. 1955
- THALER, H. Die löslichen Kohlenhydrate der Kakaobohne. *Naturwissenschaften*, 1954 41:432.
- THEIMER, O.F. On the storage of raw cocoa beans in silo compartments. *Int. choc. Rev.*, 13:122-126. 1958
- URQUHART, D.H. *Report on the cocoa industry in the French Ivory Coast*. Bournville, Cadbury. 32 p. 1955
- URQUHART, D.H. *Notes on cocoa in some countries of S.E. Asia and the Pacific: Ceylon, Hawaii, Thailand, Malaya, Papua and New Guinea, the Fiji Island group*. Bournville, Cadbury. 38 p. 1957
- URQUHART, D.H. *Cocoa*. 2nd ed. London, Longmans, Green. 293 p. 1961
- URQUHART, D.H. & WOOD, G.A.R. *Report on visit to the cocoa zone of Bahia, Brazil*. Bournville, Cadbury. 1954
- WADSWORTH, R.V. The theobromine content of cacao-beans and cocoa. *Analyst*, 1922 47(553):152-163.
- WADSWORTH, R.V. Assessment of quality. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 80-81. 1951
- WADSWORTH, R.V. The preparation of cocoa. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 131-142. 1955
- WADSWORTH, R.V. & HOWAT, G.R. Cocoa fermentation. *Nature, Lond.*, 174:392-394. 1954

- WAGNER, F. Bekämpfung der Kakaomotte durch gas. *Bull. int. Choc. Cacao. Brux.*, 1932 2:177-190.
- WALOFF, N. & RICHARDS, O.W. Observations on the behaviour of *Ephesia elutella* 1946 (Lep., Phycitidae) breeding on bulk grain. *Trans. R. ent. Soc. Lond.*, 97: 299-335.
- WEEVERS, T. Functions of xanthine derivatives in plant metabolism. *Arch. néer. Sci.*, 1930 (IIIb):111-195.
- WHITWORTH, F. & HOLLOWAY, H.L. A rotary fermentation box. British Patent 1925 253989.
- WHYMPER, R. *Cocoa and chocolate: their chemistry and manufacture*. London, 1921 Churchill. 568 p.
- WHYMPER, R. *En Knapp, A.W. Cacao fermentation*, p. 67. 1937
- WICKENS, R. Cacao fermentation. *Proc. W. Afr. int. Cacao Res. Conf.*, p. 67-68. 1953
- WICKENS, R. Cacao fermentation and quality. *Rep. W. Afr. Cocoa Res. Inst.*, 1953/1954 1954:41-43.
- WILBAUX, R. *Recherches préliminaires sur la préparation du cacao*. Bruxelles, Institut national pour l'étude agronomique du Congo belge. Série scientifique N° 15. 1937 71 p.
- WOLF, G. Studien über den Inhalt im Hinblick auf ihre Bedeutung für die sinnes- 1958 physiologischen Eigenschaften. *Nahrung*, 2:948-968.
- WOOD, G.A.R. *Report on cocoa growing in the Dominican Republic, Mexico, Guate- 1957a mala and Costa Rica*. Bournville, Cadbury. 40 p.
- WOOD, G.A.R. Artificial drying of cocoa. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 212-220. 1957b
- WOOD, G.A.R. *Cocoa growing in Venezuela, Colombia and Ecuador*. Bournville, 1959 Cadbury.
- WOOD, G.A.R. Experiments on cocoa drying in the Cameroons. *Trop Agric.*, 38:1-11. 1961
- ZELLER, T. Improvements in or relating to the preparation of fresh cacao beans. 1928 British Patent 304181.
- ZELLER, T. *En Knapp, A.W. Cacao fermentation*. 1937

