

1009

Centro Interamericano de
Documentación e Información
Agrícola
23 OCT 1986
CIDIA
Turrialba, Costa Rica

Serie Materiales de Enseñanza No. 22

Curso sobre el cultivo del cacao

Gustavo A. Enríquez

La publicación de este material ha sido financiada con fondos de la Fundación W. K. Kellogg, como parte del Proyecto de Capacitación Agropecuaria en el Istmo Centroamericano.



CIDIA
112 28

El CATIE es una asociación civil sin fines de lucro, autónoma, con carácter científico y educacional, que realiza, promueve y estimula la investigación, la capacitación y la cooperación técnica en la producción agrícola, animal y forestal con el propósito de brindar alternativas a las necesidades del trópico americano, particularmente en los países del Istmo Centroamericano y de Las Antillas. Fue creado en 1973 por el Gobierno de Costa Rica y el IICA. Acompañando a Costa Rica como socio fundador, han ingresado Panamá en 1975, Nicaragua en 1978, Honduras y Guatemala en 1979 y República Dominicana en 1983.



La información, conclusiones o recomendaciones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguno de los gobiernos o instituciones mencionados.

© 1985 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

ISBN 9977-951-52-7

633.74

E59c Enríquez, Gustavo

Curso sobre el cultivo del cacao / Gustavo Enríquez. -- Turrialba, C.R. : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1985.

240 p. ; 23 cm. -- (Serie Materiales de Enseñanza / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza ; no. 22)

ISBN 9977-951-52-7

1. Cacao I. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. II. Título. III. Serie

AGRINTER AGRIS F00 2110

23 OCT 1986

C I D I A
Turrialba, Costa Rica

Contenido

Presentación	5
CAPITULO I: HISTORIA DEL CACAO	7
Origen de la planta	7
Expansión del cultivo en el mundo	8
Historia	8
Situación general	11
CAPITULO II: BOTANICA	19
El árbol del cacao	19
Variedades cultivadas en América tropical	23
Biología floral	30
Incompatibilidad	32
CAPITULO III: ECOLOGIA	45
La temperatura	45
El agua	47
El viento	49
La sombra	49
CAPITULO IV: SUELOS	61
Características de los suelos	63
Clasificación de calidad de suelos potenciales	67
Fertilización	78
Síntomas de desnutrición	82
Síntomas de toxicidad	85
CAPITULO V: MEJORAMIENTO	87
Mejoramiento para producción	91
Mejoramiento para resistencia a enfermedades	94
Características genéticas conocidas	98
CAPITULO VI: REPRODUCCION	101
Métodos de propagación vegetativa	101
Método de propagación por semilla	131

CAPITULO VII: CULTIVO	135
Construcción del vivero	135
Preparación del terreno	137
Siembra	139
Poda	140
Renovación de cacaotales	143
Mecanización del cultivo	146
Combate de malezas	147
Patología	151
Enfermedades	153
Plagas	175
CAPITULO VIII: BENEFICIO	183
Influencia de la variedad en el beneficio	185
La cosecha	185
Fermentación	187
Lavado	204
Pulido	205
Secado	205
Calidad del grano	208
Manufactura	211
Almacenamiento	214
CAPITULO IX: COSTOS Y COMERCIALIZACION	217
Producción del grano	217
Costos de los elaborados	224
Comercialización del cacao	225
Literatura consultada	233

Presentación

El contenido de esta publicación, compilada por el Dr. Gustavo Enríquez, fitomejorador del CATIE, comprende una integración de experiencias y planteamientos orientados a la producción tecnificada de cacao.

El material, tomado de diversas fuentes, especialmente de las conferencias que sobre temas específicos de la producción se han presentado en cursos sucesivos sobre el cultivo, está dirigido a profesionales del agro, extensionistas, estudiantes universitarios y productores de cacao.

El CATIE, conciente de su papel en el desarrollo del Trópico Americano, ha promovido la realización de los cursos que han dado origen a esta publicación. Ambos se han podido concretar gracias al patrocinio de la Fundación W. K. Kellogg, que financia el Proyecto de Capacitación Agropecuaria.

Esta publicación es entonces el resultado de un esfuerzo conjunto para poner a disposición del lector conocimientos y tecnologías actualizadas que permitan resolver los problemas presentes en la producción de cacao.

Proyecto de Capacitación Agropecuaria
CATIE-W. K. Kellogg

Agradecimientos

Numerosas personas han contribuído de una u otra manera a llevar a feliz término esta publicación. El autor agradece la colaboración de todas ellas, en especial al Agr. Alfredo Paredes, por sus revisiones y notas a cada uno de los documentos preliminares; al Dr. Jorge Soria, por permitir la utilización de algunos de sus escritos así como por sus valiosas sugerencias; a los Drs. Joseph Saunders y Carmen Suárez y al M.S. Myron Shenk, quienes contribuyeron en los apartes sobre plagas, enfermedades, y combate de malezas; al M.S. Tito Jiménez, por su contribución en el capítulo sobre comercialización y a los Ings. Orlando López y José Elías Treviño, por sus revisiones de literatura sobre incompatibilidad y reproducción, respectivamente. Se destaca la colaboración del Dr. Rufo Bazán en el Capítulo sobre suelos, lo mismo que el trabajo del M.A. Roberto Díaz-Romeu en la confección del cuadro de interpretación del estado nutricional del suelo.

El autor agradece igualmente, a los funcionarios de Capacitación y de Producción de Medios, M.S. Carlos León Velarde R. y M.S. Jaime Rojas, por su apoyo permanente en la realización de los cursos y en el diseño y producción de la publicación. Finalmente agradece a las secretarias, en particular a la Sra. Cecilia Murillo de Gamboa, por su paciente interpretación de los manuscritos.

I Historia del cacao



La palabra cacao proviene del maya “Kaj”, que quiere decir amargo y “kab”, que quiere decir jugo. Estas dos palabras, al pasar fonéticamente al castellano, sufrieron una serie de transformaciones que terminaron en “cacaotal”, que luego pasó a cacao.

La palabra chocolate también proviene del maya, de las palabras “chacau”, que quiere decir alguna cosa caliente y de la palabra “kaa”, bebida. También estas palabras se unieron y sufrieron una serie de transformaciones en castellano, hasta llegar a “chocolate”.

El origen común de estas palabras en diferentes idiomas se puede ver en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Palabras chocolate y cacao en diferentes idiomas.

Idioma	Cacao	Chocolate
Portugués	cacau	chocolate
Italiano	cacao	Ciocolato
Alemán	Kakao	Schokolade
Inglés	Cocoa	Chocolate
Holandés	Cacao	Chocolaad
Ruso	Kakao	Sokolade
Francés	Cacao	Chocolat

ORIGEN DE LA PLANTA

El cacao, *Theobroma cacao* L., es una planta de origen americano. Debido al sistema de vida nómada que siempre llevaron los primeros habitantes de este continente, es prácticamente imposible decir a ciencia cierta cuál fue el lugar de origen.

De acuerdo con los estudios de Pound, Cheesman y otros, el cacao es originario de América del Sur, en el área del Alto Amazonas, que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil. Es en este último lugar donde se ha encontrado la mayor variabilidad de la especie.

Indudablemente, el centro de origen ha dado una enorme cantidad de material resistente a diferentes enfermedades y plagas y entre este material se han encontrado los mejores padres, con varias características deseables del cultivo.

Sin embargo, hay otros centros muy importantes de dispersión de la especie y que han jugado un papel sobresaliente en la domesticación y cultivo del cacao. Quizá el centro más importante en este aspecto es Mesoamérica, que fue el lugar en donde los españoles lo encontraron cultivado. Otra área importante es la cuenca del río Orinoco, donde también se han encontrado tipos genéticos muy valiosos.

La calidad del material originalmente encontrado por los españoles en México y luego en Mesoamérica, fue sin duda una de las razones por las que más adelante se popularizó tanto, e esta zona se encuentran los materiales criollos que más influencia tuvieron en el desarrollo del cultivo, pues ha sido en el pasado la principal fuente de material de mejoramiento para la mayoría de las áreas donde hoy en día se produce cacao de calidad.

EXPANSION DEL CULTIVO EN EL MUNDO

Después de que el cacao fue aceptado por los europeos como alimento necesario, comenzaron a llevar semillas de su área natural hacia otros países. En la actualidad, el cacao se cultiva en todos los países que disponen de tierras tropicales húmedas y se ha convertido en un cultivo verdaderamente popular.

Los españoles y los portugueses se pueden considerar como los principales promotores de la expansión del cacao que, habiendo salido de América, hoy se encuentra en África, Asia y Oceanía.

HISTORIA

Los europeos vieron el cacao por primera vez en 1502. Este formaba parte de un cargamento a bordo de una canoa indígena que Colón encontró por casualidad en la Isla de Guanaja, cerca de la costa de Honduras, en su cuarto viaje al Nuevo Mundo. Casi veinte años después los conquistadores españoles de México se asombraron de las grandes cantidades de cacao que encontraron en los almacenes de Montezuma y de la popularidad que tenía en su corte la bebida que se hacía de él. En sus cartas a España establecieron tan firmemente la conexión entre el cacao y los aztecas, que aún hoy, muchos europeos creen que los aztecas eran cultivadores de cacao. Esto no es cierto, sin embargo, puesto que esta civilización floreció en la región montañosa, en un clima totalmente inapropiado para el cultivo del cacao.

Los mayas, por otra parte, eran una raza de tierra baja que ocupaba los bosques húmedos al margen del imperio de los aztecas. Los mayas fueron los verdaderos cultivadores de cacao en los tiempos de Colón; perfeccionaron su cultivo, aprendieron a curar y conservar las semillas y a hacer una bebida de ésta semilla. Ricos y pobres consumían la bebida regularmente en su dieta y traficaban el producto con los Aztecas, quienes llegaron a apreciar sus singulares cualidades.

Las palabras europeas para cacao y chocolate se derivan del idioma azteca, así: cacao de "cacahuatl" y chocolate de "xocoatl". Las palabras aztecas, a su vez, tienen una historia compleja de derivación del maya. La leyenda azteca sitúa el

origen del cacao en el Paraíso, en el jardín del dios Quetzalcoatl, de donde fue traído a la tierra para deleite de los hombres. Linneo debe haber conocido esta leyenda cuando nombró al árbol *Theobroma*: alimento de los dioses. Como en su época el chocolate era popular en Europa, puede ser que hasta lo haya probado y haya considerado que el nombre era apropiado.

Sin embargo, los conquistadores de México y los primeros viajeros a Centro América no hubieran estado de acuerdo. Giratano Benzoni, un milanés que viajó por el área durante los años 1541-1555, da la siguiente descripción: "Cuando ellos desean la bebida, ellos la asan (los granos de cacao) en una sartén de barro sobre el fuego y lo muelen con las piedras que utilizan para preparar el pan. Finalmente, ponen la pasta dentro de las copas, mezclándolo gradualmente con agua, agregándole algunas veces una pequeña cantidad de especias, se lo toman, aunque parece más adecuado para cerdos que para hombres". En un tono más suave, está el siguiente extracto de una traducción al inglés de una obra de Joseph Acosta: "El uso principalmente de este cacao es una bebida que ellos llaman chocolate, del cual hacen gran cosa, totalmente y sin razón; pues es desagradable a quienes no están acostumbrados a él, teniendo una espuma que es muy desagradable al paladar, aunque ellos están muy orgullosos del mismo".

Más del 50 % del cacao seco es grasa. Consecuentemente, en una mezcla de cacao con agua caliente la grasa tiende a flotar como una capa separada. Aparentemente, a los indios no les gustaba esto e intentaron batirla para producir una emulsión estable (la espuma mencionada por Acosta). Posiblemente también al agregarle maíz, especias y otras comidas, eran intentos que ellos hacían para reducir la proporción de grasa en la bebida ya hecha, así como para alterar su sabor.

Los primeros españoles también experimentaron por su parte y eventualmente dieron con la idea de agregarle azúcar que era, desde luego, desconocida para los indios antes de la conquista de los españoles. Esta adición produjo una bebida "mejorada", de sabor agradable para los españoles, cuyo uso se esparció por el Nuevo Mundo y eventualmente llegó a la propia España.

Los granos de cacao fueron llevados por Cortés en 1528, pero el primer cargamento comercial de cacao no llegó a España sino hasta 1585. Después, durante varios años, la técnica de hacer chocolate fue un secreto guardado celosamente por los españoles, pero un número de libros publicados entre los años 1625 y 1631 dió a conocer esta bebida al mundo exterior.

A mediados del siglo, el chocolate se había convertido en una bebida de moda entre aquellos que la podían pagar en Inglaterra y un poco después se hizo popular en Francia y Alemania.

La pérdida del "secreto" para hacer chocolate coincidió con otro golpe para España: la pérdida del poder de controlar el suministro de cacao en Europa. España, siempre celosa de sus posesiones, había tratado de monopolizar la riqueza del mundo y desde el primer día de su descubrimiento, el cacao no fue una excepción. Teóricamente, todo el cacao producido por las colonias españolas tenían que exportarlo a España exclusivamente. Dos flotas navegaban cada año de España al Caribe, saliendo juntas de Cádiz y escoltadas por barcos de guerra hasta el Caribe, donde se separaban, una yendo a Portobello en Panamá y la otra a Veracruz en México, por vía de Hispaniola y Cuba. Se encontraban en Hispaniola para el regreso y eran escoltadas a través del Atlántico hasta España.

Para poder abastecer la demanda constante del cacao, pronto se sembró en muchas islas del Caribe, como en Trinidad en 1525 y en Jamaica muchos años antes de la captura de la Isla por los ingleses, en 1655. Fue sembrado por los

franceses en Martinica y Haití en 1960, por los portugueses en Belén en 1740, en Bahía en 1755 y finalmente en las Filipinas, a donde los españoles lo habían llevado en 1614. Esto fue una azafía notable, considerando las dificultades de la época.

Los árboles de cacao fueron introducidos a la Costa de Oro, como se llamaba entonces Ghana, desde Fernando Poo, en 1879 y unos años después las plantaciones crecieron en otras partes de Africa como Nigeria, la Costa de Marfil y el Congo Belga. Los árboles florecieron bajo las condiciones de Africa y para el año 1910, la producción estaba empezando a rivalizar con las haciendas productoras más antiguas de otros países. La proporción de crecimiento fue tan rápida, que diez años más tarde Africa estaba produciendo más que el resto del mundo combinado y a la fecha continúa siendo la productora más grande.

El chocolate

Cuando los aztecas conquistaron lo que hoy es Guatemala, ya allí se usaba el chocolate y se conocía el cultivo del cacao. El pueblo tomaba una especie de cacao amargo, sin dulce, que llamaban "patluxé". Los ricos y los nobles usaban una bebida excelente que llamaban "soconusco", preparada con la almendra del cacao, que era muy apreciada. Entre los mayas el consumo del cacao estaba profundamente arraigado y su uso era una necesidad, tanto para la clase elevada, como para los de la clase baja.

El consumo de cacao entre los aztecas estaba limitado a las clases superiores, mientras que para las clases bajas era más bien un manjar; sólo lo consumían en grandes cantidades los ricos, los jefes militares y sobre todo, el "tlacateculi", el gran sacerdote. Se decía que el último de ellos, el emperador Monctezuma, guardaba entre sus tesoros enormes cantidades de cacao y diariamente se hacía presentar a la mesa la bebida servida en grandes copas de oro.

La historia del chocolate se remonta a los albores del descubrimiento de América en 1492, ya que el Viejo Mundo no conocía nada acerca del delicioso y estimulante sabor del cacao, que ha venido a ser el favorito de millones de personas en todos los continentes.

Durante la conquista de México, Cortés observó el uso de las almendras de cacao por parte de los aztecas, con el que preparaban una bebida llamada "chocolatl". El emperador Monctezuma, en 1519, sirvió chocolate a sus huéspedes españoles en grandes copas de oro para que saborearan el manjar de los dioses; sin embargo, la bebida no tenía buen sabor, era más bien de gusto amargo. Resultó más agradable con la cocción, cuando a los españoles se les ocurrió hacerlo de sabor dulce, agregándole azúcar. Al regreso a Europa, la bebida tuvo más cambios antes de popularizarse su consumo: unos le agregaron canela, otros vainilla y finalmente determinaron que sabía mucho mejor si la bebida se servía caliente. La nueva bebida pronto se compartió entre amigos, especialmente entre la aristocracia española y el arte de hacer un buen chocolate se conservó por casi cien años. En Francia lo tomaban los aristócratas. Después, en 1657 aparecen las primeras casas expendedoras de chocolate en Gran Bretaña, llamadas "English Chocolate Houses". De 1659 a 1688, David Chaillou es el único chocolatero de París. Los métodos caseros de manufactura al principio fueron en pequeña escala. La transición a las grandes maquinarias para el proceso demoró muchos años.

En 1828 se inventaron las primeras prensas para hacer la extracción de la grasa del cacao. A partir de esta fecha el chocolate es de mejor consistencia y con un sabor y aroma característicos y estables.

En el siglo XIX se marcan dos acontecimientos revolucionarios en la historia del chocolate. El primero en 1876, cuando Daniel Peter at Vevey, de Suiza, inventa la fase del agregado de leche al chocolate para comerlo. El segundo, es el referente a la pasta azucarada que se emplea en pastelería y a la gran variedad de aplicaciones que tiene el "baño de chocolate", sea en helado como en confitería y pastas, que dominan el mercado mundial.

El chocolate como alimento hoy en día es un aporte de la industria moderna, que moviliza millones de dólares, en donde trabajan miles de personas en las tostadoras y procesadoras para convertir los granos de cacao en el delicioso chocolate.

En Estados Unidos de Norte América el proceso de producción de chocolate ha sido y sigue siendo muy acelerado. En 1765, en Nueva Inglaterra se estableció la primera fábrica de chocolate. Al compararla con la pujante industria moderna, se podría calificar de prerevolucionaria esa primera fase del desarrollo.

En el curso del siglo XVII el uso del chocolate en forma de bebida se extiende por Holanda, Inglaterra y Alemania.

La industria de chocolate en Europa florece con grandes firmas como David en 1804, Hildebrand en 1817, Van Houten en 1815, Cailier en 1819, Menier en 1825, Suchard en 1826, Kohler en 1830, Cadbury en 1831.

Durante la segunda Guerra Mundial, el gobierno de los Estados Unidos reconoció que el chocolate jugaba un papel muy importante dentro del Ejército de las Fuerzas Aliadas, tanto como alimento, como animador del espíritu de cada soldado; se supone que una barra de chocolate les daba más ingenio y más vivacidad en los combates.

El chocolate con leche es no solamente delicioso para comer sino también posee un muy alto valor nutritivo y se encuentra entre los 16 alimentos comúnmente clasificados por su contenido en vitamina A y su valor en proteína, hierro y fósforo. Como fuente de riboflavina (vitamina B₂), el chocolate sobrepasa a 14 de las 15 variedades de alimentos y como recurso de vitamina D, no es superado por ninguno de los alimentos de la lista.

El chocolate es tal vez el mejor suplemento conocido para suplir rápida energía. Respecto al contenido de calorías, no es excesivo en comparación con otros alimentos populares.

SITUACION GENERAL

Hasta las primeras décadas de este siglo, América producía más del 50% del cacao del mundo. Luego, África comenzó a incrementar su producción rápidamente, hasta convertirse en el mayor productor. El Cuadro 2 contiene una comparación en años seleccionados de la producción en diferentes regiones del mundo.

Se puede ver como África incrementó su producción muy rápidamente. En la actualidad, aún con la enorme expansión de Brasil, América ocupa el segundo lugar. Es muy notorio como Asia y Oceanía han incrementado su producción, siendo países que se inician en el cultivo.

En el Cuadro 3 se presentan los 10 países que más producen, con su respectivo porcentaje con relación al total mundial, para la cosecha del año 1979-80 y la producción para 1980-81.

Ghana, que por muchos años fue el primer productor del mundo, ha pasado a un tercer puesto, siguiendo cerca de Brasil. La cosecha que se produjo para 1980-81 pone a Brasil en segundo lugar, con un porcentaje estimado de 20.97% y a Ghana en

Cuadro 2 Porcentaje de producción de las regiones cacaoteras del mundo en años seleccionados.

Regiones	Años				
	1900/01	1920/21	1950/51	1960/61	1980/81*
Africa	17.4	47.7	63.5	73.1	59.9
América	51.3	30.5	29.4	21.0	32.8
Caribe	27.0	19.9	6.3	4.3	2.3
Asia y Oceanía	4.3	1.9	0.8	1.6	5.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Total producido en miles de toneladas	115	371	813	1189	1638

* Estimado.

Cuadro 3. Países con mayor producción de cacao durante los períodos 1979/80 y 1980/81, expresada en miles de toneladas métricas y porcentaje.