ALGUNAS REFERENCIAS SUPLEMENTARIAS DE LITERATURA IMPORTANTE

- ADAMO, G. Trigonelline and niacine in coffee, tea and cocoa. *Ann. Chim. (Rome)*, 1955 45:274-278.
- All electric cocoa and coffee drier. *Commonw. Producer*, 370:44. 1959
- ALVES, J. (Estudios sobre la fermentación del cacao en Bahia). *Bol. Inf. Inst. Cacau*, 1959 Bahia, 51/52:3-4. (En portugués).
- AMMAN, W. Neue Grundlagen zur Rohbohlenbewertung. *Int. choc. Rev.*, :11:317. 1951
- ASHBY, S.F. Sweating of cacao. *Trop. Agriculture, Trin.*, 2:99-101. 1925
- BAILEY, S.D. *et al.* Studies on the volatile components of different varieties of cocoa 1962 beans. *J. Fd Sci.*, 27:165-170.
- BARTLEY, B.G.D. Trinitario-Scavina hybrids: new prospects for cacao improvement. 1958 *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, 1957:36-40.
- BELLEFROID, V. DE. Notes sur la fermentation du cacao. *C.R. 4^o Congr. int. tech. chim. ind. agric., Bruxelles*, 3:608-613. 1935
- BIEHL, B. Untersuchung der Kakaofermentation in Bahia in ihrer Wirkung auf die 1958 Veränderung der freien Aminosäuren in den Kakaokernen. Hamburg. (Tesis)
- BIENFAIT, A. Les bases xanthiques des fèves de cacao du Congo belge. *Bull agric. Congo belge*, 50:689-696. 1959
- BISCAIA, A.L. & NOVIS, J.A. Der biologische Wert des Thiamins im Samen von 1961 Bahia-Kakao: Verteilung zwischen Schale und Kern. *Gordian*, 61 (1453): 10-12.
- BRIDGLAND, L.A. Cacao processing: history and principles. *Papua N. Guinea agric. J.* 1959a 12:49-85.
- BRIDGLAND, L.A. Processing methods for cacao growers in Papua and New Guinea. 1959b *Papua N. Guinea agric. J.*, 12:87-115.
- BUNTING, R.H. Defective cacao. *Bull. Dep. Agric. Gold Cst, Yearb.* 1928, (16):37-43. 1929a
- BUNTING, R.H. Fungi occurring in cacao beans. *Bull Dep. Agric. Gold Cst, Yearb.* 1929b 1928, (16):44-57.
- BUNTING, R.H. Actinomyces in cacao-beans. *Ann. appl. Biol.*, 19-515-517. 1932
- BUSSE, W., HENNEBERG, W. & ZELLER, T. Neue Untersuchungen und Versuche über 1929 die Fermentation des Kakaos. *Tropenflanzer*, 26(1):1-87.
- CAMPBELL, L.L.E. *The aims of plant breeding and the preparation and quality of cocoa.* 1951 London, Cocoa, Chocolate and Confectionery Alliance.
- CHIERICHETTI, G. New methods of fermenting cocoa. *Bull int. Choc. Cacao Brux.*, 1939 9:335-340.
- CIFERRI, R. Studien über Kakao. I. Untersuchungen über den muffigen Geruch der 1927 Kakaobohnen. *Zbl. Bakt. Abt.*, 71:80-93.