Orden	País	1979/80		1980/81	
		Producción	%	Producción	%
1	Costa de Marfil	379	23,37	403	24,22
2	Brasil	294	18,12	349	20,97
3	Ghana	285	17,57	258	15,50
4	Nigeria	169	10,42	155	9,32
5	Camerún	124	7,64	120	7,21
6	Ecuador	98	6,04	81	4,87
7	Malasia	32	1,97	43	2,59
8	Colombia	30	1,85	39	2,34
9	México	34	2,10	30	1,80
10	República Dominicana	27	1,66	32	1,92
11	Otros	150	9,25	154	9,25

La producción mundial para 1979/80 fue de 1.622.00 T. y la de 1980/81 fue de 1.664.000 T.

FUENTE: Gill & Duffus Cocoa Statistics, May 1983.

el tercer lugar, con un porcentaje de 15.5%. El resto de los países productores ocupan sus puestos con ligeras variaciones.

El Cuadro 4 resume la producción de cacao desde el año agrícola 1976-77 hasta lo estimado para 1982-83, tomando en cuenta todos los países que producen cacao en cierta cantidad. Hace falta agregar algunos países cuyas producciones son muy bajas, o su mercado se hace a un país vecino, como es el caso de Nicaragua, que produce unos 500.000 kg por año y cuyo mercado se hace casi todo por Costa Rica. Honduras es otro país cuya producción no se registra.

Cuadro 4. Producción mundial de cacao en miles de toneladas métricas.

	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83
AFRICA							
Camerun	82	107	106	124	120	122	106
Gabón y Congo	6	6	8	6	5	6	6
Ghana	320	268	250	285	258	225	178
Guinea Ecuatorial	6	7	8	5	8	8	10
Costa de Marfil	230	304	312	379	403	457	355
Liberta	3	3	4	4	4	4	5
Nigeria	165	205	137	169	155	181	156
Santo Tomás	6	6	8	7	8	8	8
Sierra Leona	6	7	7	11	10	8	10
Togo	14	17	13	15	16	11	10
Zaire	4	5	4	4	4	5	4
Otros	3	4	4	8	8	8	8
Total Africa	845	939	861	1017	999	1043	856
Centro y Sur América							
Bolivia	3	3	3	3	3	3	3
Brasil	234	283	314	294	349	314	336
Colombia	29	29	31	30	39	42	40
Costa Rica	8	9	10	8	4	5	5
Ecuador	72	75	90	98	81	85	55
México	24	33	38	34	30	41	42
Panamá	1	1	1	1	1	1	1
Perú	4	5	4	4	5	9	12
Venezuela	15	18	17	17	14	17	18
Otros	2	2	2	2	2	3	3
Total Centro y Sur América	392	458	510	491	528	520	515
Islas del Caribe							
Cuba	1	2	2	1	2	1	1
Rep. Dominicana	30	30	33	27	32	40	40
Grenada	2	2	3	2	3	2	2
Haití	3	3	4	2	2	3	3
Jamaica	2	1	2	1	2	2	4
Trinidad y Tobago	4	4	3	2	3	2	2
Total Islas del Caribe	42	42	47	35	44	50	52
Asia y Oceanía							
Indonesia	3	4	7	7	7	8	9
Malasia	21	23	26	32	43	60	65
Vanatu	1	1	1	1	1	1	1
P. Nueva Guinea	27	30	30	31	28	30	28
Filipinas	3	3	4	3	4	4	4
Sri Lanka	2	2	2	2	2	3	2
Somoa Occidental	2	1	2	2	2	3	3
Otros de Asia			1	1	5	5	6
Total Asia y Oceanía	59	64	73	79	92	113	116
TOTAL MUNDIAL	1.338	1.503	1.491	1.622	1.663	1.726	1.539

FUENTE: Gill & Duffs. Cocoa Market Report, March 1984

Muchos son los problemas para la producción de cacao. Se cree que una plantación joven (de alrededor de 20 años) debe producir más de 1.000 kg/ha. Sin embargo, los rendimientos en la mayoría de los países son bajos debido a diversos factores, de los cuales los más limitantes de la producción son las enfermedades, las plagas y el material genético no seleccionado. En el Cuadro 5 se presenta la productividad estimada para 1978-79, en algunos países seleccionados. Como se puede ver, las diferencias son bastante grandes. Los países que han mantenido programas de investigación y fomento en forma constante y que han usado híbridos e insumos agrícolas, son los que más producen en este momento.

Cuadro 5. La productividad. Situación Mundial. Países seleccionados.

Orden	Países	Producción 1978/79 Tons.	Area cultivada (ha)	kg/ha cacao seco
1	Brasil	314.000	480.000	654
2	Colombia	33.500	70.000	478
3	R. Dominicana	33.000	86.000	384
4	Ecuador	90.000	235.000	382
5	Costa de Marfil	312.000	863.000	361
6	Venezuela	17.000	66.000	258
7	Ghana	250.000	1000.000	250
8	Camerún	105.000	450.000	235
9	Nigeria	137.000	600.000	228

Fuente: H. Gutiérrez, Luker, Manizales, Colombia.

Los precios del cacao han fluctuado en forma dramática en algunas ocasiones. Los cambios que se han sucedido desde 1930 se demuestran en el Cuadro 6, en el cual se consignan los precios del cacao de Ghana en New York, junto con la producción, la oferta y la demanda, expresado en toneladas métricas, desde el año 1930 hasta 1983. Un análisis rápido de las cifras denota claramente que cuando hay alza de producción, la oferta se aumenta en forma significativa y por lo tanto, los precios se mantienen al mismo nivel o disminuyen.

Una comparación de las cifras de producción y demanda desde el año 1972, nos hace ver que una producción menor ocasionó un alza en los precios muy significativa. Durante los años siguientes, los precios tuvieron mucha variación, tanta que aún en los promedios de este cuadro se puede observar como en el año 1977 llegó a un precio tope muy alto, el mayor registrado. Durante 1983 se produjo algo similar a lo sucedido en 1972 y 1977, pero es difícil aún estimar los cambios que puedan ocurrir. Esta alteración se debe a la baja producción de Ecuador —debido a las inclemencias del clima— una ligera baja en Malasia y una fuerte rebaja en Ghana.

El Cuadro 7 presenta la molienda de algunos países en años seleccionados. Se puede notar como los Estados Unidos ha venido manteniendo la mayor molienda durante muchos años, hasta 1970, cuando comenzó a disminuir, debido a que los propios países productores comenzaron a moler más, lo que se puede ver en los países como Ghana, Costa de Marfil, Ecuador, Colombia y Brasil. Para el año 1983 se pronostica que los Estados Unidos tendrá una molienda de 200 mil toneladas, lo que lo pone nuevamente en el primer lugar.

Cuadro 6. Producción, oferta y demanda de cacao a nivel mundial y precio en Nueva York en los últimos cincuenta años.

Año	Producción (miles de t)	Oferta ¹ (miles de t)	Demanda ² (miles de t)	Precio ³ (\$/kg)
1930	540	794	488	0,18
1931	532	792	538	0,11
1932	557	850	519	0,10
1933	628	939	543	0,10
1934	590	904	583	0,11
1935	701	1.027	673	0,11
1936	737	1.040	730	0,15
1937	758	1.095	619	0,19
1938	736	1.113	641	0,11
1939	807	1.242	712	0,11
1940	690	1.091	700	0,11
1941	672	1.068	630	0,17
1942	677	913	593	0,20
1943	612	841	564	0,20
1944	572	811	574	0,20
1945	620	817	598	0,20
1946	660	875	670	0,25
1947	623	820	658	0,77
1948	599	755	624	0,87
1949	783	906	686	0,48
1950	768	980	768	0,71
1951	813	1.017	765	0,78
1952	652	897	734	0,78
1953	811	966	787	0,82
1954	788	959	761	1,27
1955	815	1.005	735	0,83
1956	855	1.116	808	0,60
1957	911	1.210	898	0,67
1958	786	1.090	875	0,98
1959	923	1.129	870	0,81
1960	1.053	1.301	916	0,63
1961	1.189	1.562	1.000	0,50
1962	1.140	1.691	1.095	0,46
1963	1.176	1.760	1.144	0,56
1964	1.234	1.838	1.184	0,52
1965	1.508	1.147	1.297	0,38
1966	1.226	2.059	1.374	0,54
1967	1.351	2.022	1.387	0,64
1968	1.354	1.975	1.403	0,76
1969	1.242	1.802	1.369	1,01
1970	1.435	1.854	1.354	0,75
1971	1.499	1.984	1.399	0,59
1972	1.583	2.152	1.536	0,71
1973	1.397	1.999	1.583	1,42
1974	1.448	1.850	1.512	2,16
1975	1.549	1.872	1.452	1,65

continúa . . .

1/ Oferta = Producción mundial x 0,99 + existencias

2/ Demanda = molienda mundial

3/ Precio en New York del cacao fermentado. Durante 1978 y 1979 no se cotizó en New York el cacao fermentado de Ghana entonces se calculó el equivalente del precio de Londres.

... continuación Cuadro 6.

Año	Producción (miles de t)	Oferta ¹ (miles de t)	Demanda ² (miles de t)	Precio ³ (\$/kg)
1976	1.512	1.917	1.523	2,41
1977	1.338	1.719	1.442	4,46
1978	1.503	1.765	1.399	3,04
1979	1.491	1.842	1.459	2,62
1980	1.622	1.989	1.489	2,32
1981	1.663	2.146	1.589	2,10
1982	1.726	2.266	1.599	1,85
1983	1.539	2.191	1.615	2,23

1/ Oferta = Producción mundial x 0,99 + existencias

2/ Demanda = molienda mundial

3/ Precio en New York del cacao fermentado. Durante 1978 y 1979 no se cotizó en New York el cacao fermentado de Ghana entonces se calculó el equivalente del precio de Londres.

FUENTE: Gill & Duffs Cocoa Market Report N° 311, March, 1984.

Cuadro 7. Molienda de cacao crudo en algunos países y años seleccionados, expresada en miles de toneladas.

Países	Años			
	1960	1970	1980	1983*
USA	218	266	142	200
Brasil	62	61	200	180
Alemania	115	126	151	165
Holanda	85	115	133	148
Rusia	30	102	130	125
Ecuador	5	12	80	35
Colombia	24	35	30	39
Costa de Marfil	-	36	40	65
Ghana	4	42	27	20

* Pronóstico

FUENTE: Gill & Duffus, 1981.

En el Cuadro 8 se presenta el consumo "per cápita" para la población mundial, por algunos años.

Análisis realizados en los Estados Unidos, teniendo como proyección la oferta y la demanda, comercio, niveles de precio, costos de importación, etc., hacen predecir, "a grosso modo", que la producción mundial crecerá un 3.2% al año. El consumo en los países desarrollados está proyectado para crecer en una tasa del 2.8% por año. La mayor tasa de crecimiento debe ocurrir en los países comunistas, con un 4.4% por año. Las regiones en proceso de desarrollo sólo crecerán en un 3.8%. Si

Cuadro 8. Consumo mundial de cacao elaborado.

Años	Producción mundial T.M.	Población en millones	Consumo "per cápita"/kg
1969/70	1435	3632	0.395
1970/71	1498	3706	0.404
1971/72	1582	3783	0.418
1972/73	1398	3860	0.362
1973/74	1447	3890	0.372
1974/75	1548	3698	0.390
1975/76	1511	4044	0.374

estas tasas son ciertas, la producción mundial de cacao no cubrirá la demanda y los precios seguirán manteniéndose altos. Como se ve en el Cuadro 8, el consumo mundial promedio creció mucho entre los años 1971-72, pero siempre se mantienen en un promedio de 385 g por persona. Este promedio contrasta mucho con los 3.800 g que consumen "per cápita" los suizos y 3.300 g los austriacos. En América, entre los países productores, el país que más consume es Colombia, con un promedio estimado de 2.800 g por persona.

En resumen, como se puede ver de este somero estudio, el porvenir de la industria cacaotera es bueno, pues la oferta difícilmente puede cubrir la demanda, si los índices no varían, tal como se expresó anteriormente. Otro punto interesante que debe tomarse en cuenta es que el mercado del Asia se está abriendo mucho más cada año, lo que ha permitido aumentar considerablemente la producción de Malasia, con un mercado relativamente fácil.

Otro aspecto ventajoso que se debe tener en cuenta para América Central es la cercanía del consumidor de cacao más importante en el mercado, que es Estados Unidos, y la alta calidad genética del cacao, cuando se beneficia en forma adecuada.

II Botánica



EL ARBOL DE CACAO

El cacao pertenece al Orden Malvales, a la familia Esterculiaceae, al género *Theobroma* y la especie cacao.

El cacao es una especie altamente alógama, pues se estima que su polinización cruzada está por encima del 95%. La mayoría de esta polinización la realiza una población entomológica bastante especializada, de tamaño muy pequeño. El cacao tiene 20 cromosomas.

Raíces

El árbol de cacao proveniente de semilla, tiene una raíz principal o pivotante que puede crecer normalmente entre 1,20 m y 1,50 m, y ocasionalmente puede alcanzar 2 m; esto puede suceder dependiendo del suelo y algunos otros factores edáficos del lugar. En los primeros 20-25 cm, desde el cuello de la raíz se desarrollan gran cantidad de raíces laterales o secundarias que dan origen a otras terciarias, etc. La mayoría de ellas (85-90 %) se ubican en los primeros 20-25 cm de profundidad del suelo alrededor del árbol, llegando, en un árbol normal, a cubrir aproximadamente el área de su copa, pero en forma muy irregular. Casi todas las raicillas se encuentran en la parte superior, en contacto con el mantillo que cubre naturalmente el suelo.

Cuando se enraizan ramas laterales de cacao (sistema clonal), por lo general no tienen raíz principal y las laterales o secundarias se comportan en forma parecida a la pivotante, profundizándose un poco, mientras las terciarias y siguientes adoptan la posición superficial.

Tronco

El tronco crece verticalmente (ortotrópico), hasta formar el primer verticilo a unos 80 a 100 cm de altura. Está cubierto por hojas largamente pecioladas, con una espiral filotáctica de $3/8$. Pasado el primer año de vida de la planta, el tallo desarrolla una serie de yemas axilares (hasta 8), que en forma conjunta forman lo que se llama el verticilo o corona; también adquiere el nombre de horqueta. La yema terminal desaparece y se desarrollan de 4 a 6 ramas de crecimiento lateral (plagiotrópicas). El crecimiento del tronco en altura se suspende en tiempo hasta que otra yema adquiere desarrollo y forma lo que se llama chupón, el cual se comporta en forma ortotrópica nuevamente, con las mismas características del tronco original, hasta formar un segundo molinillo o verticilo, lo cual sucede normalmente a los 80 a 100 cm otra

vez. De esta manera el árbol puede seguir creciendo casi indefinidamente. Se han visto árboles hasta con 10 verticilos creciendo en las selvas del Amazonas. En una plantación normal, estos nuevos crecimientos adquieren el mayor desarrollo dentro del árbol, a tal punto que los molinillos o verticilos inferiores pueden llegar a desaparecer, dando el aspecto de tronco muy alto al árbol.

Las ramas laterales que crecen en forma plagiotrópica, muy rara vez dan origen a un chupón y siempre están creciendo en forma de abanico, con una espiral filotáxica de $1/2$. Pueden suceder ligeros cambios debido especialmente, a erectos de luz.

El crecimiento de las ramas es indeterminado y crecen debido a varios factores de los cuales el agua y la temperatura parecen ser los más importantes. Cada rama lateral tiene, en la unión de las hojas, yemas que dan origen a otra rama lateral y tienen una yema terminal cubierta por brácteas, que se caen al dar origen a una nueva brotación.

Hojas

Al formarse, la mayoría de las hojas tienen pigmentación y el color varía desde muy pigmentadas hasta sin pigmentos completamente. Las más pigmentadas, generalmente, se encuentran entre los cacaos criollos y trinitarios y las menos pigmentadas se encuentran entre los Amazónicos, siendo estos últimos, por lo general, los más pequeños.

El pecíolo de las hojas del tronco ortotrópico normalmente es largo, con un pulvinus bien marcado (7 a 9 cm) y el de las hojas de las ramas laterales es más pequeño, con pulvinus menos pronunciado.

El tamaño de la hoja puede variar mucho, pero en general tiene influencia del ambiente donde se desarrolla, así: a menos luz, más grande la hoja. Los cacaos amazónicos tienen hojas ligeramente más pequeñas y los criollos y trinitarios tienen hojas algo más grandes y con verdes más intensos, generalmente.

Inflorescencias

Las inflorescencias se localizan en la base de las hojas, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que deja una hoja. El cacao es cauliflor, es decir que florece en las partes viejas o troncos maduros y en general, es difícil encontrar genotipos que florezcan en ramas nuevas.

Las primeras flores de un árbol, generalmente, asoman pasados los tres años de vida, pero en los híbridos interclonales la floración es mucho más temprana (14-18 meses). El cacao florece todo el año; hay algunas variedades que florecen sólo durante una pequeña parte del año. En general, el ambiente influye mucho para la floración, aunque el aspecto genético en ocasiones puede ser de mayor influencia, como sucede con algunos cacaos criollos.

Las flores aparecen en grupos que forman ligeras prominencias en los troncos y ramas, que toman el nombre de cojines florales. El número de flores en cada cojín varía mucho dependiendo del genotipo y el sistema de cultivo. En algunos clones auto-incompatibles, el número de flores es muy alto y en otras ocasiones cada cojín tiene una o dos flores, como en el clon 'UF-29'.

Flores

Las flores están sostenidas por pequeños pedicelos, unidos al eje en una cima monocacial o bípara, por medio de una zona de abscisión, que permite la caída de la

flor cuando no ha sido fecundada. Esta zona tiene dos protuberancias que se separan al caer la flor y cicatrizan rápidamente. En este momento se desarrolla el siguiente botón de la cima bípara. El pedicelo que sostiene la flor es corto (de 1 a 2 cm) y puede variar mucho en pigmentación y contenido de pelos y glándulas laterales. La flor es pequeña, de 1-2 cm de diámetro y en muy pocos casos tiene más de 2 cm. Es una flor hermafrodita, pentámera, de ovario súpero. La fórmula floral es $K_5, C_5, A_{5-5}, G(5)$; el androceo está formado por 10 filamentos, 5 de los cuales son fértiles y toman el nombre de estambres y los otros 5 intercalados son infértiles y toman el nombre de estaminoides, que se ubican alrededor del pistilo a manera de protección. Los extremos de los estaminoides están juntos, cuando inmaduros y se van abriendo hasta llegar a separarse completamente en la madurez de la flor; en general, son bien pigmentados.

Los estambres son mucho más pequeños que los estaminoides y se encuentran virados hacia atrás, tomando como eje el pistilo y están recubiertos por la concha que forma el pétalo. Los estambres son dobles o provienen de la fusión de dos estambres sencillos, terminando cada uno en una antera con dos sacos polínicos, es decir, que cada estambre de la flor del cacao tiene cuatro sacos polínicos dispuestos en cuadro, que se abren como poros y quedan en posición opuesta al pistilo.

Los pétalos están formados por tres partes claramente diferenciadas: a) la concha, que nace de la base misma entre el sépalo y el estambre, con una base estrecha que se ensancha rápidamente formando una especie de caparazón o concha, la que recubre el estambre en la parte opuesta de la base, en el punto de unión del ribete. La concha tiene dos líneas guía exteriores pigmentadas y una línea interior. La intensidad de la pigmentación y el largo relativo de las líneas guía varía de acuerdo al genotipo o a los clones. En la base de las líneas guía exteriores, hay una pequeña pigmentación similar a pequeños cuernos exteriores que varía mucho en tamaño; en algunos clones esa pigmentación está ausente. b) El ribete es un filamento de coloración blanca translúcida, que puede tener líneas de pigmentación o ser completamente blanquecino. El largo del ribete puede variar de 3 a 5 mm y es difícil separar el punto de unión con la lígula. c) La lígula, también llamada limbo, es una porción de forma bien definida en cada genotipo, de color amarillo y en algunos árboles con ligera pigmentación en la parte central. La lígula está orientada hacia el exterior y se ensancha rápidamente desde la unión del ribete y se corta bruscamente, para terminar en un punto de forma bien definida y característica en cada árbol.

El pistilo está formado por un ovario súpero constituido de la fusión de cinco lóculos y cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos fecundados, dependiendo del genotipo. El estilo está formado por la fusión de cinco apéndices de unos 5 mm de largo, que terminan en un estigma compuesto de cinco filamentos. Una característica del cacao es que el pistilo es receptivo a lo largo del estilo y el estigma.

La apertura de la flor se inicia a la tarde, desde las 5 p.m., aproximadamente. La velocidad de la apertura depende del ambiente, así: más seco y con luz brillante es más rápido. Los sacos polínicos se abren en la mañana y son funcionales casi inmediatamente, pero de corta viabilidad (48 horas aproximadamente).

Polinización

El cacao difícilmente se puede autofecundar en la misma flor, pues la disposición de los estambres dentro de la concha y la posición opuesta al pistilo, además de su viscosidad, puesto que son muy pegajosos, le hacen difícil la autopolinización. En general, se poliniza por medio de insectos o sea de polinización entomófila. Para

la función de polinización se han identificado algunas mosquitas del género *Forcipomyia* y algunos otros insectos de menor cuantía.

Parece que la polinización no es un factor limitante en la producción, sino que más bien hay un exceso de producción de mazorcas fecundadas, lo cual es controlado por algún fenómeno durante la partición de los fotosintetizados, que hace que algunos frutos se marchiten, formando lo que se denomina el "cherelle wilt" o frutos marchitos, que regulan el número de frutos en el árbol. Cuando existe un buen número de mazorcas desarrollándose en el árbol, la floración disminuye considerablemente y en algunos casos se suspende por completo.

Fruto

El fruto es el resultado de la maduración del ovario una vez fecundado. Existen frutos partenocárpicos, que no llegan a madurar por falta de semillas. Al igual que el ovario, está formado por la fusión de los cinco lóculos, cuyas paredes prácticamente desaparecen al madurar los granos, que están cubiertos por una pulpa mucilaginoso, azucarada cuando el fruto está maduro. Cada fruto puede tener un número variable de semillas, pues esto depende de la fecundación individual de los ovarios; por lo tanto, un árbol puede tener solamente un máximo de semillas que está controlado por el número de óvulos, que es constante en cada uno. El mínimo puede ser un grano, puesto que el fruto puede desarrollar con una sola almendra. En general, se estima que una mazorca normal crece cuando se han fecundado por lo menos el 25% de los óvulos. En muchos casos, la variación del tamaño del fruto dentro de un árbol no sólo está afectada por los factores ambientales, sino también por el número de semillas formadas en el fruto.

El fruto está sostenido por un pedúnculo leñoso, que es el resultado de la maduración del pedicelo de la flor. Cuando ha madurado el fruto es difícil encontrar la zona de abscisión, que es tan clara en el pedicelo de la flor. La cáscara o pericarpio está formado por tres partes: el exocarpo o sección exterior, que está formado por tejido epidérmico que puede o no tener pigmentación, es esponjoso y suave, de espesor muy variado y, dependiendo del árbol, puede variar de unos pocos milímetros hasta 15 ó 20. La superficie también es muy variable, pues hay árboles que tienen mazorcas muy planas y lisas en donde no se pueden diferenciar claramente las puntas de fusión de los lóculos, mientras que hay otros genotipos que tienen surcos y lomos bien pronunciados, donde se pueden diferenciar claramente los lóculos. La segunda capa o mesocarpio, es una capa de células semi-leñosas bastante duras: esta dureza puede variar mucho dependiendo del genotipo, es decir, hay tipos muy suaves (criollos) y tipos muy duros (forasteros), y aunque no es una regla muy rígida, no hay variabilidad dentro de los árboles. La capa interior o endocarpio es carnosa, suave y su espesor también varía mucho, dependiendo del tipo genético. Es una capa que casi tiene continuidad con el mucílago en las mazorcas tiernas, pero que se separa claramente al madurar la mazorca y el grupo de almendras con su mucílago se desprende completamente. El tiempo de maduración del fruto varía por genotipos y ambiente. Por genotipos hay una variación de 5 a 7 meses o sea de 150 a 210 días. Por ambiente, entre más cálido y húmedo el tiempo, más rápido puede madurar.

Semillas

La semilla del cacao germina rápidamente al llegar a la madurez, cuando ha perdido el mucílago que la cubre, el cual tiene sustancias inhibidoras por lo que no

se le puede almacenar. Experimentalmente, sin embargo, se ha conseguido hacerlo hasta por 30 días recubriéndola con sustancias que inhiben su germinación. En forma natural y cuando la mazorca no ha sido cosechada del árbol, tan pronto como se seca el mucílago, la semilla germina dentro de la mazorca.

La semilla germina en forma epígea, entre tres y siete días después de la siembra o de la separación de la mazorca. Varía mucho por su tamaño, por su forma y por su coloración. Existen árboles que tienen semillas que pesan 0.7 g húmedas (SCA-6), mientras que otras pesan hasta 3.7 g (UF-667). El peso de la cáscara o testa de la semilla varía entre 5 y 0.5 g.

La forma de la semilla también varía mucho. Las hay triangulares, ovoides, alargadas o redondeadas, gruesas y chatas o aplanadas; estos caracteres pueden estar fuertemente alterados por el ambiente, el número de semillas en cada fruto, etc.

La coloración del cotiledón es un carácter típico genético que está asociado al tipo de cacao. Puede variar del tipo blanco (criollo), hasta el bien pigmentado (forastero), con diferentes tonalidades y distribución de los colores. El cacao presenta el fenómeno de la Xenia en la coloración del cotiledón.

VARIETADES CULTIVADAS EN AMERICA TROPICAL

De acuerdo con el Código Internacional de Nomenclatura de las plantas cultivadas, el término variedad es el mismo que cultivar, cuando aplicado a "un conjunto de individuos que muestran diferencias genéticas, pero que tienen una o más características por las cuales pueden ser diferenciados de otros cultivares (variedades)".

Bajo esta definición en la especie *Theobroma cacao* L. se usarán exclusivamente los nombres para las variedades de cacao en cada región. No se intenta la descripción de todas las variedades, sino de las principales del continente.

Es preciso también mencionar que al referimos a las variedades no se harán clasificaciones botánicas al nivel específico o subespecífico, como han propuesto algunos autores en base a los trabajos de hibridaciones entre los diferentes grupos, en los que no se han encontrado ni barreras genéticas leves para obtener híbridos F_1 que justifiquen tales divisiones; por el contrario, se obtiene en muchos casos un gran vigor híbrido y fertilidad. Es verdad que hay notables diferencias de formas y colores de mazorcas, semillas y follaje, pero éstas son más al nivel de genes que de cromosomas.

Es conveniente también definir algunos términos que se utilizan en el texto y que pueden variar de significado en algunos lugares. Los términos amelonado (forma de melón), calabacillo (forma de calabaza), cundeamore (mazorca alargada, cuello de botella y punta) y angoleta (base ancha y punta), se refieren a la forma de las mazorcas y no a la variedad o complejo genético. Los términos criollo, trinitario y forastero se refieren a complejos genéticos amplios (subespecies de Cuatrecasas) a los que corresponden las variedades.

Criollos. La mayoría de los autores dan las siguientes características como típicas de los criollos: mazorcas cilíndricas, con diez surcos profundos simples o en cinco pares, cáscara (pericarpio) verrugosa, delgada o gruesa, con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio, con o sin depresión en el cuello, puntas agudas en cinco ángulos, rectas o recurvadas. El color de la mazorca puede variar del verde al rojo. Semillas blancas o ligeramente pigmentadas, cilíndricas u ovals.

Los árboles son relativamente más bajos y menos robustos que de otras variedades, copa redonda, hojas pequeñas ovaladas, de color verde claro y gruesas, muy susceptibles a la mayoría de las enfermedades. Las flores tienen pedicelos cortos, estaminoides y líneas guías de los pétalos rosado claro. Las espátulas de los pétalos son de forma y color muy variables.

Forasteros. Se han caracterizado los forasteros por tener mazorcas ovoides, amelonadas, con diez surcos superficiales o profundos, cáscaras lisas o ligeramente verrugosas, delgadas o gruesas con una capa lignificada en el centro del pericarpio, y los dos extremos redondos y a veces con un pequeño cuello de botella en la base. Las mazorcas son en general verdes, con tonos blanquecinos o rosados tenues en algunas poblaciones. Las semillas son moradas, triangulares en corte transversal, aplanadas y pequeñas. Los árboles son más vigorosos, de follaje más grande e intenso y más tolerante a enfermedades que los criollos. Las flores tienen estaminoides y líneas guía de los pétalos morados.

Trinitarios. Constituyen las poblaciones híbridas de cruzamientos espontáneos de criollos y amelonados y tienen características de mazorcas y semillas casi similares o en la mayor parte intermedias entre los dos grupos que le dieron origen.

Variedades de México y Centroamérica

Criollos de México. Tienen las características comunes de los criollos, con una mayor frecuencia de mazorcas verdes. Al presente, casi ya no existen plantaciones puras de criollos, ni en México ni en Guatemala; en este último se encuentran solamente grupos o árboles aislados de criollos. En el primero se encuentran pequeñas plantaciones viejas, sobre todo en el estado de Chiapas. En una de ellas, en 1981 el autor anotaba: "es posible observar una gran variabilidad de formas y tamaños de mazorca y semilla, conservando siempre el carácter de semillas blancas, como indicación de que se trataba de una población auténtica de criollos... Las mazorcas varían de tamaño, desde aproximadamente 15 a 25 cm de largo; en su forma, se observaron mazorcas predominantemente típicas de angoletas y pocas cundeamos; siempre estaba presente en las mazorcas la punta, aunque no es prominente en la mayoría de los casos; las puntas recurvadas fueron menos frecuentes que las rectas. La variación de la rugosidad de la cáscara también es notoria, yendo desde prominencias muy abultadas a una rugosidad fina. El color de la cáscara fue otro carácter muy variable, yendo desde el verde claro con superficie blanquecina, al verde normal, al rojo claro y a los intermedios entre este y los tonos de verde. El grosor de la cáscara también varía desde aproximadamente ocho a 20 mm; siempre ésta era suave y fácil de romper cuando madura, a presión de la mano. Los granos, aunque todos blancos, varían grandemente en tamaño y forma, desde grandes redondos y ovalados, hasta pequeños casi aplanados y alargados, pareciéndose los últimos a las semillas de los forasteros".

Cacao Lagarto. Dentro de las plantaciones de criollos o trinitarios de México y Guatemala, se encuentran con cierta frecuencia árboles del cacao llamado "lagarto" o "pentágono", de cinco lomos angulosos, formados por las suturas de los carpelos del ovario. Las semillas se asemejan a las de los criollos y trinitarios, con varios tonos de coloración, hasta el morado. Las cáscaras son muy delgadas y rugosas, rojas o intermedias y con menor frecuencia de verdes.

Ceylán. Este es el nombre más común de una variedad de un forastero amelonado que se cultiva en la mayoría de las zonas cacaoteras de México, de Tabasco a Chiapas. En algunas localidades se le conoce con otros nombres como "Sánchez" o Costa Rica.

La variedad, aunque nunca pura debido a mezclas con trinitarios, se caracteriza por tener mazorcas de forma amelonada, de doce a 20 cm de largo aproximadamente, color verde blanquecino, diez surcos (cinco más profundos), lisas o ligeramente rugosas, gruesas o delgadas y con semillas de color morado, medianas o pequeñas (1.2 a 1.0 g de peso seco).

Los agricultores viejos de la zona indican que esta variedad vino de Costa Rica por allá en 1900, y este nombre se le aplica a la variedad en ciertas localidades. Al autor le parece que en realidad se trata de la variedad de forastero, llamado Matina, que crece en Costa Rica.

En algunas localidades de Tabasco cultivan una variedad en forma de calabacillo que llaman "Patastillo". Se extiende hasta Guatemala. Estas variedades forasteras y los híbridos de éstos con los criollos, han desplazado prácticamente a los criollos del cultivo.

Cacao tipo criollo. Este es el nombre con que se conoce en México a las poblaciones trinitarias híbridas de criollos locales con los forasteros introducidos. Se encuentran todas las combinaciones de formas y colores de los dos padres, en mazorcas y semillas. No es infrecuente encontrar mazorcas amelonadas con semillas blancas y mazorcas típicas de criollos con semillas pequeñas, moradas y aplanadas. Es muy aparente el vigor híbrido en estas poblaciones, en las que se encuentra un gran número de árboles con grandes producciones.

Criollo de Nicaragua o cacao real. La característica más sobresaliente de esta variedad es la mayor frecuencia de colores rojos intensos en las mazorcas y el cuello de botella; sin embargo, se encuentran también formas angoletas; siempre está presente la punta recurvada o recta. Los demás caracteres son similares a los otros criollos. En 1958, el autor encontró en Nicaragua que esta variedad está casi extinguida del cultivo y ha sido reemplazada por forasteros y trinitarios. Solamente en ciertas áreas como en Chinandega, Valle Menier y otras localidades, se encuentran plantaciones pequeñas o grupos de árboles aislados de esta variedad. También se encuentran, entre las plantaciones de criollos, árboles de cacao pentagona, generalmente de mazorcas verdes o rosadas.

En Costa Rica, al norte de la costa atlántica y en la zona fronteriza con Nicaragua, se cultiva junto con el "Matina", una variedad de forastero amelonado llamado "Cauca", cuya procedencia es desconocida.

Matina. En la costa Atlántica de Costa Rica se cultiva la variedad llamada "Matina", nombre del primer sitio donde se cultivó este cacao a fines de 1700. Esta variedad es muy semejante a la llamada "Común" en Bahía, Brasil y los cacaos de la República Dominicana. Es un forastero bastante uniforme, de mazorcas amelonadas de tamaño mediano, de cáscara verde blanquecina cuando tiernas, gruesas o medianas, semillas moradas, medianas o pequeñas. Tiene buena capacidad de producción y parece autocompatible en general; es susceptible al complejo "die-back" y a *Phytophthora palmivora*.

No se conoce el origen de esta variedad, pero hay muchas razones para creer que fue introducida de alguna parte de Sur América, posiblemente de Brasil o

Surinám. Sus características fenotípicas son de un forastero suramericano.

En algunas áreas de Costa Rica se han hecho nuevas plantaciones con cacao trinitarios, obtenidos de semilla de polinización abierta de clones trinitarios o híbridos de polinización controlada de tipos trinitarios.

Variedades de la parte Norte de Sur América

Criollos de Colombia. Esta variedad ha sido cultivada en ciertas áreas pequeñas y localizadas de los valles altos (600 -1200 m.s.n.m.) del Valle del Cauca, Caldas, Antioquía y el Huila.

Estos cacao se asemejan a los criollos mejicanos por sus características de mazorcas, generalmente angoletas, predominantemente verdes, punta con cinco ángulos recurvada o recta, semillas gruesas, claras o blancas..

De acuerdo a Patiño, en los valles altos de Colombia no había cacao nativo antes de la colonización de los españoles, quienes lo introdujeron de Centroamérica o México. Actualmente quedan muy pocas plantaciones de criollos que han sido desplazados por enfermedades, particularmente *Ceratocystis fimbriata*, la edad, bajas producciones, reemplazándolas por otros cultivos más económicos u otras variedades de cacao más productivas o tolerantes.

Pajarito. En Colombia, en los departamentos de Antioquía, Caldas, Santander y el Huila se cultiva en mayor extensión que los criollos una variedad forastera llamada "Pajarito", introducida a fines del siglo pasado de alguna isla de las Antillas. Las mazorcas son de forma amelonada o casi calabacillo, pequeñas, de cáscara verde, delgada y lisa, con surcos superficiales, semillas moradas y pequeñas, de mucha fructificación y más tolerante a las enfermedades y plagas.

Junto con esta variedad, poblaciones trinitarias resultantes de jobrodacomes entre este forastero y los criollos, hacen la mayoría de las plantaciones de Colombia.

Amanavén. En el departamento Vichada, en la llanura oriental amazónica, se cultiva en pequeña escala un cacao forastero amazónico, de posible origen local, llamado Amanavén. Es un amelonado verde de cáscara lisa, con diez surcos, semilla morada y pequeña.

Criollos de Venezuela. Esta variedad se cultiva en diferentes grados de pureza en los valles del norte del estado de Aragua, en donde ha sido cultivada desde el siglo XVIII, bajo irrigación. Esta variedad se asemeja a los criollos nicaragüenses y se caracteriza por tener mazorcas cundeamores grandes, alargadas, de punta recurvada, de color morado a rojo sangre preferentemente, aunque se encuentra cierta proporción de verdes; la cáscara es rugosa, con surcos en pares, cinco de ellos más profundos, semillas rosadas o blancas y gruesas. También se encuentran en menor proporción mazorcas angoletas de colores verdes o rosadas, a las que se les llama "criollo verde" o "blanco".

En los valles de Cepe, Chuao y Choroni, las plantaciones tienen mayor proporción de árboles criollos, mientras que ésta es menor en los Aroa, Cayagua y Ocumare de la Costa.

El cacao criollo llamado Venezolano aparentemente no es nativo de Venezuela sino introducido, probablemente de Centroamérica (Nicaragua), cuando los frailes capachinos establecieron las primeras plantaciones de cacao bajo riego en el siglo

XVIII. Antes de esta época no se cultivaba cacao en esta región, debido al factor climático limitante de la humedad en el suelo y es dudoso que haya crecido cacao silvestre allí en esas condiciones.

Trinitarios. El mayor porcentaje de la zona cacaotera del norte de Aragua (87 %) está constituido de híbridos en varios grados de introgresión entre criollos y los forasteros amelonados, introducidos posteriormente a los criollos. La variabilidad de formas, colores y tamaños de mazorcas y semillas, pueden ir desde cercanos a criollos a cercanos a amelonados, con todos sus intermedios.

Otra área pequeña con cacao "Criollo Venezolano" se encuentra en el valle alto (cerca 1000 m.s.n.m.) de Tovar en el estado de Mérida, en los Andes.

Porcelana o porcelano. Contrario a lo propuesto por Ciferri, quien mantiene que es una leucomutación de un calabacillo, esta variedad es un criollo de mazorcas pequeñas, angoletas o casi amelonadas, surcos muy superficiales, cáscara lisa, delgada y suave, de color predominantemente rosado brillante y cierta proporción de color blanco mate; la punta corta termina casi invariablemente en cinco ángulos como en los criollos. Las semillas son en su mayoría blancas o ligeramente rosadas, gruesas, redondas o aplanadas. Los árboles son muy similares a los criollos, pequeños, de hojas pequeñas y de crecimiento lento. El fruto seco es calificado en el mercado internacional como de calidad extra fina, como los mejores criollos.

Esta variedad está localizada en una área muy reducida, en el borde sur oeste del lago Maracaibo, en Venezuela, a orillas de los ríos Catatumbo y Escalante. En esta área su producción es calificada como buena (309 kg/ha). Plantas de semillas de porcelana plantadas fuera de esta área, han crecido difícilmente en sitios como Ocumare, Barlovento y Turrialba, Costa Rica. A los cinco años de edad aún no han florecido.

Forastero de Barlovento. La zona de Barlovento, al norte del estado de Miranda, es una de las mayores productoras de cacao de Venezuela y en su mayoría proviene de un forastero amelonado de probable origen amazónico, de cáscara verde, diez surcos superficiales, lisa o semirugosa, semillas pequeñas y moradas. Los árboles son más vigorosos que los criollos.

En muy pocas localidades de Barlovento se observan también tipos trinitarios en las plantaciones.

Camacita. En las áreas vecinas de Tucupita, territorio del Delta Amacuro, en el estuario del Orinoco, una buena proporción de las plantaciones están formadas de una variedad de calabacillo "Camacita". Las mazorcas son ovaladas, tienen surcos superficiales, cáscara dura, verde, semillas pequeñas y moradas. Los agricultores la prefieren por su gran capacidad de producción y tolerancia a *Crinipellis pernicioso*. Esta variedad con toda probabilidad representa el paso a cultivo de los cacaos silvestres de los afluentes del Orinoco.

Trinitarios. En la zona de Tucupita más, del 50 % de las plantaciones pertenecen al grupo llamado trinitario, híbridos entre los forasteros nativos de la zona y criollos venezolanos introducidos en el siglo XVIII. Se observan todas las posibles segregaciones de caracteres de las mazorcas y semillas y un gran vigor híbrido, que se manifiesta en altas producciones. En zonas altamente infectadas de "escoba de bruja" se observan árboles con poca o ninguna infección.

La más extensa zona cacaotera de Venezuela, la península de Paria, en el estado de Sucre, en su totalidad está plantada con cacao trinitarios, con varios grados de introgresión a los criollos o forasteros.

Nacional o Arriba. De esta variedad, de conocida calidad, quedan pocas plantaciones en estado puro, las que están localizadas en las provincias de Guayas y los Ríos en la costa occidental del Ecuador. La mayoría del actual cacao calificado como "Arriba" viene de plantaciones híbridas de Nacional y Trinitarios.

La variedad pertenece a los forasteros amazónicos de mazorcas amelonadas, grandes, casi ovals, con un ligero estrangulamiento en el *cuello*, cáscara gruesa verde, surcos profundos, notoriamente rugosa, punta roma. Semillas de medianas a gruesas y de color violeta a morado. Árboles altos, robustos, troncos gruesos, hojas grandes. Las flores tienen el pedicelo del estambre rosado.