- Cocoa issue. *Agric. J., Fiji*, 29(2-3):79-111.
1949
- CONATY, F.N.G. & SMITH, N. Microfermentation of cocoa for selection work. *Malay. agric. J.*, 41:39-45.
1958
- COULL, R. Preliminary attempts to reproduce the conditions causing white spot on cocoa. *J. Gould Cst agric. Soc.*, 4:143.
1925
- Criteria for judging the quality of West African cocoa. Caribbean Commission, Publications Exchange Service. *Cocoa*, 64:1-12.
1958
- DADE, H.A. Internal moulding of prepared cacao: an investigation of the causes of mouldiness of cured cacao. *Bull. Dep. Agric. Gold Cst, Yearb.* 1928, (16): 74-100.
1929
- DERIBERE, M. Le séchage infra-rouge du riz et du cacao. *Rev. int. Prod. colon.*, 26 (261/262):133.
1951
- DIEMAIR, W., ACKER, L. & LANGE, H. Changes in the cocoa bean on roasting. III. Proteins, amino acids, furfural. *Curr. Abstr.*, 14:2017-2020.
1960
- DITTMAR, H.F.K. Cacao fermentation. *Z. LebensmittUntersuch.*, 98:274-284.
1954a
- DITTMAR, H.F.K. *Contribuição para o conhecimento da fermentação de cacua.* Bahia, 1954b Brasil, Instituto de Tecnologia.
- DITTMAR, H.F.K. The composition of the pulp of various varieties of Bahia cocoa. *Gordian*, 56(1334)-18-19.
1956a
- DITTMAR, H.F.K. Relationship between iodine values and the degrees of fermentation in Bahia cocoa. *Süßwarenwirtschaft*, 9:683-685.
1956b
- DITTMAR, H.F.K. Untersuchungen an Kakao-Fruchtschalen. *Gordian*, 58(1387): 48-49.
1958
- DITTMAR, H.F.K. & RAIMANN, E.Z. [Sobre la relación entre el índice de yodo y el grado de fermentación del cacao de Bahia]. *Bol. Inf. Inst. Cacao, Bahia*, 44:11-14. (En portugués).
1959
- DODD, A.S. The natural occurrence of boron compounds in cacao and cacao products. *Analyst*, 52:459-466.
1927
- EDEN, D.R.A. New methods in the processing of cacao-beans in Western Samoa. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 16-19.
1953
- EDEN, D.R.A. The cocoa industry in New Britain. *Quart. Bull. South Pacific Commission*, 8(4):34-36.
1958a
- EDEN, D.R.A. The Samoan cocoa drier. Caribbean Commission, Publications Exchange Service. *Cocoa*, 66:1-24.
1958b
- EDEN, D.R.A. The Samoan hot-air cocoa drier. *Quart Bull. South Pacific Commission*, 9(2):42-43.
1959
- ELSWORTH, O. Apparatus for drying coconut, coffee or cacao beans, roots or other products. British Patent 407453.
1934
- EYRE, J.E. Cultural studies on the Aspergilli, with special reference to lipase production of strains isolated from stored copra and cacao. *Ann. appl. Biol.*, 19: 351-369.
1932
- FERRAO, J.E.M. Acides aminés du cacao San Thomé. *Inter-African Nutrition Conference, Luganda, Angola, Session 3.*
1956
- FERRAO, J.E.M. [Influencia del secado sobre el contenido de aminoácidos esenciales del cacao de S. Tomé]. *Agron. Angolana*, 11:29-37. (En portugués).
1957
- FICKER, M. & LILIENFELD-TOAL, O.A. Observations on the fermentation of cacao in Brazil. *Tropenpflanzer*, 33:408-415, 439-452.
1930