Esta variedad aparentemente proviene de los declives orientales de la cordillera de los Andes, en la hoya amazónica de Ecuador. El autor ha observado el mismo tipo de mazorcas y semillas en plantas nativas de las regiones de Tena, Archidona y Macas. El cacao Nacional comenzó a cultivarse en la costa oeste de Ecuador a principios del siglo XVIII y es muy posible que fue transportado en forma de frutos, de un lado al otro de los Andes, en el mismo país, originando de pocas mazorcas la nueva variedad, que hasta 1920-30 tenía un lugar prominente en el mercado mundial. Debido a su susceptibilidad a "escoba de bruja", esta variedad está en camino de extinción en el cultivo.

Trinitarios. Casi el 90% de la producción de Ecuador proviene de plantaciones de trinitarios, conocidos localmente como "venezolano morado" o "venezolano verde". Estos fueron introducidos de Venezuela en la década de 1930-40 y, por ser más tolerantes a la "escoba de bruja", reemplazaron a las principales áreas de cacao Nacional.

Al presente, las nuevas plantaciones de Ecuador se están incrementando con híbridos obtenidos de clones forasteros resistentes a "escoba de bruja" y clones trinitarios de alta producción.

En Perú, Jaén y Bagua (Amazonas) y Saprosoa y Juanjui (San Martín), se cultiva, en áreas reducidas, una variedad de cacao forastero amazónico de forma amelonada alargada, verde, semirrugosa, de semillas pequeñas y moradas. Esta variedad, posiblemente, representa el paso al cultivo de los cacao silvestres de los declives amazónicos vecinos.

En una pequeña área de Quillabamba, departamento de Cuzco, se cultiva otra variedad de cacao forastero amazónico, de mazorcas amelonadas algo ovaladas, de cáscara verde y semirrugosa.

Casi toda la producción de Brasil proviene del estado de Bahía, en donde se cultivan tres variedades principales:

Maranhão. Fue introducido del Amazonas, a fines del siglo XIX. Las mazorcas son de forastero amazónico, de forma amelonada alargada con constricción en el cuello, color verde, grandes, diez surcos evidentes y superficie notoriamente rugosa, terminan en punta roma. Las semillas son moradas, medianas, planas, o ligeramente redondeadas.

Esta variedad es poco frecuente en estado puro en las poblaciones actuales en

Bahía y crece mezclado con "Común", sobre todo en ciertas áreas cercanas a Itabuna. No está muy extendida en toda la zona cacaotera Bahiana.

Común. Es la variedad más extendida en cultivo en Bahía; quizá constituye el 90 %. Es un forastero amazónico, de mazorcas amelonadas típicas, verde blanquecinas cuando tiernas, diez surcos evidentes, cáscara lisa o ligeramente rugosa, delgada, en muchos casos con un pequeño estrangulamiento en la base, semillas moradas, pequeñas o medianas, plantas bastante rústicas y de alta producción.

El autor dice en otra publicación: "es curioso anotar que en otros países productores de cacao de este hemisferio, las variedades mayormente extendidas se asemejan muchísimo en sus caracteres de mazorcas, semillas y árboles a la variedad 'Común' de Brasil". Cheesman, al describir las variedades de cacao de la República Dominicana dice: "La cuarta clase, y la más común de todas, es un cacao de frutas amarillas, llamado localmente calabacillo o amelonado de Trinidad. Este se asemeja mucho al amelonado de Brasil y pudo haber venido de Brasil o Surinam".

La variedad Matina de Costa Rica, la Ceylán o Costa Rica de México y Guatemala, se asemejan a "Común" de Brasil. Desafortunadamente no se conocen claramente las fechas de introducción en cada área, o sus orígenes.

Catongo. En el presente, en Bahía se está plantando en buena proporción este cultivar, obtenido de una planta encontrada en 1937 de la variedad "Común". Se caracteriza por tener las semillas, las partes normalmente pigmentadas de la flor y los brotes jóvenes, de color blanco. Por eso se le conoce también como "cacao blanco de Bahía". En las condiciones de Bahía muestra resistencia a *Phytophthora palmivora* y ha sido calificado de calidad suave y de alta producción.

Variedades en el Caribe

Calabacillo o Amelonado de Trinidad. Es un forastero amazónico de forma amelonada típica, que constituye entre el 85 % y 90 % de la población de cacao del país. Esta variedad es muy parecida al Matina de Costa Rica, al Costa Rica de México y al Común de Bahía. Las mazorcas son amelonadas, verde-blanquecinas, tienen diez surcos superficiales y son lisas o semirrugosas. Las semillas son moradas, pequeñas o medianas. Cheesman sugiere que esta variedad pudo haber venido de Brasil o Surinam y que el nombre de amelonado de trinidad con que se le conocía allá no es muy apropiado, ya que en Trinidad no esta muy extendido su cultivo.

Hay pequeñas áreas con tipos trinitarios introducidos de Venezuela, de mazorcas rojas y rosadas o blanco mate, que lo llaman Trinitario de Venezuela o Carúpano.

Cheesman cita en 1946 áreas pequeñas con criollos de Venezuela y cacao Nacional de Ecuador, pero el autor no pudo observar en 1962 plantaciones con estos tipos. La mayor parte de la producción de este país se concentra en el Valle del Cibao.

Casi la totalidad de la producción de Trinidad y Tobago viene de plantaciones de tipos trinitarios con varios grados de introgresión a criollos o a forasteros amelonados, prevaleciendo en gran parte las tendencias hacia los criollos, aunque en ciertas áreas son frecuentes también los tipos llamados calabacillos o amelonados.

En los programas de replantación llevados a cabo desde 1930, se han plantado muchas áreas con clones propagados por estacas o híbridos interclonales, todos pertenecientes al complejo trinitario.

Las Islas de Granada, Jamaica y Haití, son menores productoras de cacao y las plantaciones en su mayoría están hechas de mezclas de tipos trinitarios y casi criollos.

BIOLOGIA FLORAL

Las flores del cacao nacen agrupadas en sectores especializados que se denominan cojines florales. Estos están localizados alrededor del punto de inserción de las hojas, tanto en el tronco como en las ramas. Típicamente el cacao es cualiflor, es decir que sus flores se desarrollan en el tronco principal.

Los primordios florales nacen endógenamente del floema. El período desde el momento que emerge el botón floral, por sobre la corteza, hasta la apertura de la flor, es de aproximadamente 30 días y este fenómeno está altamente influenciado por el ambiente reinante. La inflorescencia es del tipo definido. Las flores están presentes como una cima monocasial, aunque algunas veces se puede observar como dicasial. En la literatura se pueden encontrar otras denominaciones. Normalmente, hay una fuerte producción de flores luego de las primeras lluvias, después de un período seco; esto hace que en algunos lugares haya producción de mazorcas en épocas bien marcadas o definidas. En otros lugares, como en la finca La Lola del CATIE, donde no hay período de lluvia y sequía bien marcados, la floración es casi permanente y más bien se nota una influencia del número de horas-sol. La floración seguramente se aumenta por el estímulo durante la época de mayor luminosidad.

El número de flores por cojín varía de acuerdo al clon y a la época de observación. Parece ser ésta una característica genética bien definida. El clon 'UF-29' tiene un número muy bajo de flores por cojín (de 1-4 flores, con un promedio de 2) mientras que otras, como el 'UF-296', tiene un número alto (de 14 a 48, con un promedio de 27). También algunos clones tienen las flores concentradas mayormente en el tronco, mientras que algunos árboles amazónicos tienen una mayor concentración en las ramas laterales.

El botón maduro inicia su apertura desde las 2 p.m. (14:00 h), generalmente con movimientos muy lentos de los sépalos, los cuales se pueden ver ligeramente separados. La hora en que la mayoría de los botones inician su apertura es a las 5 p.m. (17:00 h). El tiempo que tardan en abrir es muy variable y depende del ambiente. Con más luz y menos humedad ambiental, la apertura es más rápida. La apertura de los botones continúa por toda la noche.

En algunas ocasiones, la dehiscencia de las anteras se inicia a media noche, aunque en la mayoría se inicia durante las primeras horas de la mañana. Parece haber alguna influencia del clon o del ambiente.

En general, en la mañana las anteras están abiertas y el grano de polen está listo para fecundar la flor. La vida efectiva del grano del polen es corta, generalmente de 48 horas. En algunas condiciones especiales es de hasta 72 horas. Los granos de polen son esferoidales y muy pequeños (16 a 23 micras) y se ha conseguido conservarlos artificialmente hasta por 300 días. El grano de polen es pegajoso y en general sale del saco en forma de gránulos, que contienen algunos cientos de granos. El grano de polen es transportado por un número reducido de insectos que hacen este trabajo. Se conoce que la realizan algunas especies del género *Forcipomyia*, y en menor escala algunos trips del género *Frankliniella*.

La polinización cólica que se puede realizar, está limitada a muy pocos casos y bajo condiciones ambientales muy especiales, cuando el ambiente es seco y hay sol

brillante, que es cuando el grano de polen pierde su viscosidad y puede desprenderse fácilmente y salir de su protección natural, que es la concha del pétalo.

Cuando el ambiente está muy húmedo y hay una ligera llovizna, es cuando las *Forcipomyias* trabajan más o se vuelven más activas.

El pistilo está receptivo casi inmediatamente después que la flor ha terminado de abrirse, un poco después que las anteras han tenido su dehiscencia.

Un mayor porcentaje de éxito se tiene en la polinización cuando ésta se realiza el mismo día que la flor se abre. Algunas polinizaciones pueden tardar 48 horas para fecundar el óvulo, y las más tardías podrían durar hasta 72 horas. La actividad de los ovarios fecundados es muy lenta, comparado con los no fecundados.

Si la flor es fecundada, entonces se torna de color amarillento y las partes florales se van secando paulatinamente y el ovario va creciendo rápidamente. Si la flor no es polinizada o fecundada hasta el segundo día, entonces se produce la abscisión, en el punto de inserción del pedúnculo floral y la flor se cae. Este es el único momento que la flor o el fruto pueden producir abscisión.

Hay alguna discrepancia en la literatura sobre el valor de aumentar manualmente las polinizaciones en las plantas de cacao como una práctica económica para aumentar los rendimientos. Lo cierto es que en la mayoría de los árboles, en un cacaotal corriente, hay mucho marchitamiento de frutos, que aumentaría considerablemente si se polinizan artificialmente las flores. Solamente sería recomendable cuando se compruebe falta de polinizadores o por uso o abuso de insecticidas. Bajo un combate de plagas moderado y racional, aún con el uso de insecticidas, no es problema para la polinización entomológica, puesto que tanto las larvas como las pupas de la *Forcipomyia* están bien protegidas en lugares tales que sus generaciones pueden asegurarse.

En algunos lugares se puede provocar el escape a algunas enfermedades usando las polinizaciones manuales, lo que si daría un considerable aumento del rendimiento del árbol de cacao.

Una vez producida la fecundación, el huevo o cigote inicia su actividad de división entre 40 ó 50 días, época en la cual la mazorquita ha crecido unos 8-10 cm de largo. El período de crecimiento que sigue es rápido y la mazorquita crece de acuerdo al desarrollo de los óvulos, que adquieren su máxima velocidad entre los 75 días después de fecundados. Al cumplir los 87-90 días, aproximadamente, el crecimiento vuelve a hacerse bastante lento. Los óvulos se llenan de un endosperma gelatinoso que poco a poco es consumido por el embrión, hasta los 140 días. Para entonces la madurez fisiológica de la semilla termina y se inician los procesos de madurez de la mazorca, que tardan entre 10-15 días, dependiendo del estado nutricional del árbol (número de mazorcas madurando), y del ambiente.

Algunos de los frutos formados o fecundados, hasta que adquieran unos 20 cm de largo pueden marchitarse y secarse fisiológicamente, sin que su causa sea una enfermedad. Este fruto permanece colgado del árbol por mucho tiempo, hasta que el pedúnculo se descomponga.

Se ha tratado de explicar y modificar este comportamiento del árbol, pero se sabe poco de ello. En algunos casos se ha querido disminuir el número de frutos marchitos, eliminando algunos de los frutos formados, pero no se ha conseguido uniformar los resultados.

En los trabajos de polinización manual para la obtención de semilla certificada, hay un incremento de mazorcas marchitas estacionales, de manera que el prendimiento de mazorcas formadas varía de cinco hasta 40 %, durante todo el año, con un promedio aproximado del 20 % de prendimiento y cosecha.

Hay alguna variación durante el año en la obtención de semilla seca a partir de la cosecha húmeda, que puede ser desde 30 a 45 %, con un promedio anual bastante ajustado del 40 %, cifra que regularmente la mayoría de las estaciones experimentales usan para transformar la cosecha húmeda a grano seco.

INCOMPATIBILIDAD

Dentro de las poblaciones vegetales funcionan sistemas genéticos que aseguran la polinización cruzada. Uno de estos sistemas es el de las series alélicas de incompatibilidad entre polen y estilo. Tales series suelen estar formadas por numerosos genes a los que se acostumbra designar con la letra "S" y un subíndice numérico. La importancia de los sistemas de incompatibilidad radica en que su funcionamiento impide la autogamia y facilita la alogamia entre individuos no emparentados. La necesidad de impedir la autogamia y otras formas de estrecha consanguinidad en los cruzamientos libres, hace que las plantas hermafroditas se defiendan de la pérdida de vigor y disminución de la capacidad de adaptabilidad, que se manifiesta en la descendencia como consecuencia de la consanguinidad.

Existen varias definiciones de incompatibilidad, aunque todas mantienen similitud. Williams, en 1965, define la incompatibilidad como la ausencia de tubos polínicos los cuales, al no penetrar al estilo, impiden el proceso de fecundación. Nettancourt, en 1973, describe la autoincompatibilidad como la inhabilidad de las plantas hermafroditas, fértiles, de semillas, para producir cigotas después de la autopolinización. Según dijo Allard, en 1960, el proceso de incompatibilidad puede operar en cualquier estado entre la polinización y la fecundación o fertilización. Soria, en 1970, señala que en la autoincompatibilidad el polen de una misma planta no fecunda sus propios óvulos. Crane y Lawrence, citados por Enríquez y Alarcón, en 1977, indican que la incompatibilidad es la falla de una planta con polen y óvulos normales para producir semilla, debido a algún impedimento fisiológico, el cual previene la fertilización.

El mecanismo de incompatibilidad se presenta ampliamente en el reino vegetal. Familias de plantas como: Leguminosae, Rosáceae, Esterculiáceae, Compositae, Cruciferae y Graminae, presentan esta característica. East, en 1960, estimó que este fenómeno se presenta en más de 3000 especies, entre 20 familias de plantas con flores. Sin embargo, se ha señalado que la estimación realizada por East fue muy baja.

Generalmente se distinguen dos sistemas de incompatibilidad: heteromórfico y homomórfico.

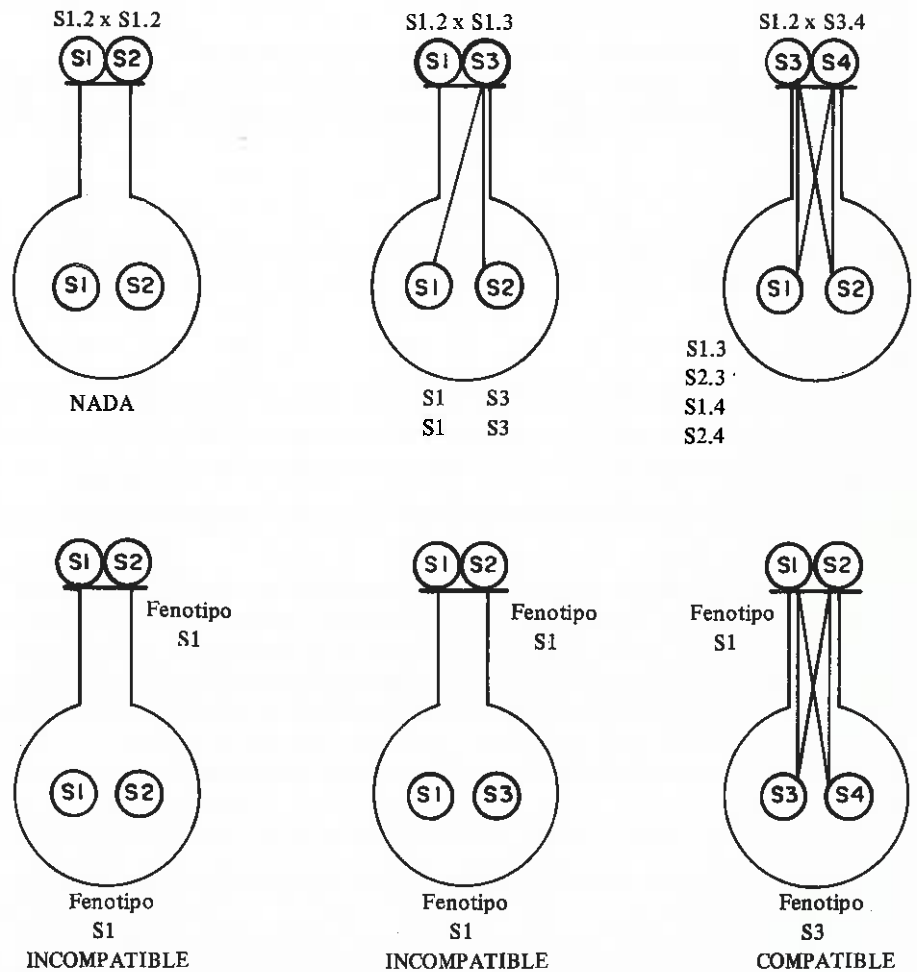
El sistema heteromórfico está caracterizado por diferencias en la morfología de las flores de diferentes plantas y las diferencias entre otras características, como el relativo tamaño del polen y las células del estigma. Este sistema comúnmente está gobernado por un solo gene en un locus simple, con dos alelos y la reacción de incompatibilidad del polen es fijada sobre ellos por el genotipo de la planta padre. Este sistema carece de importancia entre las plantas cultivadas.

En el sistema homomórfico no hay diferencias morfológicas entre las flores de diferentes plantas. Este sistema a su vez, dependiendo del mecanismo de la reacción, puede ser: gametofítico y esporofítico.

El sistema gametofítico fue originalmente llamado del factor oposicional. Este sistema se halla caracterizado por la acción independiente, tanto del estilo como en el polen, de los alelos pertenecientes al locus de la incompatibilidad (S), que se

presenta en cualquier individuo diploide. El grano de polen que lleva genes de incompatibilidad no puede funcionar sobre el estilo que posee el mismo alelo. Este sistema es controlado por un simple gene con una amplia serie de formas alélicas.

Ejemplo:



La reacción de incompatibilidad tiene lugar invariablemente en el estilo y el crecimiento de los tubos polínicos portadores de un determinado alelo, queda detenido en los estilos que poseen el alelo idéntico. Las especies con este tipo de incompatibilidad presentan polen binucleado. En la mayor parte de las especies que han sido estudiadas, la incompatibilidad gametofítica se encuentra regida por un solo locus; sin embargo, se ha señalado la presencia de dos loci de incompatibilidad para poder explicar el comportamiento de algunas especies de gramíneas. Esta situación, en particular, parece que funciona sobre la base de una acción complementaria y solamente se manifiesta una plena incompatibilidad cuando los alelos de ambos loci se encuentran duplicados en el polen y en el estilo.

El sistema esporofítico se asemeja al gametofítico en el hecho de que la reacción de incompatibilidad se halla determinada por un solo locus, con alelos múltiples; pero difiere en que se encuentra determinado por el núcleo diploide del esporófito; en otras palabras, el comportamiento de cada grano de polen o tubo polínico está dirigido y determinado por el genotipo diploide (Cuadro 9).

Cuadro 9. Combinaciones posibles en el sistema gametofítico diploide.

♂	♀	S1 S2	S1 S3	S2 S3	S2. S4	S3. S4
S1.	S2		S1.3 S2.3	S1.3 S2.3	S1.4 S2.4	S1.3 S1.4 S2.3 S2.4
S1.	S3	S1.2 S2.3		S1.2 S1.3 S2.3	S1.2 S1.4 S2.3 S3.4	S1.3 S1.4 S3.4
S2.3		Etc.				
S2.	S4					
S3.	S4					

El sistema esporofítico también difiere del gametofítico en que los alelos "S" muestran relaciones de dominancia, acción individual o acción competitiva y dominancia en cualquiera, polen o estilo, de acuerdo a la combinación alélica involucrada. La determinación esporofítica puede darse también de tal modo que no haya series de dominancia, sino codominancia de los dos alelos presentes en el genitor masculino, en su acción para determinar la norma de reacción del polen.

Suponiendo una serie de dominancia en cacao, como la siguiente:

$$S_2 > S_2 = S_3 > S_4$$

podríamos tener la reacción de incompatibilidad: incompatibilidad que presenta el Cuadro 10.

El primero en reportar la presencia de árboles autoincompatibles de cacao fue Harland, en 1925, en Trinidad, quien menciona que hay una clase de árboles que esporádicamente aparecen bajo el nombre de "cacao macho", que se caracterizan por la completa esterilidad de las anteras. Posteriormente, Pound confirmó este hecho y en 1931 reporta que de ocho clones probados para autocompatibilidad, tres de ellos dieron resultados muy pobres en autopolinizaciones artificiales realizadas y contadas a los seis días de sobrevivencia; así, los árboles probados son clasificados en autocompatibles y autoincompatibles. También da indicaciones de una posible correlación entre la tasa inicial de desarrollo del pistilo y el número de polinizaciones efectivas. En 1934, el mencionado autor da indicaciones de la existencia de una "autocompatibilidad condicional", es decir que los árboles pueden variar en su condición, así: uno autoincompatible puede llegar a ser autocompatible en cierto momento. Los factores fisiológicos, según esta hipótesis, modifican la

Cuadro 10. Posibles resultados de cruzamientos de algunos genotipos en cacao en base a pegamentos o absiciones de flores.

		→ PADRES							
		S1. S2		S1. S3		S2. S3		S2. S4	
MADRES	♀	S1. S2	S1. S2	S1. S3	S2. S3	S2. S3	S2. S3	S2. S4	S2. S4
		S1. S3	S1. S3	S1. S3	S2. S3	S2. S3	S2. S3	S2. S4	S2. S4
	S2. S3	S2. S1 S2. S2 S3. S2 S3. S1	Etc.						

expresión de la constitución genética con respecto a autocompatibilidad. Clasifica los árboles machos de la siguiente manera: 1) árbol incompatible, el cual tiene un potencial para la formación de frutos, ya que los órganos florales esenciales se encuentran completos; 2) árboles estériles macho y hembra, que no tienen potencial para la formación de frutos como consecuencia de órganos florales estructurales estériles.

Agrega una tercera clase de árboles, los cuales producen una masa de almendras en pequeñas mazorcas, sin valor comercial. En 1936, Voelcker da una división de árboles desde el punto de vista práctico: autocompatibles y autoincompatibles.

Durante el período en que él realizó observaciones de compatibilidad menciona que no pudo observar el cambio de un árbol autoincompatible en autocompatible y viceversa, por lo que difiere del criterio de Pound. Supone que el rendimiento de un árbol está determinado por el número de flores producidas, número de flores fertilizadas y el número de pérdidas en frutos inmaduros; por lo que, según su criterio, la autoincompatibilidad no tiene importancia en la determinación final del rendimiento. Sin embargo, el comportamiento de un árbol autoincompatible será influido por los árboles vecinos y variará de acuerdo a la eficiencia de transferencia de polen y a la fuerza del mismo para causar la fertilización. Además, da indicaciones de que el período de tiempo para decidir si una flor autopolinizada es fecundada debe ser de 14 días, contrario a los seis días propuestos por Pound. El mismo autor, en 1937, informó que en una prueba de compatibilidad realizada en clones de la serie ICS, los árboles autoincompatibles no dieron ningún fruto cuando fueron cruzados por el clon autoincompatible 'ICS-97'; sin embargo, cuando se cruzaron con el autocompatible 'ICS-1' dieron muchos frutos. Los árboles autocompatibles fructificaron cuando se les polinizó con polen de los clones autoincompatibles 'ICS-5', 'ICS-83' y 'ICS-97'. Concluye que la escasez de preñamiento en flores es debida a la escasez de fertilización; ésta depende de que el polen compatible alcance adecuadamente el estigma.

Posnette, en 1973, menciona que no existen diferencias en la germinación entre polen de un árbol autocompatible y otro autoincompatible y sugiere que la falla en el cuajamiento de frutos en un árbol autoincompatible puede deberse a:

- Inhabilidad del grano de polen para germinar.
- Desarrollo lento del tubo polínico.
- Falla de los gametos para fertilizar el óvulo.
- Falla del núcleo masculino y/o femenino para emerger dentro del citoplasma del huevo.
- Acción subsecuente de factores letales.

Un examen de flores autocompatibles y autoincompatibles, autopolinizadas, no mostró diferencias tres horas después de la polinización; sin embargo, seis horas después en la flor autocompatible observó el tubo polínico penetrando el ovario, mientras que en la flor autoincompatible el tubo polínico se quedó corto y algunas veces se desarrolló por arriba del estilo y lejos del ovario, por lo que concluyó que el polen incompatible no puede desarrollar un tubo polínico capaz de alcanzar el ovario.

En 1983, Cope informa que al realizar cruzamientos entre árboles autoincompatibles llegó a la misma conclusión de Pound, de que los cruzamientos entre árboles autoincompatibles dan cuajamientos muy bajos de frutos, pero cuando se cruzan con un autocompatible, el cuajamiento es satisfactorio. Al relacionar la intensidad de floración y el cuajamiento de frutos, concluye que el rendimiento de un árbol autoincompatible dependerá del número de flores que reciben polen compatible, lo cual dependerá del número de flores producidas por el árbol autoincompatible y de la intensidad de la polinización cruzada, es decir, de la densidad de distribución de polen autocompatible.

De acuerdo a los resultados de un experimento, el mismo autor señala en 1939, que el polen germina normalmente en un apareamiento incompatible y que el tubo polínico creció dentro del estilo con una rapidez igual a la de una polinización compatible, por lo que supone que el efecto del polen es insignificante. La investigación desarrollada posteriormente por él, reveló que en sacos embrionarios fertilizados autocompatibles y autoincompatibles, las diferencias llegan a ser más marcadas, conforme transcurre el tiempo después de la fertilización.

La división de los núcleos polares se inicia considerablemente más tarde en un saco embrionario incompatible fertilizado, que en uno compatible. Además, la proporción de sacos embrionarios mostrando divisiones polares en el ovario que ha recibido polen incompatible permanece siempre baja. Cuando ocurre la abscisión, una flor incompatible polinizada muestra menos del 25 % de los sacos embrionarios totales que hayan pasado a la primera división polar. En flores compatibles polinizadas y al tiempo correspondiente, arriba del 80 % de los sacos muestran división nuclear. El huevo fertilizado permanece intacto cuando la flor incompatible polinizada cae. De lo anterior, Cope sugiere que el inicio tardío y el bajo nivel de actividad nuclear en un ovario incompatible polinizado, son responsables de la caída de la flor.

Posnette, en 1940, al relacionar la incompatibilidad y el rendimiento de cacao, indica que la autoincompatibilidad restringe los rendimientos aún con la presencia adecuada de agentes polinizadores, señalando que los cuajamientos de flores pueden

ser limitados por la falta de agentes que realicen la polinización cruzada en forma adecuada. En la estación experimental de Aburi, él encontró que la autoincompatibilidad es menos común en el tipo "amelonado", más común en el "cundeamor" y el tipo "criollo" intermedio. En cuanto al mecanismo de incompatibilidad, menciona que ésta es debida a la inhibición de desarrollo del tubo polínico y agrega que tubos polínicos compatibles pueden también ser inhibidos por la influencia de tubos polínicos incompatibles, desarrollándose sobre el mismo estigma.

Sanclemente, estudiando el fenómeno de la incompatibilidad en Colombia, en 1953 reporta que el crecimiento lento del tubo polínico es causado por una sustancia inhibidora que se encuentra en el pistilo incompatible. Esta sustancia es resistente a la luz y al calor, pero es destruída por el H_2O_2 y el $KMnO_4$, ya que en pistilos autoincompatibles tratados con estas dos sustancias logró autopolinizaciones que dieron frutos normales; sin embargo, no todos los árboles autoincompatibles respondieron a este tratamiento. Considera, además, que la falta de vitaminas, especialmente B_1 , puede ser la causa de la falla en los cuajamientos de flores incompatibles.

En 1954 Naundorf, para mejorar la producción de los árboles autoincompatibles, propone los siguientes métodos:

- Cortar el árbol y resembrarlo por otro seleccionado.
- Dejar un chupón en la base del árbol autoincompatible e injertar a éste una yema de un árbol seleccionado y posteriormente eliminar el árbol antiguo.
- Polinizar manualmente con polen de un árbol compatible.
- Injertar los árboles autoincompatibles con haces florales de un árbol compatible. Esta manipulación convierte árboles autoincompatibles en auto-compatibles.

Naundorf enfatiza además, la intervención de ciertas sustancias activas o inhibidoras en la autocompatibilidad.

Knight y Roger, en 1953, formularon una hipótesis genética para explicar la esterilidad de algunas descendencias de cacao probadas, en los cuales encontraron que cinco alelos a los que designaron W_1 , W_2 , W_3 , W_4 y W_5 localizados en un locus simple, estaban involucrados. Estos alelos difieren en la exhibición del siguiente orden de dominancia:

$$S_1 > S_2 = S_3 > S_4 > S_5$$

La investigación citológica desarrollada por ambos demostró que la reacción de incompatibilidad ocurre después de que el tubo polínico ha penetrado el óvulo y que las sustancias que activan la incompatibilidad están confinadas en el citoplasma de los óvulos y del polen. La conclusión final de los mencionados autores es de que la reacción de incompatibilidad en cacao sigue el modelo esporofítico, es decir, la constitución diploide de los tejidos materno y paterno determinan el éxito o fracaso de una polinización.

Posteriormente Cope, en 1959, propuso la existencia de un sexto alelo S_6 recesivo a los otros e indicador de compatibilidad y de los loci independientes entre sí y de la serie alélica "S", pero complementarios entre ellos, a los que llamó A y B y que están relacionados con la producción de un precursor de incompatibilidad. Estos muestran dominancia y recesividad y actúan antes de la meiosis. La otra serie (S) imparte una alta especificidad al precursor, muestra alelomorfismo y actúa

después de la meiosis. Existen sólo dos alternativas para los Factores A y B, pero muchas para los factores S.

La investigación citológica desarrollada por Cope demostró que los casos de incompatibilidad en cacao son debidos a fallas de fusión de núcleos generativos del polen con los óvulos, en cualquiera de las siguientes proporciones de óvulos no fusionados: 25, 50 y 100 %; de esta manera, tres tipos de árbol autoincompatibles se pueden distinguir:

- Aquel que sólo da una proporción de 1:3 de óvulos no fusionados.
- Aquellos que dan una proporción 1:1 en autopolinizaciones.
- Árboles que dan una proporción 1:0 en autopolinizaciones.

Los resultados de Cope en observaciones microscópicas de las relaciones de fusión y no fusión en autopolinizaciones y cruzamientos, se explican así:

AUTOFECUNDACIONES

1. Combinaciones de genotipos con un alelo dominante y otro recesivo, por ejemplo:

S1.S2.
S1.S4.
S2.S5.
S3.S4, etc.

Estos autopolinizados dan un 25 % de NO FUSION.

S1.2 x S1.2

♀ ♂	S1	S2
S1	-	S1.2
S2	S1.2	S2.2

25 % NF.

S3.4 x S3.4

	S3	S4
S3	-	S3.4
S4	S3.4	S4.4

25 % NF.

S2.5 x S2.5

	S2	S5
S2	-	S2.5
S5	S2.5	S5.5

25 % N.F.

S1.3 x S1.3
S1.4 x S1.4
S2.4 x S2.4 Etc.

2. Combinaciones de alelos de igual dominancia, ejemplo: S2.S3.

Estos autopolinizados dan un 50 % de NO FUSION.

S2.3 x S2.3		
	S2	S3
S2	-	S2.3
S3	S2.3	-

50 % NF:

S4.5 x S4.5		
	S4	S5
S4	-	S4.5
S5	S4.5	-

3. Combinaciones de alelos homocigotes, ejemplo: S1.S1. S2.S2, etc.

Estos autopolinizados dan un 100 % de NO FUSION.

S5.5 x S5.5		
	S5	S5
S5	-	-
S5	-	-

100 % NF:

S1. S1 x S1.1		
	S1	S1
S1	-	-
S1	-	-

CRUZAMIENTOS

1. Cruzamientos entre genotipos que tienen el mismo alelo dominante también dan 25 % de NO FUSION; ejemplo:

S2.S3 x S2.S5

S2.3 x S3.4

2. Cruzamientos con genotipos que no envuelven el mismo dominante o duplicación del mismo alelo de igual dominancia, dan fertilización normal. Ejemplo:

S1.2 x S2.5

S1.2 x S3.4

En el Cuadro 11 se presentan varias reacciones de fusión y no fusión de algunos genotipos de incompatibilidad.

Las conclusiones a que Cope llegó después de estos resultados, fueron las siguientes:

Cuadro 11. Relaciones de porcentajes de "No fusión" en óvulos normales en autopolinizaciones y cruzamientos de cacao.

HEMBRAS	S1.2	S2.3	Machos S2.5	S3.4	S5.6
S1.2	25	0	0	0	0
S2.3	0	50	25	25	0
S2.5	0	25	25	0	0
S3.4	0	25	0	25	0
S5.6	0	0	0	0	25

Los ceros indican 100% fusión y los números, casos de incompatibilidades. Tomado de Cope (1958).

- Los gametos que llevan el mismo alelo dominante son los que no se fusionan en el saco embrionario.
- La reacción de fusión o no fusión la determina el alelo S, que tiene el gameto y el fenotipo del tejido diploide. Ejemplo:

El gameto S2 se fusiona con el óvulo de una planta S1.2;
 el gameto S2 no se fusiona con S2.5;
 las reacciones son controladas esporofíticamente.

El mismo autor, para explicar las causas de las diferentes proporciones de fusión y no fusión de gametos, dice: "Si el control esporofítico es la regla en cacao, ¿Cómo es posible que en un genotipo dado, todos los gametos no tengan propiedades fisiológicas idénticas? ¿Por qué la autofecundación de S1.2 da, por ejemplo, solamente 25 % de óvulos no fusionados y no 100 %? La respuesta debe depender de la suposición de que el locus S tiene una acción en dos etapas, una antes de la meiosis y otra después de la meiosis.

La acción premeiótica del locus S establece el control esporofítico de la incompatibilidad, mientras que la acción postmeiótica es necesaria para asegurar que todos los gametos (excepto en genotipos homocigotes) no sean idénticos en su reacción de fusión".

Los alelos S actúan bien, en la mayoría de los casos, bajo la teoría de Knight y Rogers, pero ésta no explica satisfactoriamente algunos casos como por ejemplo: los clones 'ICS-1' e 'ICS-45' son autocompatibles y teóricamente deberían ser S0.0 y S0.0. Cuando se cruzan dan una F1, pero ésta es autoincompatible. Para explicar esto, Cope propone la existencia de otros dos pares de genes independientes entre sí y de los alelos S, pero complementarios entre ellos. Esos dos pares A/ - B/ - producen una sustancia precursora, en cuya presencia se activan los alelos S. Así, los genotipos de los clones en mención serían:

$$\begin{aligned} \text{ICS.1} &= \text{AABBS00} \\ \text{ICS.45} &= \text{AabbS1.1} \text{ o } \text{aaBbS1.1} \end{aligned}$$

'ICS-1' tiene producción de los precursores pero tiene los dos alelos So que dan autocompatibilidad.

'ICS-45' no tiene formación de sustancias precursoras de autoincompatibilidad y, aunque tiene los dos alelos S1 que producirían incompatibilidad, en este caso la reacción es de autocompatibilidad por la no formación de sustancias precursoras, debido a falta de complementación entre A y B.

A continuación se ofrecen los genotipos propuestos por Cope, para algunos clones de Trinidad:

Autocompatibles:

ICS1	AABB S0.0
ICS6	AABB S0.0
ICS-44	AABB S0.0
ICS-45	Aabb S1.1
	ó
	aaBb S1.1

Autoincompatibles:

ICS-60	AaBB S1.0
	ó
	AABb S1.0
ICS-16	A/ - B/ - S1.0
SCA-6	AABB S2.3
SCA-12	AABB S2.4

Ejemplo con un híbrido:

Padres	ICS-1	×	SCA-6
	AABB	×	AABB S1.3
F1:	$\frac{1}{2}$		AABB 2.0
	$\frac{1}{2}$		AABB 3.0

Autofecundaciones:

- a) AABB 2.0 AABB Común y hay producción de sustancias precursoras de incompatibilidad

	S2	S0
S2	-	S2.0
S0	S2.0	S0.0

25 % NF (Autoincompatible)

b) AABB 3.0

	S3	S0
S3	-	S3.0
S0	S3.0	S0.0

25 NF: (Autoincompatible)

Cruzamientos: AABB 2.0 x AABB 3.0

	S2	S0
S3	S2.3	S3.0
S0	S2.0	S0.0

0 % NF
(Cruzamiento compatible)

CONCLUSION

Todas las descendencias F₁ del híbrido de ICS-1 x SCA-6 son autoincompatibles en autofecundaciones y en cruzamientos entre plantas del mismo genotipo.

La mitad de las plantas pertenecen a un genotipo de incompatibilidad y la otra mitad a otro genotipo.

Los cruzamientos entre plantas de los dos genotipos diferentes son compatibles, como lo comprobaron Enríquez y Cabanilla, en 1969.

Glendinning, en 1960, reporta que es posible obtener semillas autopolinizadas en árboles de cacao autoincompatibles, mediante una técnica que consiste en polinizar una flor del árbol autoincompatible, aplicando una cantidad de polen auto-compatible junto con un poco del polen del mismo árbol. Otro método fue descrito por Bartley, en el cual se hace una polinización primaria con polen de flores de *Herrania* y luego con las de cacao. Las semillas luego se pueden diferenciar fácilmente.

La teoría que intenta explicar este hecho se basa en que cuando pocos óvulos del total de una planta autoincompatible son autofertilizados, las sustancias producidas capaces de inhibir el desarrollo posterior del fruto, pueden ser enmascaradas por el mayor volumen de sustancias activadoras del crecimiento, producidas por el polen compatible, por lo que la flor puede permanecer en el árbol y llegar a desarrollar un fruto. Según Glendinning, es posible observar esto cuando se usa como padre un clon homocigote para la característica de la mancha de la axila de las hojas.

En 1960, Pandey hace un análisis de las teorías genéticas que explican la autoincompatibilidad en cacao (Knight y Rogers, y Cope) y califica de injustificada la propuesta de Cope referente a la presencia de dos loci independientes. Considera que la fertilización normal en una polinización incompatible ocurre en el saco embrionario que contiene el alelo recesivo S, pero el desarrollo del embrión es posteriormente detenido, posiblemente por la difusión de sustancias tóxicas de sacos embrionarios incompatibles en el mismo ovario. Estos procesos son controla-

dos solamente por un gene S complejo. Sugiere que la interacción competitiva entre alelos podría explicar la autoincompatibilidad de ciertas poblaciones de cacao y la autoincompatibilidad entre dos miembros de tales poblaciones diferentes.

La ocurrencia de operación completa de alelos S mostrando interacción competitiva en poblaciones autocompatibles de cacao, según Pandey, indica que el actual sistema de incompatibilidad es de origen relativamente reciente.

Vello, en un trabajo publicado en 1964, agrega que el fenómeno de incompatibilidad en cacao es mejor explicado por Knight y Rogers. En cacao, el mecanismo de incompatibilidad funciona después de que la fertilización se ha verificado, el polen germina normalmente en un estigma incompatible y el crecimiento del tubo polínico dentro del estilo es también normal. De igual forma ocurre sin problemas la doble fertilización del saco embrionario, formándose a partir de entonces ciertas sustancias que provocan la caída de la flor; por esta razón solamente puede ser juzgada una polinización incompatible después de transcurridos más de 10 días después de la polinización.

Glendinning, con trabajos realizados en Tafo, Ghana, en 1967, extiende el rango de conocimiento acerca de los alelos involucrados en incompatibilidad y demuestra que un alelo puede ser independiente de otros dos alelos, de los cuales uno es dominante al otro. Un ejemplo de este caso está dado por un alelo presente en los clones 'Iquitos-47' e 'Iquitos-60', el cual es independiente de ambos alelos 1 y 2, aunque el alelo 1 es dominante al 2. Un ejemplo posterior está dado por el alelo 'Trinitario-1' el cual, además de ser independiente al alelo 0, es independiente de los alelos 1 y 2.

Un segundo punto demostrado por Glendinning es el hecho de que algunos alelos de incompatibilidad son recesivos al alelo para compatibilidad; un ejemplo de este caso es el alelo 4. Una descendencia obtenida de un cruzamiento entre un árbol conocido que lleva los alelos 1 y 4 y un árbol autocompatible amelonado, consiste de una proporción igual de árboles autocompatibles y autoincompatibles; éstos últimos llevan el alelo 1. Una evidencia similar está dada por descendencias obtenidas entre cruzamientos compatibles de árboles que llevan los alelos 2 y 4, y 3 y 4. Según el mencionado autor, el alelo Trinitario 1 de incompatibilidad, usualmente aparece absoluto en sus efectos. Esto justifica que Voelcker sólo haya obtenido un cuajamiento (persistente 14 días) de 245 polinizaciones incompatibles en Trinidad. Igualmente, el autor citado sólo obtuvo un prendimiento de 300 autopolinizaciones en el clon Trinitario E1, realizadas en Ghana.