- FORSYTH, W.G.C. Purple beans. *Rep. Cocoa Conf. Lond.*, p. 351-369.
1953
- GERALDES, C. DE M. Improving the fermentation of cacao by suppression of the 1939 acetic acid fermentation. *An. Inst. sup. Agron. Lisboa*, 10:149-152.
- GRAY, G.A. & HADLEY, F.A. *The fermentation and drying of cocoa beans*. Trinidad, 1960 Cocoa Planters' Association of Trinidad. 30 p.
- GRIMALDI, J. Un procédé de fermentation du cacao au Cameroun. *Conferencia 1954 Interamericana de Cacao, Turrialba*. Vol I, Sección Bioquímica.
- GUADELUPE ESCAMILLA, J. *La buba del cacao*. México, Instituto de Investigaciones 1960 Agrícolas. Broch. Gua. 63 C-74.
- HALL, C.W. Equilibrium moisture content of cocoa beans. *Acta agron.*, 10:53-56.
1960
- HERNÁNDEZ, S.A. Fermentación del cacao. *Café y Cacao (Venezuela)*, 3:8.
1957
- HIMME, M. VAN. Le bouturage du cacaoyer technique d'avenir. *Bull. Inst. nat. Etude 1960 agron. Congo*, 9:273-296.
- HOLST, H. *Kleine Kakaokunde*. Hamburg, Cram. de Gruyter. 217 p.
1960
- HUNTER, J. R. Germination in *Theobroma cacao*. *Cacao*, 4,(4):1-7.
1959
- JAKOBS, H. Fermentation expérimentale du cacao Criollo à Java. *Circ. périodique 1959 Off. int. Cacao Choc.*, 93:47.
- JORGENSEN, H. & SORROSA, L. Proceso de curamiento de almendras de cacao bajo 1958 agua con temperatura controlada. *Séptima Conferencia Interamericana de Cacao, Palmira, Colombia*, p. 495-500.
- KEITHAN, E. Cacao industry of Brazil. *Econ. Geogr.*, 15:195-204.
1939
- KELM, W. & BECK, E. The conditioning of broken cocoa kernels according to Kapag 1961 process. *Fette, Seifen, Anstrichmitt.*, 63:717-721.
- KENTEN, R.H. & ALLISON, H.W.S. Cocoa preparation and quality. *Rep. W. Afr. 1960 Cocoa Res. Inst.*, 1958/59:55-58.
- KHAN, K.F. Why not commercialize the chocolate tree? *Indian Fmg*, 9(4):25.
1959
- KNAPP, A.W. Scientific aspects of cacao fermentation. *Bull. imp. Inst., Lond.*, 33:
1935 31-49, 147-161, 306-319.
- LAMIE, J. Fermentation and refermentation of cacao beans. *Coffee and Cacao Inf. 1958 Bull.*, 1(5):36, 42.
- LAYCOCK, T. An investigation of the causes of mouldiness of cured cacao. *Annu. 1928 Bull. Dep. Agric. Nigeria*, 7:5-16.
- LEA, C.H. Chemical changes in the preparation and storage of dehydrated foods. 1958 En *Fundamental aspects of the dehydration of foodstuffs*. New York, Macmillan, p. 178-196.
- LIABEUF, J. La production du cacao en Colombie. *Café, Cacao, Thé*, 3(2):67-75.
1959
- LIEVANO, E.M. Effect of revolving the batch on temperature and pH during fermen- 1951 tation of cocoa. *Acta Agron., Colombia*, 1:183-203.
- MCLAUGHLIN, W.B. Curing cacao beans. United States Patent 1575371.
1902
- MARCHAND, P. Les conditions du transport maritime des fèves de cacao. *Agron. 1954 trop.*, 9:610-622.
- MARTELLI, H.L. & DITTMAR, H.F.K. Cacao fermentation. V. Yeasts isolated from 1961 cacao beans during the curing process. *Appl. Microbiol.*, 9:370-371.

- MILES, A.C. *Report on the Department of Agriculture, Gold Coast, for the year 1934-35.* 1935 Accra, p. 2-5.
- MILSTEAD, H.P. Cacao industry of Grenada. *Econ. Geogr.*, 16:195-203. 1940
- MIRANDA, S. DA S. Experimento sobre fermentação de cacua. *Conferencia Inter-americana de Cacao, Salvador.* 1956
- MITCHELL, D.G. The impact of cocoa bean quality on chocolate products. *Zucker-Süßwaren-Wirtschaft*, 13:584-586, 614, 617. 1960
- MONTSERIN, B.G. Memorandum on the grading of cocoa for export. *J. agric. Soc. Trin. Tob.*, 55:320-323. 1955
- MÜLLER, B. An improved process for, and apparatus for use in the fermentation of cocoa beans. *British Patent* 305236. 1928
- MURRAY, D.B. & GRIFFITHS, L.A. Effects of delayed filling of cacao fermenting boxes. *Rep. Cacao Res. Trinidad*, 1957/58:67-69. 1959
- MYLORD, E. *Kakao, Anbau und Düngung.* Bochum, Ruhr-Stickstoff. A.G. 109 p. 1953
- NAMOCALÉ, P.N. How to control cacao moth in warehouses. *Coffee and Cacao Information Bull.*, 1(10):94. 1958
- NEIRINCKX, G. & STRUELENS, H. Le cacao du Congo belge: étude chimique des fèves: action de la fermentation sur les constituants. *Bull. agric. Congo belge*, 48:1445. 1957
- NIEPAGE, N. Vergleichende Untersuchungen an Proteinen aus fermentierten und unfermentierten Kakaobohnen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Fraktionierung und Bausteinanalyse. Hamburg. (Tesis). 1959
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1959 *Informe de la Primera reunión técnica de la FAO sobre el cacao, Accra, Ghana.* Roma. Informe de la reunión 1959/1.
- PARLOW, R. Horizontale Kakaopressen. *Zucker-Süßwaren-Wirtschaft*, 13:838-839. 1960
- PILLARD, M. Le conditionnement du cacao des territoires d'outre-mer. *Agron. trop.*, 1954 9:595-609.
- PIELLARD, M. *et al.* La préparation du cacao. *Agron. trop.*, 9:584-594. 1954
- Preparation of cacao for the market. *Cacao*, 3(12):2. 1956
- Preparation of Trinidad cacao. *J. agric. Soc. Trin. Tob.*, 58:39. 1958
- Prepareren van cacaobonen. (El beneficio de los granos de cacao). *Cacao, chocolate en Suikerwerken*, 25(3):94-95. 1957
- Quality in cocoa: importance of careful preparation. *Farmer, Jamaica*, 59 (1, 2, 3):11. 1955
- QUESNEL, V.C. The anaerobic phase in cacao fermentation. *Chem. & Ind.*, 4:101. 1960
- RANALLI, A.W. Changes in cocoa tannins during processing. *Diss. Abstr.*, 20:638. 1959
- RANSOM, W.H. Storage of crops in the tropics: the design and construction of stores. 1961 *World Crops*, 13:425-428.
- RAWNSLEY, J. *The short period fumigation of cocoa beans in lighters at Takoradi.* Accra, Ghana, Cocoa Marketing Board. Insect Control Unit Publication N° 2.
- Recent advances in cocoa fermentation. *J. agric. Soc. Trin. Tob.*, 59:414-420. 1959

- REINO UNIDO. COLONIAL OFFICE. *Report and proceedings of the Cocoa Research Conference held at the Colonial Office.* London, H.M.S.O. Colonial N° 192. 1945 168 p.
- RENAUD, R. Influence de l'état des cabosses sur le rendement et la qualité du cacao marchand. Bingerville. Centre de recherches agronomiques, *Bull.* 5:26-35. 1952
- RENAUD, R. Les moisissures du cacao marchand. Bingerville, Centre de recherches agronomiques, *Bull.* 7:45-64. 1953
- RENAUD, R. La qualité du cacao: les moisissures des fèves fermentées. *Agron. trop.*, 1954 9:563-583.
- Research on infestation of stored products. *Ann. appl. Biol.*, 17:400-407. 1930
- ROBERTS, J.B. Cacao fermentation: the existence of anaerobic cotyledons during fermentation. *Chem. & Ind.*, 45:1410. 1959
- ROBINSON, T. *et al.* Changes in cocoa tannins during processing. *J. agric. Fd Chem.*, 1961 9:295-298.
- SARTORY, A. & MEYER, J. Etude d'une nouvelle espèce d'*Aspergillus*, *Aspergillus halophilus*. *Ann. mycol., Berl.*, 28:362-363. 1930
- SAUDA, G. Etude sur le stockage des cafés et cacaos à Douala. *Café, Thé, Cacao*, 1957 1(1):10-17.
- SCHMALFUSS, H. & BARTHMEYER, H. Detection of diacetyl and acetyl methyl carbinol in foodstuffs. *Z. Untersuch, Lebensmitt.*, 63:283-288. 1932
- SCHREUDER, W.H.E. & SPOON, W. *Schimmelaanstasting van cacobonen* [El moho de los granos de cacao]. Amsterdam, Koninklijk Instituut voor de Tropen. Afdeling Tropische Producten, Berichten N° 243. 1954
- Séptima Conferencia Interamericana de Cacao, Palmira*, 479-520. 1958
- SHEPHARD, C.Y. The cacao industry of Trinidad: some economic aspects. *Trop. Agriculture, Trin.*, 13:285. 1936a
- SHEPHARD, C.Y. The cacao industry of Trinidad: a financial survey of estates during the seven years 1923-4 to 1929-30. *Trop. Agriculture, Trin.*, 13:327. 1936b
- SHEPHARD, C.Y. Report on cooperative cocoa fermentaries in Tobago. Caribbean Commission, Publications Exchange. *Cocoa*, 37:1-6. 1957
- SILLS, V.E. Chocolate flavour and the quality assessment of Fiji cocoas for 1955/56. *Agric. J., Fiji*, 28(3-4):62. 1957
- SILLS, V.E. The preparation of cocoa. *Agric. J., Fiji*, 29:76-90. 1959
- SILLS, V.E. Cocoa bean studies in Fiji. *Quart. Bull. South Pacific Commission*, 1960 10(2):28-31.
- SMITH, G.W. Cacao in Trinidad. *World Crops*, 12:355. 1960
- STEMSON, B.T. Investigations into the relative humidity of air in cacao stores. *Bull. Dep. Agric. Gold Cst, Yearb.* 1929 22:45-53. 1930
- STEINMANN, A. Fermentation of cocoa in Java. I. *Arch. Cacao*, (1):5-39. 1927
- STEINMANN, A. Fermentation of cocoa in Java. II. Biology of cocoa: fermentation. *Arch. Cacao*, (3):71-78. 1928
- SUCHTELEN, N.J. VAN. Rapport. Werkgroep Cacao 1957. [Informe. Grupo de Trabajo sobre el cacao 1957]. Suriname, Department van Landbouw Veetelt en Visserij. *Verslag*, 36:1-13. 1959
- Suppression de la saveur amère des grains de cacao. *Rev. int. Prod. colon.*, 36(376):32. 1961