Coral y Soria, en 1972, confirmaron la hipótesis de Knight y Rogers basada en el control esporofítico de la incompatibilidad y la consideran bastante conveniente. Dentro del grupo de árboles probados por ellos (autocompatibles), encontraron valores de autopolinizaciones que sugieren la existencia de grados de autocompatibilidad. Considerando que las autocompatibilidades tienen valores de 50, 75 y 100 % de prendimientos, sugieren la introducción de dos pares de genes X y Z complementarios, independientes y modificadores del locus S de incompatibilidad. Estos genes serían similares a los propuestos por Cope (A y B); sin embargo, actuando como modificadores y no como productores de un sustrato, para que los alelos S pudieran manifestarse. En el estado recesivo puro los genes modificadores dejarían de actuar, impidiendo el efecto los alelos del locus S.

Sin embargo, Carletto en 1972, señala que no encontró una comprobación genética de la existencia de grados de autocompatibilidad propuesta por Coral. El fenómeno de autoincompatibilidad es mejor explicado por el método de Knight y Rogers. La hipótesis de Cope no se ajusta a los resultados de la prueba realizada, ya

que los clones autocompatibles deberían de dar el 100 % de óvulos fusionados. Sin embargo, los datos encontrados para los clones 'UF-667', 'UF-29' e 'ICS-1' muestran que ninguno tuvo 100 % de óvulos fusionados, ni siquiera el último, que también fue estudiado por el propio Cope, por lo que concluye que la aplicación del criterio del 100 % de fusión para considerar una planta autocompatible no se está cumpliendo.

Implicaciones de la incompatibilidad en cacao

Aún cuando no existe una clara determinación del mecanismo de la reacción imperante en cacao, el conocimiento de la compatibilidad en los cultivares (clones e híbridos) es un requisito indispensable para el establecimiento de plantaciones comerciales o para la ejecución de trabajos de mejoramiento genético en este cultivo.

Al respecto, existen muchos reportes en donde se clasifica a los árboles por su facilidad de autopolinizarse o de su polinización cruzada. La mayoría de estos trabajos han sido hechos sobre la base de la teoría de Knight y Rogers, es decir del prendimiento o caída de una flor polinizada artificialmente. Sin embargo, en algunos casos se usa la teoría de Cope para explicar algunos casos que no pueden ser entendidos en base a la teoría inicialmente descrita. Es evidente que la metodología de realizar polinizaciones artificiales y posteriormente efectuar conteos de flores prendidas, propuesta por Knight y Rogers, desde el punto de vista práctico, es una forma mucho más sencilla que la propuesta por Cope para juzgar si una flor polinizada es fecundada o no y poder determinar si un árbol o un cruce son compatibles. Por otra parte, los análisis comparativos de ambas teorías han demostrado que la metodología de Cope no es muy adecuada para explicar la incompatibilidad de algunos clones de cacao y en autocompatibles ha fallado.

En el plano de la producción comercial de cacao, la incompatibilidad puede llegar a ser una de las mayores barreras para alcanzar el potencial de rendimiento de los cultivares en condiciones de campo. Dado que la polinización en cacao se realiza en su mayoría por agentes polinizadores entomófilos, la escasez de éstos puede hacer indeseable la presencia de árboles autoincompatibles. Estos estarían en desventaja ante la falta de polen compatible, por lo que se hace necesario planificar en forma adecuada el material destinado a establecer plantaciones, así como el uso de técnicas de cultivo que aseguren una población insectil benéfica.

El descubrimiento del vigor híbrido en cacao, en la década de los años 40, dio una nueva perspectiva para el mejoramiento del cultivo, además de la posible sustitución del sistema de propagación vegetativa tan caro y de manejo sofisticado, por las plantaciones de semilla mejorada. Los programas de hibridación han permitido obtener materiales híbridos resistentes a algunas enfermedades y de un buen potencial de rendimiento. La producción de semilla híbrida se realiza a través del cruzamiento artificial entre clones seleccionados, con buena habilidad combinatoria.

Un proceso simple y barato consiste en obtener semilla híbrida de polinización libre de un lote en el cual se usa por lo menos un genitor autoincompatible, en combinación con uno o varios autocompatibles, sembrados en hileras alternadamente y aislado de otras poblaciones de cacao. Sólo se cosechan las mazorcas del árbol autoincompatible que son producto de la polinización cruzada con los otros clones; de esta manera, la incompatibilidad llega a ser un factor aprovechado eficientemente. Por esta razón la mayoría de los programas de mejoramiento incluyen dentro de los materiales probados algunos clones autoincompatibles.

III Ecología



Entre los factores que más importancia tienen, desde el punto de vista del cacao, la temperatura y la lluvia son sin duda los que pueden limitar la zona para el cultivo, puesto que éstos son considerados como los factores climáticos críticos para su desarrollo. Sin embargo, en algunos lugares, el viento puede ser, sin lugar a dudas, el factor limitante de más importancia, sin considerar ninguno de los otros. La luz o radiación solar se considera también como un factor importante. El cacao es una planta que se desarrolla bajo sombra; pero en condiciones especiales de luminosidad y distribución o provisión de agua, puede ser cultivada a plena exposición, aunque en estos casos los requerimientos de otros factores no deben ser olvidados, como veremos más adelante.

La humedad relativa también tiene importancia puesto que de ella puede depender la facilidad de propagación de algunas enfermedades, especialmente de las mazorcas; sin embargo, su importancia no puede ser equiparada a los factores antes mencionados, pero podría ser limitante bajo condiciones especiales.

Estos factores limitantes han concentrado el cultivo del cacao a un área bastante específica. Siempre se ha considerado que los límites para el cultivo del cacao, tanto al norte como al sur del ecuador terrestre, están a 20° aproximadamente. Sin embargo, bajo condiciones excepcionales, como en el Estado de Sao Paulo, el cultivo se encuentra en una latitud que va ligeramente más al sur de lo que tradicionalmente se considera como límite del cultivo. Estos límites se han llamado el "límite frío". Este límite frío en países dentro del área del ecuador terrestre, pueden ser por la altitud, la cual variará al alejarse de la línea equinoccial. En algunos lugares en la República de Ecuador se puede encontrar cacao en condiciones relativamente buenas, a unos 1 300 m.s.n.m., al igual que en Venezuela. En el Valle del Cauca, en Palmira, Colombia, se cultiva a unos 1 000 m.s.n.m., con buenos resultados económicos.

Los otros factores que pueden limitar la producción del cacao son los factores del suelo, a los cuales le dedicamos un capítulo aparte.

LA TEMPERATURA

El cacao no soporta temperaturas bajo cero, aunque éstas sean por poco tiempo. Dependiendo de la localidad, el cacao puede ser rentable si se siembra en lugares donde la temperatura no baja de 15 a 15,5°C. Las temperaturas extremas muy altas

pueden afectar momentáneamente alguna de las funciones de cualquiera de los órganos del árbol; pero en todo caso, nunca hay límite caliente, si se tiene en cuenta que es un cultivo que debe estar a la sombra y que por lo tanto las altas temperaturas provenientes del contacto directo de los rayos solares disminuyen considerablemente.

En muchos de los lugares donde mejor se produce cacao, la temperatura media fluctúa entre 25 y 26°C. Pero se pueden encontrar plantaciones comerciales de buenos rendimientos en lugares cuyo promedio es de 23°C. A los 21°C como media se le llama el *límite medio anual* de temperatura, puesto que sería difícil cultivar cacao por debajo de esta media.

Hardy considera que la temperatura mínima media absoluta es de 10°C, pero en la práctica se puede ver que en Brasil, en el Estado de Sao Paulo, con una latitud de casi 25° sur, hay mínimas absolutas de 4° a 6°C y en los meses más fríos se pueden alcanzar promedios mensuales de 10°C.

La temperatura influye sobre algunos factores pertinentes al árbol de cacao, tales como la formación de flores y madurez del fruto.

La formación de flores depende mucho de la temperatura. Cuando ésta fluctúa alrededor de 21°C ó menos, casi no hay formación de flores, mientras que cuando alcanza 25°C, las flores se forman normalmente. Esto hace que en algunos lugares como en Urusuca, Brasil, la producción de mazorcas sea estacional y que durante algunas semanas no se puedan cosechar mazorcas debido a que en los meses de julio, agosto y setiembre, los promedios mensuales están por debajo de los 22°C. Por el contrario, en Pichilingue, Ecuador, donde las medias mensuales de temperatura nunca bajan de 22,8°C, se pueden tener mazorcas durante todo el año, aunque durante algunos meses las cosechas son bastante bajas, pero eso se debe a otros factores.

El tiempo de maduración de los frutos también se ve afectado por la temperatura, pues durante los meses más calurosos, éstos maduran entre 140 y 175 días, mientras que cuando maduran en los meses más fríos o frescos, tardan entre 167 y 205 días. En Bahía, Brasil, se ha llegado a calcular una fórmula para estimar el número de días necesarios para la maduración del cacao llamado Catongo:

$$N = \frac{2500}{T - 9}$$

donde N es el número de días de maduración e I es la temperatura media diaria, después de la polinización.

La temperatura también afecta la calidad de la manteca de cacao, pues las temperaturas bajas aumentan la proporción de grasas no saturadas en las semillas de cacao, lo que provoca un bajo punto de fusión de la manteca.

La temperatura afecta la apertura de las yemas y las brotaciones foliares. Se estima que una diferencia de 9°C entre la máxima y la mínima, durante las medias mensuales, provoca una brotación. En algunos lugares como Ecuador, estas diferencias se mantienen bastante bajas durante casi todo el año, aunque entre diciembre y abril durante algunos días pueden alcanzar estos niveles, provocando nuevas brotaciones durante esta época en la mayoría de los cacaotales. En La Lola, Costa Rica, estas diferencias se registran durante los meses de febrero y setiembre.

Otra parte del árbol afectado por la temperatura es el tronco, pues con temperaturas inferiores a 25.5°C se detiene su crecimiento. En algunos lugares este efecto puede confundirse con la cantidad de lluvia.

También la materia orgánica se afecta por la temperatura, pues cuando ésta sube de 25°C, aquella se descompone rápidamente, llegándose al caso de que la descomposición es más rápida que la incorporación, pudiendo quedar desnudo el suelo.

Por último, la temperatura puede influir en el desarrollo de algunas enfermedades criptogámicas, como *Phytophthora palmivora* o pudrición negra, cuya diseminación y ataque se hace muy severo cuando la temperatura baja de 15,5°C.

Varios son los factores que afectan la temperatura, tales como latitud, topografía, nubosidad y características de las precipitaciones. Muchos de estos factores se van alterando por el uso de sombra adecuada en cada lugar.

EL AGUA

En la mayoría de las regiones cacaoteras, la cantidad de lluvia excede la evapotranspiración y por lo tanto, el agua debe ser eliminada por otros medios. Si los suelos no son suficientemente drenados, la planta de cacao puede sufrir algunos daños y la producción puede reducirse considerablemente. Por otro lado, la planta de cacao es extremadamente sensible a la falta de agua, pues los estomas de las hojas se cierran aún con pequeños cambios (3.3 %) en el contenido de agua de ellos. El cierre de los estomas induce a una rápida baja del poder fotosintético de las hojas y por consiguiente del poder de producción de la planta. Si la falta de agua es persistente, la muerte de los tejidos o "quemadura" sobreviene rápidamente, con la muerte y caída de las hojas.

En algunos lugares como Quevedo, Ecuador; Golfito, Costa Rica; San Agustín, Trinidad; o el TAFO en Ghana, algunos meses no cubren el déficit de evapotranspiración; sin embargo, los árboles no se ven afectados debido a varios factores: la baja temperatura de la época, la protección de la sombra y la alta humedad ambiental de la zona durante esos meses. En estos lugares los picos de producción están asociados a la cantidad de lluvia.

Si la temperatura se eleva durante los días de sequía, sería desastroso para la planta de cacao.

La cantidad de lluvia que satisface al cultivo oscila entre 1 500 y 2 500 mm. en las zonas bajas más cálidas y en 1 000 y 1 500 mm. en las zonas más frescas o los valles altos, como el del Cauca en Colombia. En aquellas zonas donde la lluvia es mayor a los 4 000 mm. por año, el cacao solamente podría ser económico en un suelo muy bien drenado o en suelos accidentados donde no haya acumulaciones de agua, pues un anegamiento por unos días provoca una asfixia de las raíces y su muerte en muy pocos días, lo que redundaría en algunos casos extremos en la muerte de la planta.

La distribución de la lluvia mensualmente juega un papel muy importante, tanto por su falta como por su exceso. En algunos lugares como Urucuca, Brasil, y La Lola, Costa Rica, no hay ningún déficit mensual, lo que los hace ideales para el cultivo bajo muy poca sombra, con uso intensivo de fertilizantes y prácticas que permiten altos rendimientos (Figura 1).

Si la época seca se prolonga relativamente en una zona, la cosecha se puede concentrar en períodos cortos, mientras que en lugares donde no hay ese período seco muy largo, se puede tener una cosecha permanente durante todo el año, con dos o tres picos no muy pronunciados.

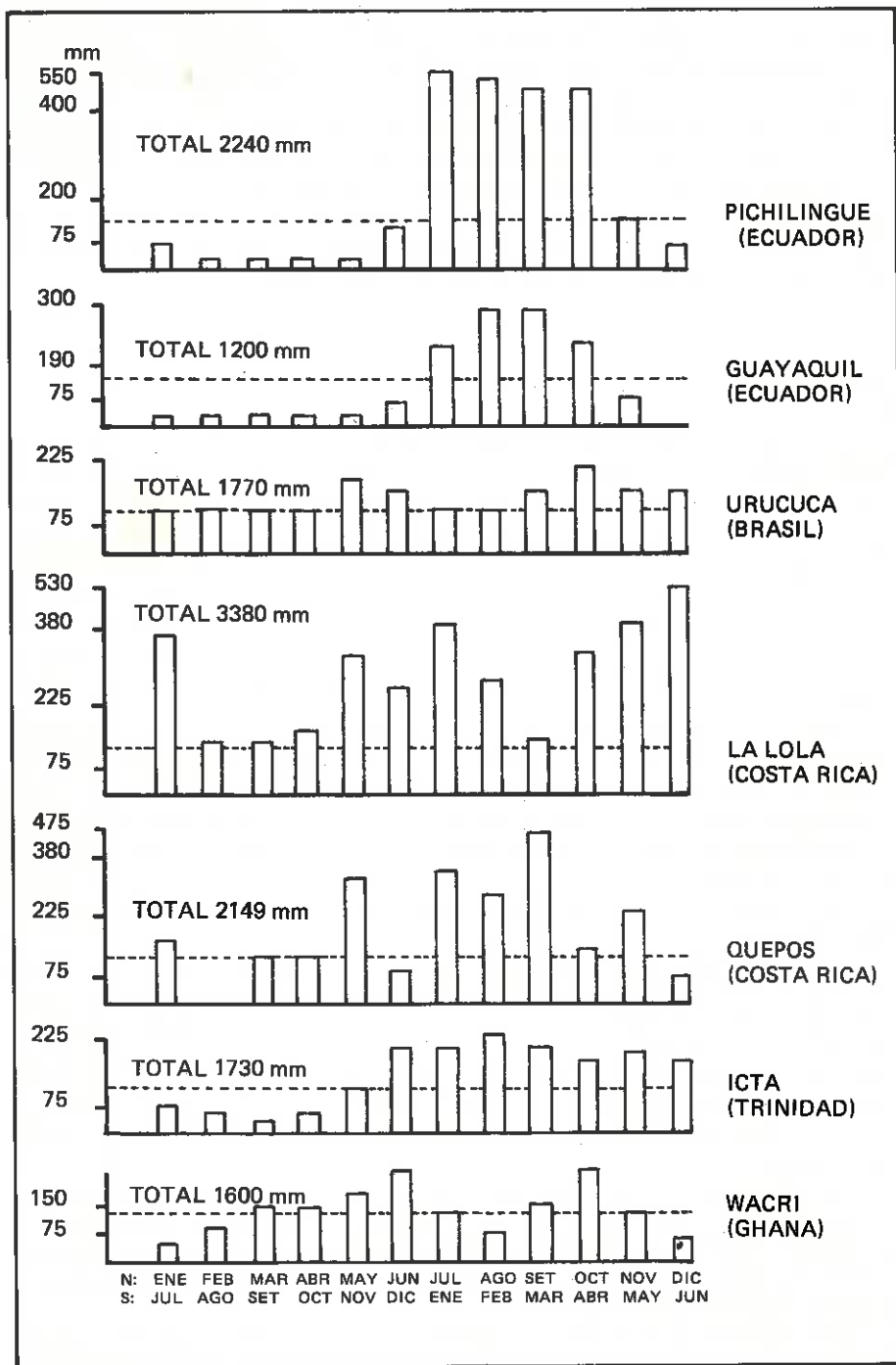


Figura 1. Precipitación pluvial mensual.

EL VIENTO

Hemos citado cómo una hoja que perdía agua en pequeñas cantidades debido a la temperatura del ambiente, cierra sus estomas. De la misma manera se pierde agua debido a la presencia de una brisa permanente, pues las hojas dejan de trabajar, se secan y mueren. Si el viento es más intenso, las hojas se caen prematuramente. Una velocidad de 1 m/seg no es muy dañina para el cacao, pero más de 4 m/seg puede hacer mucho daño.

En las áreas costeras, donde los vientos son muy comunes y pueden alcanzar velocidades considerables, el uso de cortinas rompevientos es lo más común y recomendado. Si la velocidad del viento no es mayor, los árboles de sombra defienden suficientemente el cacao como para que éste no sufra daños.

Hay muchas especies que se pueden usar como cortinas rompevientos, pero siempre se debe tender a usar especies que puedan tener otra utilidad como frutales o madera fina.

El origen del viento también puede ser importante, pues vientos que vienen del mar generalmente son húmedos, pero vientos que vienen de los desiertos son muy desecantes en los cacaotales, como sucede con los vientos originados en el desierto del Sahara, que penetran en Ghana y Nigeria.

LA SOMBRA

El cacao en estado natural vive en asociación biológica con otras especies como palmeras, árboles y arbustos pequeños. Algunas de las más comunes entre esas especies son: *Astrocaryum* sp., *Ravenala guyanensis*, *Euterpe edulis*, *Maximiliana maripa*, *Orbignya speciosa*, *Heliconia humilis* y *Socratea exorrhiza* (Miranda, 1983).

Debido a que al cacao se le ha encontrado creciendo bajo otros árboles más grandes y a que su cultivo ha sido tradicionalmente bajo sombra, se ha dicho que es típicamente humbrófilo o muy amigo de la sombra. La evidencia experimental ha demostrado que se puede tener cacao sin sombra. En Pichilingue, Ecuador, en un experimento con parcelas pequeñas (20 plantas por parcela y cuatro repeticiones), se encontró que las plantitas creciendo a plena exposición fueron sensiblemente más pequeñas, pero comenzaron a florecer y fructificar mucho antes que aquellas que crecieron bajo tres tipos diferentes de sombra.

En la mayoría de las áreas cacaoteras, sin embargo, es muy difícil instalar un cacaotal a plena exposición, debido a los graves problemas con la hierba y el control de insectos; por esta razón es conveniente tener una sombra temporal por lo menos en un período de dos y medio a tres años.

El efecto de la sombra al iniciar la plantación no sólo es de reducir la luz, sino también el de reducir el movimiento de aire que perjudica a la planta, igual o más que el efecto de temperatura y luz unidos. Una vez que el crecimiento de la planta ha permitido un autosombreamiento, la sombra ya no será tan indispensable y puede iniciarse la eliminación de ella hasta llegar a un buen punto de equilibrio.

La experiencia experimental en Brasil indica que removiendo parcialmente la sombra de unas 150 000 hectáreas, reduciendo de 80 o 100 árboles por hectárea a 25 o 30, e incrementando el abonamiento y otros cuidados culturales, se obtuvo un incremento muy grande de la producción entre los años 1968 y 1972.