- TAMM, W. Schokolade und Süßwaren. *En* Engerth, H. ed. *Die Anwendung der Kälte* 1960 *in der Lebensmittelindustrie*. Berlin, Springer, p. 425-435.
- TAN, A.D. [Clasificación y selección del cacao]. *Menara Perkebunan*, 28(8):161-164, 1959 (En indonesio).
- THIO, G.L. [La fabricación de chocolate en pequeña escala para ensayar la cualidad 1958 de los granos de cacao]. *Menara Perkebunan*, 27(10):247-248. (En indonesio).
- TISSOT, P. La fermentation du cacao. *Rev. Bot. appl.*, 16(176):264-276. 1936
- TOLLENAAR, D. *Nebulização do cobre aplicado as folhas, um metodo para aumentar* 1958 *a produção de cacau: palestra realizada na cidade de Itabuna em 20 de Junho de 1958*. Bahia, Instituto de Cacau.
- URQUHART, D.H. *Report on the expansion of the cocoa industry in Jamaica*. Bournville, Cadbury. 1957
- URQUHART, D.H. *Report on the cocoa industry in Sierra Leone*. Bournville, Cadbury. 1955
- VISSER, C. Cocoa shells as cattle food. *Landbouw Documentatie*, 15:835-839. 1959
- VYLE, L.R. Chocolate flavour: its assessment and speculation as to its probable origin. 1959 *Trop. Agriculture, Trin.*, 36:287-98.
- WADSWORTH, R.V. Quality of raw cocoa as it affects the manufacturer. *Trop. Agriculture, Trin.*, 32:1-9. 1955
- WEISS, F.J. *Cacao and sugar*. New York, Sugar Research Foundation. 1948
- WEST, J. Butter-fatcontent of "black" cocoa. *Bull. imp. Inst.*, 41:234-236. 1943
- ZENLEA, B.J. Raw material selection basic to finished products quality. *Food Industr.*, 1936 8:227-229.

AGENTES DE VENTA DE PUBLICACIONES DE LA FAO

Alemania	Paul Parey, Lindenstrasse 44-47, Berlín SW 61.
Argentina	Editorial Sudamericana, S.A., Alsina 500, Buenos Aires.
Australia	R.W. Barclay, 90 Queen Street, Melbourne C. 1., Victoria.
Austria	Wilhelm Frick Buchhandlung, Graben 27, Viena 1.
Bélgica	Agence et Messageries de la Presse, 14-22 rue du Persil, Bruselas.
Birmania	<i>Ventas al por mayor:</i> Orient Longmans Private Ltd., 17 Chittaranjan Avenue Calcuta 13, India.
Bolivia	Librería y Editorial «Juventud», Plaza Murillo 519, La Paz.
Brasil	Fundação Getulio Vargas, Praia de Botafogo 186, Río de Janeiro.
Canadá	Queen's Printer, Ottawa.
Ceilán	M.D. Gunasena and Co. Ltd., 217 Norris Road, Colombo 11.
Colombia	«Agricultura Tropical», Avenida Jiménez N° 7-25, Ofcs. 811/816, Bogotá; Librería Central, Calle 14, N° 6-88, Bogotá.
Corea	The Eul-Yoo Publishing Co., Ltd. 5, 2-Ka, Chong-ro, Seúl.
Costa Rica	Imprenta y Librería Trejos, Apartado 1313, San José.
Chile	Sala y Grijalbo Ltda., Bandera 140-F, Casilla 180-D, Santiago.
Chipre	Cyprus National Youth Council, 192 Ledra Street, Nicosia
Dinamarca	Ejnar Munksgaard, Prags Boulevard 47, Copenhagen S.
El Salvador	Manuel Navas y Cía., 1ª Avenida Sur 35, San Salvador.
España	Librería Mundi-Prensa, Castelló 37, Madrid; José Bosch, Librero, Ronda Uni- versidad 11, Barcelona; Librería General, S, Miguel 4, Zaragoza.
Estados Unidos de América	Columbia University Press, International Documents Service, 2960 Broadway, Nueva York 27, N.Y.
Etiopía	International Press Agency, P.O. Box 120, Addis Abeba.
Filipinas	The Modern Book Company, 518-520 Rizal Avenue, Manila.
Finlandia	Akateeminen Kirjakauppa, 2 Keskuskatu, Helsinki.
Francia	Les Editions A. Pedone, 13 rue Soufflot, París 5 ^e .
Grecia	«Eleftheroudakis», Constitution Square, Atenas. Institute of Scientific Pu- blications, 9 Amerikis Street, Atenas.
Guatemala	Sociedad Económico Financiera, Edificio Briz, Despacho 207, 6ª Av. 14-33, Zona 1, Guatemala.
Haití	Max Bouchereau, Librairie «A la Caravelle», B.P. 111B, Puerto Príncipe.
Hong Kong	Swindon Book Co., 25 Nathan Road, Kowloon.
India	<i>Ventas al por mayor:</i> Orient Longmans Private Ltd., 17 Chittaranjan Avenue, Calcuta 13; Nicol Road, Ballard Estate, Bombay; 36-A Mount Road, Madrás; Kanson House, 24/1 Asaf Ali Road, Post Box 386, Nueva Delhi; Gunfoundry Road, Hyderabad 1; <i>Ventas al por menor:</i> The Book and Stationery Co., Scindia House, Nueva Delhi; 17 Park Street, Calcuta.
Indonesia	Pembangunan Ltd., 84 Gunung Sahari, Yakarta.
Irak	Mackenzie's Bookshop, Bagdad.
Irán	Bagher Shariat, Atabak Road, Ferdowsi Str., Teherán.
Irlanda	The Controller, Stationery Office, Dublín.
Islandia	Halldor Jonsson, Fornhagi 19, Reykjavik; Jonsson and Juliusson, Garöastraeti 2, Reykjavik.
Israel	Blumstein's Bookstores Ltd., P.O. Box 4101, Tel Aviv.
Italia	Libreria Internazionale Rizzoli, Largo Chigi, Roma; A.E.I.O.U., Via Mera- vigli 16, Milán.