El efecto de la interacción de luz con la fertilidad se puede observar en la Figura 2, en la cual se nota que bajo una intensa sombra, aún una fertilidad muy

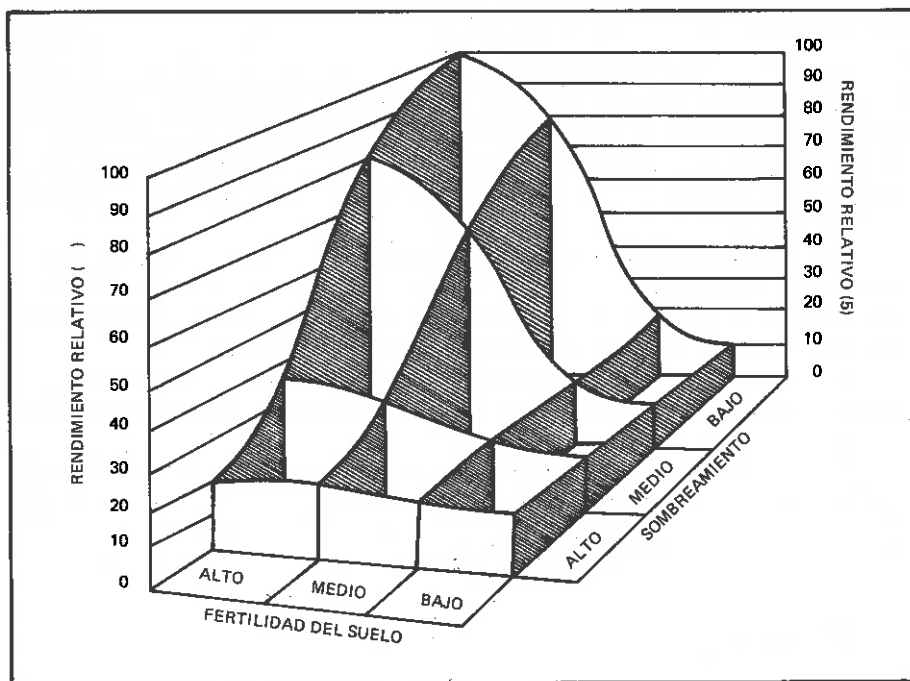


Figura 2. Relaciones de la fertilidad del suelo y el sombreado en cacao (Alvim 1977).

alta no incrementa mucho la producción; en cambio, en un sombreado muy bajo o liviano, el aumento de la fertilidad aumenta considerablemente los rendimientos. Es por lo tanto necesario encontrar, en cada lugar, el punto crítico de estos dos factores.

La evidencia experimental en Ghana demuestra que a plena exposición, los árboles de cacao, luego de algunos años de buena producción, comienzan a declinar. No se conoce mucho sobre su efecto más allá de unos 25 años. Pero a este tiempo aún era más rentable esta forma de cultivo que aquella con poca sombra y fertilización, aunque sus valores se habían aproximado mucho (Ahenkorak *et al*, 1974).

En varios países también se ha podido observar que la eliminación completa de la sombra en cacaotales de alguna edad, lleva consigo un rápido incremento del rendimiento, pero que pronto se deteriora la plantación con la muerte regresiva, las enfermedades, los ataques de insectos y finalmente la muerte del árbol.

Una buena sombra es indispensable; por regla general un 50% de sombra garantiza un óptimo desarrollo de las plantas. Los árboles de *Gliricidia sepium*, *Erythrina poeppigiana* y ciertas especies de *Inga*, son excelentes para este propósito. Se ha insistido en el uso de árboles leguminosos para sombra, pero los árboles no leguminosos también pueden usarse ventajosamente.

Los árboles de sombra deben podarse una o dos veces por año para graduar convenientemente la cantidad de luz y sombra que debe proyectar sobre el cacao.

Debido a la escasez de alimento, a la poca disponibilidad de productos maderables de buena calidad y a la falta de energéticos en el trópico, el sombrero, además de cumplir su misión específica, puede pasar a convertirse en un cultivo tan importante como el propio cacao.

Por esta razón se deben escoger especies que cumplan ciertos requisitos mínimos para ese propósito, como que sean de rápido crecimiento, que no ocasionen interferencias en el normal desarrollo del cacao y que estén adaptadas a las zonas cacaoteras, además de proporcionar subproductos económicos que ayuden a pagar los gastos de instalación y mantenimiento del cultivo.

Acción fisiológica de la luz

Para comprender la acción de la luz sobre la fisiología de la planta, es necesario distinguir entre efectos térmicos y luminosos.

Por su acción térmica, más que luminosa, la luz es el principal factor ambiental que afecta fenómenos fisiológicos de la planta como transpiración o pérdida de agua, crecimiento, actividad metabólica y también las características químicas.

Observaciones realizadas en Costa Rica por Alvim en 1966, muestran que para una temperatura del aire de 28°C, intensidad de luz de 13 500 bujías/pie, y humedad relativa del 68 % , la temperatura de una hoja al sol es de 46 a 48°C, mientras que la de una hoja colocada a la sombra es de 28°C. Se ha demostrado, además, que una hoja al sol alcanza valores de 18 a 20°C, por encima de la temperatura del aire.

Ese pronunciado calentamiento de las hojas por efecto del sol trae como consecuencia un considerable aumento en la presión del vapor de agua dentro de los espacios intercelulares, forzando su escape a través de los estomas. Por esta razón la transpiración de una hoja al sol es considerablemente más acelerada, pudiendo ser dos o tres veces mayor a la de una hoja a la sombra.

El crecimiento del árbol del cacao es mayor durante los meses más calientes del año, que también traen una mayor luminosidad. En Costa Rica se ha determinado que el crecimiento del tronco es mucho mayor durante los meses de junio, julio y agosto, que son los más calientes, reduciéndose a valores mínimos durante los meses de noviembre, diciembre y enero, que son los más fríos.

Entre los fenómenos afectados por la acción directa de la luz propiamente dicha, se pueden citar la fotosíntesis, la apertura de los estomas, el crecimiento o alargamiento de las células, la composición química y las características físicas de la grasa del cacao, la época de maduración de los frutos y la intensidad de la floración.

Ventajas de los árboles de sombra

Hardy, citado por Aguilera en 1978, señala que el cacao bajo la protección de la sombra demanda menos cantidad de nutrimentos debido a las cantidades bajas de los productos de fotosíntesis, ya que no requieren de tanto nitrógeno y fósforo para formar proteínas, ni tanto potasio para estimular el crecimiento y acelerar la traslocación de carbohidratos hacia el sistema radical. Por esta razón, bajo sombra intensa, el cacao tiene menores rendimientos y la adición de fertilizantes no da una respuesta positiva.

Los árboles de sombra proporcionan condiciones ambientales más estables. Donald, en Trinidad, citado por Alvim (1958), llegó a la conclusión de que las abundantes floraciones acompañadas de grandes fructificaciones sólo tienen lugar durante los períodos uniformes de humedad.

En Bahía, Brasil, se determinó que la humedad anual promedio del aire en cacaotales colocados a plena exposición era del 85 % , mientras la de los colocados a la sombra era del 90,4 % .

Los árboles de sombra permiten un mejor uso de los fertilizantes aplicados al cacao, pues el fertilizante que se perdería por lixiviación es aprovechado por los árboles de sombrero.

Los árboles aportan materia orgánica al suelo mejorando sus propiedades físicas y las hojas que se caen al suelo liberan nutrientes (Aguilera, 1978).

Adams y McKelvie, citados por Urquhart en 1963, estimaron que en Ghana los árboles de sombra dieron 2 000 kg de hojarasca por año, conteniendo 18.4 kg de nitrógeno y 1.8 kg de fósforo.

Según Hardy, la *Erythrina* en Trinidad contiene en los nódulos de las raíces 4 % de nitrógeno, las hojas de 2 a 3 % y las flores de 3 a 6 %. La cantidad de nitrógeno agregado por la caída de las flores es solamente de 22.5 kg/ha.

Una cosecha de 226.75 kg de cacao extrae 13.44 kg de nitrógeno por hectárea, aproximadamente. En consecuencia, hay una ganancia neta de 3.4 kg equivalente a casi 44.82 kg de sulfato de amonio por hectárea.

La sombra protege a las hojas del cacao contra el efecto directo del sol, el cual ejerce una acción restrictiva sobre el crecimiento de las mismas. Además el sol produce quemaduras, lo que facilita que los vientos rompan, "quemem" y arranquen fácilmente las hojas.

La sombra adecuada disminuye la incidencia de ciertas plagas y enfermedades, tales como *Phytophthora palmivora*, *Monilia roleri* y *Trips*.

Los árboles de sombra proporcionan varios subproductos como leña, frutas, aceites, madera, fibras, etc.

Extraen nutrientes de las partes más profundas y luego los depositan sobre la superficie en forma de hojas y ramas.

Ayudan a mantener buen ambiente para la permeabilidad y la aireación del suelo, lo que tiene especial valor para aquellos suelos propensos a la inundación. Además protegen los suelos aumentando la infiltración y disminuyendo la escorrentía, evitando así la erosión.

Disminuyen los costos de producción, al rendir ingresos adicionales.

Disminuyen y reducen el crecimiento de malas hierbas.

Reducen la temperatura del suelo, evitando la pérdida del manto o cobertura muerta, como consecuencia de la quema o combustión más intensa y acelerada de la materia orgánica que lo compone.

Dan mayor longevidad a la plantación.

Otro de los efectos benéficos de la sombra es la intercepción de lluvias.

Los árboles de sombra protegen al cacao del efecto negativo de los vientos.

Desventajas de los árboles de sombra

La mayor desventaja del sombrero es sin duda la disminución de la producción. La planta libre de enfermedades y plagas, en suelo fértil y sin malezas, produce más al sol que a la sombra. Por efecto del proceso de fotosíntesis, cuando hay más luz, hay una mayor producción.

Los árboles de sombra compiten por suelo, agua y nutrientes con el cultivo de cacao, especialmente cuando tienen raíces muy superficiales.

Los riesgos de daños en el cultivo se aumentan al hacer la cosecha, talas o podas de los árboles de sombra.

Pueden transmitir algunas plagas o enfermedades al cultivo de cacao.

Contribuyen a la pérdida de agua del suelo por transpiración.

Características que deben reunir los árboles de sombra

Rara vez se encontrará un árbol que reúna todas las características deseables para servir como sombra del cacao. Sin embargo, se debe tratar de seleccionar aquella o aquellas especies con mejores cualidades. En general, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La copa de los árboles para sombra debe ser extendida de tal manera que intercepte los rayos solares pero permita que la luz se filtre a través del follaje.
- El sistema radical debe ser profundo para que no se desarrolle en la misma área del cultivo. De esta forma, no compiten por nutrimentos con el árbol de cacao, ni transpiran la humedad superficial. Además, el sistema radical debe evitar que los árboles de sombra se caigan con los vientos.
- Se deben preferir árboles con hojas compuestas y de porte pequeño para que permitan el paso de la luz. Además, deben retener el follaje durante la estación seca.
- Se prefieren los árboles sin espinas, lo que permite regular fácilmente el sombrío por medio de la poda.
- Se prefieren las leguminosas porque éstas incorporan nitrógeno del aire al suelo. Sin embargo, no es necesario circunscribir la selección de árboles para sombra alta a las leguminosas, si dentro de ellas no se dispone de un tipo adecuado.
- Los árboles para sombra deben ser especies de rápido crecimiento y vida larga, comparativamente con la del cacao.
- Deben ser de rápida y fácil regeneración.
- No deben ser atacados por plagas ni enfermedades de importancia, ni transmisores de las mismas al cacao.
- Algunos árboles que son ideales para una zona, no lo son para otras. Así tenemos que *Leucaena leucocephala* se usa mucho en Indonesia, Nueva Guinea y algunos otros países con estación seca corta, pero no es apropiado para aquellas zonas que tienen estación seca larga, ya que bajo estas condiciones esta especie produce gran cantidad de semillas, llegando a constituirse en maleza.
- No deben requerir muchos cuidados, deben ser fáciles de manipular y adaptables a las condiciones ecológicas del cultivo.

Métodos de establecimiento del sombrío

En caso de que existan bosques naturales se puede hacer una entresaca selectiva, tal como se hace en Africa Occidental, Malaya, México y Brasil. Cuando no existen árboles con buenas cualidades, es necesario sembrar algunos de rápido crecimiento como *Musanga snithii*, para llenar áreas insuficientemente sombreadas. La entresaca se debe hacer entre los 9 y los 12 meses antes de sembrar el cacao.

Se puede establecer el cultivo de cacao entre plantaciones de plantas perennes ya establecidas, tal como se hace en India, Malasia, Nueva Guinea y en otros países. O como en Ceylán, Brasil y Malasia, en donde se hacen las plantaciones de cacao entre árboles de caucho ya establecidos. El cacao se siembra entre cocoteros o

pejibaye cuando éstos tienen ocho o seis años de edad. Cuando la sombra es insuficiente en estos casos, se pueden intercalar especies de rápido desarrollo.

Otra forma es la de sembrar primero los árboles de sombra y posteriormente establecer la plantación de cacao.

Sombrío transitorio

Los árboles para sombrío transitorio deben tener las siguientes características:

- De crecimiento rápido.
- Que den sombra y abrigo suficiente.
- Con aptitud para conservar y aún mejorar el suelo.
- Su distribución no debe alterar el trazado de la plantación, para que esta quede perfecta al quitar el sombrío provisional.
- Deben ser fácilmente eliminables al crecer el sombrío permanente.
- Deben dar algún producto útil al agricultor. Generalmente, de estas especies dependerá la viabilidad de cultivar satisfactoriamente el cacao.
- No deben ser portadores de plagas o enfermedades del cacao.
- Deben ser resistentes a plagas y enfermedades, lo mismo que a los embates de vientos fuertes.

A continuación se detallan las especies más usadas como sombrío transitorio del cacao:

Cajanus indicus. Nombre común: Guandul, frijol de palo, gandul, gandur. Arbusto con ramificación de muy abierta a escasa, de hasta tres metros de altura, follaje poco denso y hojas trifoliadas. Es de rápido crecimiento, vive hasta siete años, y su multiplicación se hace por semillas, sembrando tres o cuatro semillas por sitio a 50 cm entre las plantas jóvenes de cacao.

Produce semillas de alta calidad culinaria, además de cinco a seis kg de leña/planta/año y hojas y residuos enriquecedores del suelo.

Colocasia esculenta. Nombre común: Malanga, coyoman y otros. Su uso como sombrío transitorio se restringe a los países del Pacífico Sur (Malasia, Borneo, etc.), donde tiene abundante uso y es de fácil comercialización. Produce tubérculos comestibles.

Carica papaya. Nombre común: Papaya, lechosa. Se utiliza con regularidad en América del Sur, aunque no en forma ordenada. Se siembra entre las calles del cacao a tres metros de distancia. Produce frutos de buen tamaño, para consumo en fresco o enlatados. Es una planta atacada por insectos y el fruto es muy perecible.

Canavalia spp. Nombre común: Canavalia, haba de caballo, feijao-espada (Brasil). Apropriada para zonas hasta de 4 200mm de precipitación, suelos ácidos con pH de 4.3 a 6.8 y temperaturas entre 14 y 27°C. Se puede sembrar en alturas hasta de 1 800 m.s.n.m.

Flemigia vestita. Contiene 9.3 % de proteína y se usa como sombrío transitorio en Colombia y Papúa. Produce tubérculos comestibles.

Leucaena leucocephala (*l. glauca*). Leguminosa que puede ser utilizada como sombrío transitorio o permanente. Su multiplicación es por semilla y por estacas. Su sistema radical profundo la hace, en este aspecto, el mejor de los árboles conocidos para sombrío. Fuera de ser una planta altamente nitrificante del suelo, produce forraje palatable al ganado, digestible y nutritivo.

Por ser de rápido crecimiento, se aprecia como productora de leña, además de ser buena fuente de madera para papel, pulpa, postes y material de construcción. En Indonesia y Centroamérica tiene usos medicinales.

Sus limitaciones son: en elevaciones de 50 m.s.n.m. su crecimiento se retarda; necesita suelos bien drenados y con abundantes nutrimentos y es difícil que sobreviva en suelos ácidos. Si no se le poda continuamente, puede producir mareas densas, como si se tratara de una maleza.

Manihot esculenta (*M. utilissima*, *M. edulis*, *M. utilis*, *M. ahipi*). Nombre común: yuca. Se utiliza en algunas zonas como sombrío "transitorio de urgencia" en caso de que por alguna razón falle el sombrío transitorio regular. Es una planta que requiere de muchos nutrimentos para su desarrollo, por lo que no se debe abusar de su uso. No se debe sembrar cerca de las plantas de cacao, pues al cosechar la yuca se puede perjudicar el cacao.

Musa spp. Nombre común: Plátano, banano. Son las plantas más utilizadas como sombrío transitorio en todo el mundo, por su alta producción, continuidad de la misma y fácil mercadeo por su alto consumo. La forma de siembra varía en las diferentes zonas. Generalmente se siembra un año antes de sembrar el cacao, con el fin de que la primera cosecha produzca los recursos necesarios para la siembra del cacao.

Las distancias de siembra más utilizadas varían de 4x4 a 3x3 m en cuadrado o triángulo, pero también se siembra en forma de barreras, colocando estas en el sentido contrario a la pendiente a una distancia de dos metros entre la barrera y colocando éstas de tal manera que entre ellas queden tres o cuatro líneas de cacao.

El sistema radical del plátano y del banano es muy superficial y una vez sembrado el cacao, aprovechan en parte el fertilizante aplicado a éste. La sombra que produce es apropiada para los arbolitos de cacao. También en algunos casos proporciona excelente sombrío a partir de los seis meses después de sembrado el cacao. Producen su primer racimo a los 12 meses aproximadamente. Una vez ha crecido el sombrío permanente, son fáciles de eliminar.

Ricinus communis. Nombre común: Higuera, castor. Planta que produce semillas con contenido de aceite fino. Su uso se ha restringido por ser una planta "agotadora" del suelo.

Tephrosia vogelii. Nombre común: Barbaco africano. Leguminosa de bajo porte y escaso follaje. Crece hasta 2.5 m de altura y se siembra en forma de chorrillo a 10-15 cm entre las calles del cacao. Fructifica a los diez meses y dura dos años. Se usa como veneno para peces e insecticida contra áfidos.

Zea mays. Nombre común: Maíz. Se siembra dos o tres meses antes de sembrar el cacao, de modo que al abrir el hueco para el mismo, este quede en el centro de un triángulo, cuyos lados tienen aproximadamente un metro y en cuyos vértices van las plantas de maíz. No es muy usado en nuestro medio.

Sombrío permanente

Se describen brevemente las especies más apropiadas para el sombrío permanente del cacao, con las ventajas y limitaciones de cada una.

Albizia moluccana. El nombre común en Costa Rica es Albicia; alcanza de 25 a 30 m de altura, se adapta muy bien como sombrío. Con hojas nictinásticas, de crecimiento rápido, se adapta a elevaciones bajas o medianas con climas de muy húmedos a húmedos. Puede alcanzar en su sombreado hasta 20 m de diámetro. Vive entre 25 y 40 años.

Otras Albicias pueden ser usadas, como *A. lebbek*, *A. stipulata*, *A. odoratissima*, *A. procera*, cuyos troncos pueden variar de 12 a 30 m de altura.

Aleurites triloba. Euphorbiacea de porte alto, de rápido desarrollo, hojas grandes y persistentes, de sistema radical profundo. No se han reportado problemas serios de plagas o enfermedades.

Algunas otras especies que se pueden usar de este género son: *A. montana*, *A. fordii*, *A. trisperma* y *A. cordata*.

Anacardium excelsum. Comúnmente llamado mijao, puede alcanzar enormes dimensiones; de copa alta y frondosa, da una sombra tenue o liviana. Muy popular en Venezuela. Sistema radical profundo y fuerte, resiste vientos rápidos. Sus frutos pueden ser utilizados en la alimentación animal, pues son muy grasosos.

Cedrella odorata (*C. mexicana*). Se conoce como cedro amargo. Crece bien en zonas bajas con climas secos o húmedos, de suelos bien drenados. Buena madera, para muchos usos. Se puede usar también la especie *C. toona*, de origen asiático.

Cocos nucifera. El coco es una palma muy usada como sombra de cacao en la India, Malasia, Filipinas y Papúa-Nueva Guinea, especialmente cuando tiene más de 10 años de edad, época en que el cacao se siembra cómodamente.

En algunos lugares la asociación con el cacao ha resultado en un incremento de la producción de coco. También, junto a ambos cultivos, por algún tiempo se ha cultivado maíz, chile (ají), coliflor, tomate, lechuga y algunas otras especies de ciclo corto. El coco se adapta muy bien en lugares bajos (hasta 600 m) y los requerimientos de suelos son muy similares a los del cacao.

Cordia alliodora. El laurel es una especie de madera fina que crece muy bien hasta los 90 m de altitud, muy difundida en los trópicos. Es muy común encontrarlo mezclado en cacaotales y cafetales de los países centroamericanos. Es de rápido crecimiento, sistema radical profundo, se autopoda, sombra tenue. Se presta para hacer siembras estrechas y entresacas regulares.

Dalbergia tucurensis. El granadillo es una leguminosa de rápido crecimiento, copa no muy densa y madera fina que crece en climas húmedos a muy húmedos y que junto con *D. sissoo*, son muy usadas para sombra de cacao.