AGENTES DE VENTA DE PUBLICACIONES DE LA FAO

Japón	Maruzen Company Ltd., Tori-Nichome 6, Nihonbashi, Tokio.
Líbano	Librairies Antoine, B.P. 656, Beirut.
Malasia	Caxton Stationers Ltd., 13 Market Street, Kuala Lumpur.
Marruecos	Centre de diffusion documentaire du B.E.P.I., 8 rue Michaux-Bellaire, Rabat.
México	Manuel Gómez Pezuela e Hijo, Donceles 12, México, D.F.
Nigeria	University Bookshop Nigeria Ltd., University College, Ibadán.
Noruega	Johan Grundt Tanum, Karl Johansgt. 43, Oslo.
Nueva Zelandia	Government Printing Office: Government Bookshops at State Advances Buildings, Rutland Street, P.O. Box 5344, Auckland; 20 Moleworth Street, Private Bag, Wellington; 112 Gloucester Street, P.O. Box 1721, Christchurch; Stock Exchange Building, corner Water and Bond Streets, P.O. Box 1104, Dunedin.
Países Bajos	N.V. Martinus Nijhoff, Lange Voorhout 9, La Haya.
Pakistán	Occidental: Mirza Book Agency, 65 The Mall, Lahore 3. Oriental: Orient Longmans Ltd., 36/1 Toynbee Circular Road, Motijheel Commercial Area, Dacca 2.
Panamá	Agencia Internacional de Publicaciones J. Menéndez, Plaza de Arango 3, Panamá.
Paraguay	Agencia de Librerías de Salvador Nizza, Calle Pte. Franco N° 39-43, Asunción.
Perú	Librería Internacional del Perú, S.A., Casilla 1417, Lima.
Polonia	Ars Polona, Krakowskie Przedmiescie 7, Varsovia.
Portugal	Livraria Bertrand, S.A.R.L., 73-75 Rua Garrett, Lisboa.
Reino Unido y Colonias de la Corona	H.M. Stationery Office, P.O. Box 569, Londres, S.E.1. <i>Sucursales:</i> 13 ^a Castle Street, Edinburgh 2; 35 Smallbrook, Ringway, Birmingham 5; 50 Fairfax Street, Bristol 1; 39 King Street, Manchester 2; 109 St. Mary Street, Cardiff; 80 Chichester Street, Belfast.
Sudáfrica	Van Schaik's Book Store, P.O. Box 724, Pretoria.
Suecia	C.E. Fritze, Fredsgatan 2, Estocolmo 16; Gumports AB, Gotemburgo; Almqvist & Wiksell Lindstahl AB, Wenner-Gren Center, Sveavägen 166, Estocolmo Va.
Suiza	Librairie Payot, S.A., Lausana y Ginebra; Hans Raunhardt, Kirchgasse 17, Zurich 1.
Tailandia	Los pedidos deben dirigirse a: FAO Regional Office for Asia and the Far East, Maliwan Mansion, Bangkok.
Taiwán	The World Book Company, Ltd., 99 Chungking South Road, Section 1, Taipeh.
Turquía	Librairie Hachette, 469 Istiklal Caddesi, Beyoglu, Estambul.
Uruguay	Héctor d'Elia, Oficina de Representación de Editoriales, Plaza Cagancha 1342, Montevideo.
Venezuela	Suma, S.A., Calle Real de Sabana Grande, Caracas; Librería Politécnica, Apartado del Este, 4845, Caracas.
Yugoeslavia	Drzavno Preduzece, jugoslovenska Knjiga, Terazije 27/11, Belgrado; Cankarjeva Založba, P.O. Box 41, Ljubliana.
Otros países	Los pedidos procedentes de países en donde aún no han sido designados agentes distribuidores, pueden hacerse directamente a la Sección de Distribución y Venta, FAO, Via delle Terme di Caracalla, Roma, Italia.

Los precios de las publicaciones de la FAO se cotizan, como norma general, en dólares de los E.U.A., pero pueden abonarse en moneda de los respectivos países.

Precio: \$ 3.50

7.64/S/1/2.400