Género *Erythrina*. En este grupo se consideran varias especies con nombres comunes similares o que se confunden en Centro América. *E. cusca* (*E. glauca*), llamado también poró blanco, bucará inmortal, bucaré pionión, cambulo, es una especie popular usada por debajo de los 600 m de altitud. *E. velutina* llamado bucaré mortal o inmortal, es muy común en Trinidad, Venezuela, Ecuador. Tiene el tronco espinoso, cuyas espinas van desapareciendo con el tiempo. *E. poeppigiana*, llamado poró gigante, madre del cacao, bucaré anauco y cachimbo, es quizá la especie más usada para sombra de cacao en todos los lugares.

Estas son especies de rápido crecimiento, fáciles de podar, por lo que la distancia de siembra puede variar mucho. Tienen hojas caducas, que pueden ser modificadas por el sistema de poda; son de fácil multiplicación tanto sexual como asexualmente. No resisten vientos fuertes. Al ser podado el sistema radical contribuye a mejorar mucho el suelo, junto con las hojas y ramas del árbol, que promueven un recirculamiento abundante de nutrimentos del suelo.

Como sombrío permanente se pueden usar también algunas otras Erithrinas como *E. indica*, *E. lithosperma*, *E. edulis*.

Género *Inga*. Se pueden usar unas 10 especies de *Ingas*, como sombra para el cacao. Las más comúnmente usadas son *I. edulis*, *I. laurina* e *I. oerstediana*. Se les llama comúnmente Guabas. Especies de rápido crecimiento, de fácil manejo. Sus hojas caen durante todo el año, aportando importantes cantidades de elementos nutritivos al suelo. Fáciles de reproducir por semilla. Da frutos comestibles, muy delicados, de buen comercio local en las zonas donde crece.

Otras especies comúnmente usadas para sombra son: *Inga vera*, *I. fagifolia*, *I. punctata*, *I. marginata*, *I. mollifolia*.

Género *Terminalia*. Algunas especies de este género se pueden usar como sombra del cacao. Como es un árbol de porte elevado, de fuste recto, casi cilíndrico, es necesario hacer podas de los pisos bajos a fin de darle una mejor forma para el desarrollo del cacao. Las ramas son perpendiculares al tronco y en pisos. Se deben dejar sólo los pisos más altos. Sistema radical bastante profundo y bien desarrollado. Se debe usar de 80 a 100 árboles por hectárea. Entre las líneas se pueden usar otras especies como *T. amazónica*, *T. brassii*, *T. myricocarpa*, *T. superba*.

FRUTALES

A continuación se detallan los frutales que con más frecuencia se encuentran asociados con el cacao, y se dan sus principales ventajas y desventajas.

Anacardium occidentale (marañón, cajú). Se asocia con el cacao, con aparentes buenos resultados. Produce frutos aceitosos de diferentes usos.

Anonáceas (guanábana, chirimoya, anona). Produce frutos suculentos pero su porte es muy escaso, lo mismo que la sombra que proporciona.

Artocarpus communis (árbol del pan). Se utiliza en Asia como parte de la alimentación, sus hojas y frutos son muy pesados, de difícil descomposición y es hospedero de insectos.

Bertholletia sp. (castaña de Pará). Su sombra es muy densa por lo que debe ser continuamente podado. Produce semillas de fácil comercialización.

Carica papaya (papaya). Se usa como fruta fresca, para enlatados y para la extracción de papaína. Se le debe usar más como sombrío transitorio que como sombrío permanente.

Cítricos (naranjas, limones, etc.). Asociación muy común en el Sur de Costa Rica. Se les usa más como sombrío de café. Son portadores de insectos.

Eugenia jambos ("pomarroza", manzana rosa). Tiene limitaciones por ser su copa muy baja y densa.

Jatropha curcas (piñón de Indias). Reducido tamaño y desprovisto de hojas por largos períodos. Savia venenosa.

Lucuma mamosa (zapote mamey). Aparentemente bueno como sombra.

Mangifera indica (mango). Su sombra es muy densa, aunque existen variedades con la copa más raleada. Su asociación con cacao es común en Asia.

Mammosum alocarpum (zapote). Asociación muy común en México, con aparentes buenos resultados.

Melia azederach ("paraíso"). Se asocia mejor con café.

Musa sp. (plátano, banano, etc.). Excelente como sombrío temporal. En zonas bien húmedas donde su crecimiento es alto, se usa como sombrío permanente.

Myristica fragrans (nuez moscada). Lento crecimiento y sombra densa, de zonas muy húmedas y tierras bajas.

Persea americana (aguacate, palta). Asociación común. Su sombra es densa y es portadora de insectos.

Pouteria zapota (zapote). Asociación común en Costa Rica.

Pourouma cecrepaefolia (uvilla). Arbol amazónico de uso potencial como sombrío, produce frutas de buen sabor comúnmente usadas por los nativos de la zona. Son árboles típicos de zonas húmedas bajas.

Spondias dulcis (*citherea*) (yuplón, ambarella, jocote, judío). Asociación común en Centroamérica.

Terminalia catappa (almendrón). Mantiene cierta desnudez por largos períodos, aunque origina buen mulch.

OTRAS ESPECIES

Hevea brasiliensis. Comúnmente llamado caucho, hule, gebe o siringeira en Brasil, es una especie que se está usando mucho con buen éxito; generalmente se siembra en hileras pareadas, permitiendo al cacao un buen desarrollo y producción. Hay que

tener mucho cuidado en el aspecto fitosanitario de ambas especies. Se acostumbra sembrar el cacao cuando el caucho está establecido.

Pithecolobium saman (*Samanea saman*). El Samán, algarrobo o cenízaro, es un árbol de rápido crecimiento que puede alcanzar de 20 a 30 metros de altura. Es caducifolio y muy adaptable a zonas secas y áridas. Árbol muy grande, difícil de podar, de ramas quebradizas, con raíces superficiales y de madera fina.

Las palmáceas, con su uso actual o posible como sombra para el cacao se presentan a continuación. Se excluye el coco, que se explicó anteriormente.

Especie	Nombre común	Comienzo de producción	Altura	Usos
<i>Guilielma gasipaes</i>	Chontaduro Pejibaye Popunha	6-8 años	10-20	Alimentación (industrial)
<i>Euterpe oleracea</i>	aai	3-4 años	10-15	Alimentación (industrial)
<i>Orbignya martiana</i>	Táparos Babasú	10 años	20-25	Alimentación (industrial)
<i>Mauritia flexuosa</i>	Burití Moriche	?	20-25	Alimentación
<i>Astrocaryum</i> spp.	Tucúm Chambira	?	10	Alimentación (industrial)
<i>Jessenia</i> spp.	Seje	?	10-15	Industria (alimentación)
<i>Elaeis guineensis</i>	Palma africana Palma aceitera	3-5 años	8-20	Industria (alimentación)

Especies Perennes Incompatibles

Las especies que se nombran a continuación no se recomiendan como sombra para el cacao por no resistir la sequía:

Caltis mildbraedii
Drypets gossweileri
Lanea welwitchii
Macrodesmis sp
Macrolobium caeruleum

Pentacethra macrophylla
Piptadenia africana
Plagiostyles africana
Stombosia grandiflora

De igual forma, no se recomiendan las siguientes especies por ser hospederas de plagas y enfermedades:

Cola acuminata
Cola brunelii

Cola petandra
Annonidium manni

Bosqueai angolensis
Salhbergella
Salhbergella

Salhbergella
Salhbergella
Corticium

Tampoco se recomiendan las Familias Sterculiáceas y Bombacáceas por ser portadoras del virus causante de la hinchazón de los retoños.

Finalmente, las siguientes especies perennes requieren grandes cantidades de nutrimentos del suelo, por lo que no se recomiendan como sombrío:

Albizia calaensis
Milletina versicolor

Myrianthus arboreus
Pseudospondias microcarpa

IV

Suelos



El suelo es el resultado de la interacción de cinco factores principales: Roca madre; Clima (temperatura y precipitación); Organismos (Vegetación, microorganismos, animales, el hombre); Relieve y Tiempo. El suelo es un material tridimensional que cuando está maduro, muestra una estratificación precisa en horizontes, según revela el perfil.

Por perfil de suelo se entiende la sección de suelo expuesta al cavar un foso o al limpiar la orilla de un camino o de un río. Los rasgos principales del perfil de un suelo de bosque tropical húmedo, antes de su conversión a suelo de cacao, se presenta en el diagrama adjunto (Figura 3).

Horizontes de un perfil de suelo

I. Suelo vivo

1. **A₀₀** Hojarasca recién caída.
2. **A₀** Hojarasca en descomposición + capa de raíces superficiales + organismos.
3. **A_{1(a)}** Capa de grumos + raíces + organismos + materia mineral.
4. **A_{1(b)}** Suelo húmico + raíces + materia mineral.
5. **A₂** Suelo ligeramente húmico + algunas raíces + algunos organismos materia mineral descolorida.

II. Suelo muerto

6. **B** Suelo no húmico con pocas raíces. Materia mineral en acumulaciones que imparten ciertas coloraciones.

III. Suelo del material primario (proveniente de la roca madre)

7. **C** Roca madre meteorizada (puede tener fragmentos sin meteorizar).
8. **D** Minerales inalterados; rocas de diferentes estructuras.

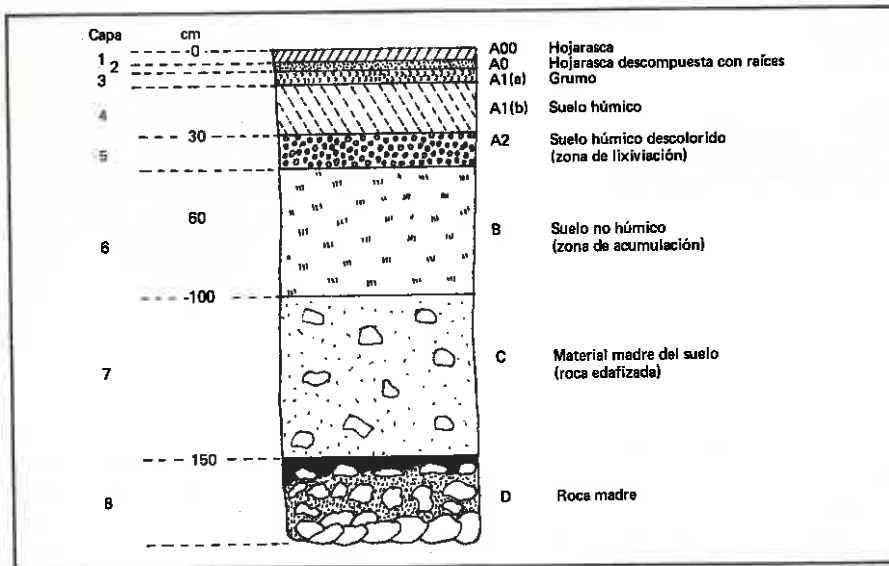


Figura 3. Perfil del suelo.

Algunos perfiles presentan todos los rasgos descritos, pero otros sólo presentan algunos de ellos. También varía mucho el espesor de los diferentes horizontes. En el caso de los suelos que se han desarrollado en un clima tropical muy húmedo, el espesor total de los horizontes que se encuentran hasta llegar a la roca madre no meteorizada, llega algunas veces hasta los 60 m.

La capa u horizonte más bajo (D) es la parte superior de la roca madre inalterada, de la cual se originó el suelo. El horizonte que sigue (C) es el material primario del suelo. Consiste de pedazos de roca junto con los productos de la roca en descomposición o meteorización, de los cuales la totalidad o la mayoría de las sustancias solubles se han disuelto y lixiviado con el agua de lluvia que se percola. Puede también contener nuevos minerales arcillosos secundarios. La naturaleza del material primario del suelo depende de la clase de roca madre y del grado de descomposición y de lixiviación que en gran parte decide la fertilidad del suelo.

La formación de suelo del material primario consiste en la incorporación de los productos de la descomposición de los residuos vegetales incluyendo hojas, flores, ramillas, ramas y raíces, mediante la acción de los animales del suelo, especialmente gusanos, termitas, hormigas y larvas de insectos, los materiales orgánicos incorporados son desintegrados aún más por los microorganismos del suelo y convertidos en *humus*. La capa húmica que queda inmediatamente debajo de la capa de hojarasca contiene una mínima cantidad de materia mineral. Tiene una estructura grumosa (agregada) porosa y es sumamente rica en nutrimentos. Está bien aireada y siempre que se mantenga constantemente húmeda, ofrece las mejores condiciones posibles para el desarrollo de raíces alimenticias, las que a menudo forman una especie de estera o felpudo en la parte superior de dicha capa. Bajo la capa de grumos el contenido de humus, microorganismos y raíces finas disminuyen, aumentando el contenido de materia mineral. La estructura del suelo es todavía porosa, pero las unidades estructurales son más compactas y de forma angular. Estas unidades se describen como "nuez" o "terrón pequeño". En la base de la capa húmica el suelo

puede ser gris o descolorido, debido a la pérdida del óxido de hierro al formar soluciones con los ácidos orgánicos liberados en la capa húmica.

El suelo "vivo" altamente orgánico, horizonte A, se fusiona en la parte baja con el suelo "muerto" no orgánico, horizonte B, el cual se enriquece con la acumulación de materiales tales como el óxido ferroso, óxido de manganeso y carbonato de calcio, que han sido lixiviados del horizonte A. Estos depósitos imparten coloraciones características al perfil, las cuales son uniformes o moteadas y manchadas en un suelo gris, ya sea el suelo esté bien drenado y aireado, o que esté anegado y tenga aireación deficiente.

Las relaciones que guardan los factores del suelo con la potencialidad fotosintética de la planta son casi inseparables, razón por la cual la baja fertilidad de los suelos limita los altos rendimientos de algunos suelos tropicales. Sin embargo, algunas deficiencias de nutrimentos en el suelo se pueden suplir con el uso racional de varios elementos como abonamiento, encaladuras, materia orgánica, sombra, etc. Casi cualquier deficiencia química del suelo se puede remediar, la cual lógicamente será práctica si es económica.

La parte física del suelo, en cambio, es función intrínseca de varios factores de formación que están sujetos a menos cambios artificiales o dirigidos; por esta razón se debe poner mucha atención a esta parte del suelo, que en general debe ser: bien drenada, tener una buena estructura que permita una buena retención de agua y al mismo tiempo ser bien aireada.

La capacidad del área radical puede diferenciar un suelo bueno de uno malo. El cacao necesita suelos por lo menos con 1.5 m de profundidad. Sin embargo, puede haber excepciones como en algunos suelos de Bahía, Brasil, en donde la profundidad del área radical es de sólo 1.2 m o menos, pero las condiciones nutritivas del suelo y de la pluviometría son excelentes y la humedad está muy bien distribuida durante todo el año.

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS PARA CACAO

El proceso de formación del suelo es un factor importante que se debería tomar en cuenta si se tiene la información adecuada a mano; en este proceso, el clima y algunos otros factores juegan un papel sobresaliente.

Entre ellos, la temperatura y las lluvias tienen la mayor importancia quizá en el futuro resultante del suelo. Con altas temperaturas y una humedad permanente, las transformaciones se suceden muy rápidamente. Es típico que en las regiones húmedas ecuatoriales, los suelos, aunque carecen casi de estructura en la masa son de consistencia friable y están rellenos con minúsculos espacios porosos interconectados, que permiten el movimiento libre del agua y del aire. En general, el complejo arcilloso llega a tener una baja capacidad de retención. Estas características del origen de los suelos hacen que exista en éstos una rápida pérdida de elementos nutritivos por lixiviación, que puede estar determinada por el total de lluvia del lugar.

La vegetación con rápido crecimiento también influye mucho sobre la formación de los suelos de las zonas tropicales. Las plantas que crecen rápido son elementos fundamentales para un ligero y permanente recirculamiento de nutrimentos del suelo, que no escapan por lixiviación y permanecen en una capa muy superficial todo el tiempo. La materia orgánica en estas condiciones y la vegetación, ayudan eficazmente a un completo control de la erosión. La destrucción del sistema para

aclarar el suelo y su limpieza por un tiempo más o menos largo, puede perjudicar drásticamente las características del suelo, a menos que en un tiempo más o menos corto se restablezca el sistema.

La microflora y fauna del suelo contribuyen eficazmente a la evolución del mismo, pues tienen una gran capacidad para transformar la materia orgánica, especialmente a altas temperaturas; si esta temperatura está por encima de los 25°C, el equilibrio de la descomposición y acumulación se altera y el suelo rápidamente puede quedarse sin materia orgánica.

La fauna mayor del suelo también juega papel importante en los procesos de formación y caracterización de los suelos.

La roca madre influye en la composición del suelo y de muchas de las características que éste desarrolle. Los materiales arrastrados de otros lugares pueden también influir. En general, la faja cacaotera o ecuatorial está en su mayor parte formada sobre base geológica estable, compuesta principalmente de rocas metamórficas e ígneas ácidas muy antiguas. En las orillas de los ríos y cerca de las costas, algunos suelos son aluviales, coluviales y sedimentarios y bajo condiciones generales, son los mejores suelos para cacao.

Area de enraizamientos

Esta zona depende de la profundidad del suelo. En su parte aprovechable puede estar modificada por tres factores: una capa dura, que puede estar determinada por una capa de arcilla, una capa ferruginosa o bien por una capa primaria de material impermeable; un perfil de suelo útil demasiado superficial; y por último, una capa freática bastante alta.

La piedra de varios orígenes no es problema para el crecimiento de la raíz del cacao, mientras no exista un exceso, pues la raíz crece libremente hasta adquirir profundidad, o penetra profundamente en el suelo por medio del crecimiento de raíces secundarias, como se ve en la Figura 4.

Una capa permanentemente dura, como se puede ver en el perfil e de la Figura 4, que puede tener varios orígenes, a cierta profundidad impide el crecimiento de las raíces. Si el suelo superficial es muy rico, el cacao puede sobrevivir por algún tiempo con una capacidad productiva muy baja, como el caso de los perfiles f y g de la misma Figura. Si la parte superior del suelo es pobre, entonces el cacao no puede sobrevivir. Los perfiles a, b, c y d parecen ser los más apropiados para el cultivo del cacao.

Drenaje y aireación

Unos de los factores esenciales para el crecimiento de las raíces del cacao es una buena aireación, es decir, una renovación permanente del oxígeno del suelo. La mayor parte del oxígeno es consumido por los organismos que viven en el suelo; por esto, una buena aireación facilitará las acciones de estos organismos también.

El intercambio gaseoso se efectúa por medio de poros intercomunicados del suelo. Si estos poros están llenos o parcialmente llenos de agua, el intercambio gaseoso es nulo. En un suelo donde el agua no puede evacuar rápidamente y dejar libres los poros, el cacao se ahoga y las plantas mueren. La Figura 5 representa dos tipos de suelo para cacao, uno bueno y otro malo. En el segundo, las raíces no pueden pasar de los 30 cm y son suelos fácilmente anegables. Los suelos "buenos" tienen suficiente aireamiento para que las raíces se profundicen más de un metro.

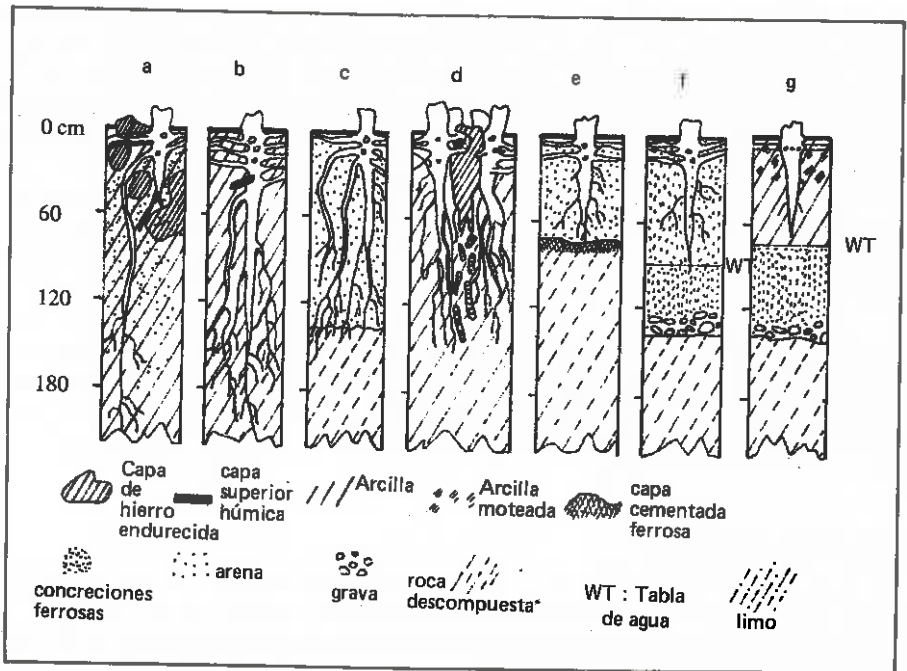


Figura 4. Sistemas de raíces adultas de cacao asociados con perfiles típicos de suelos.

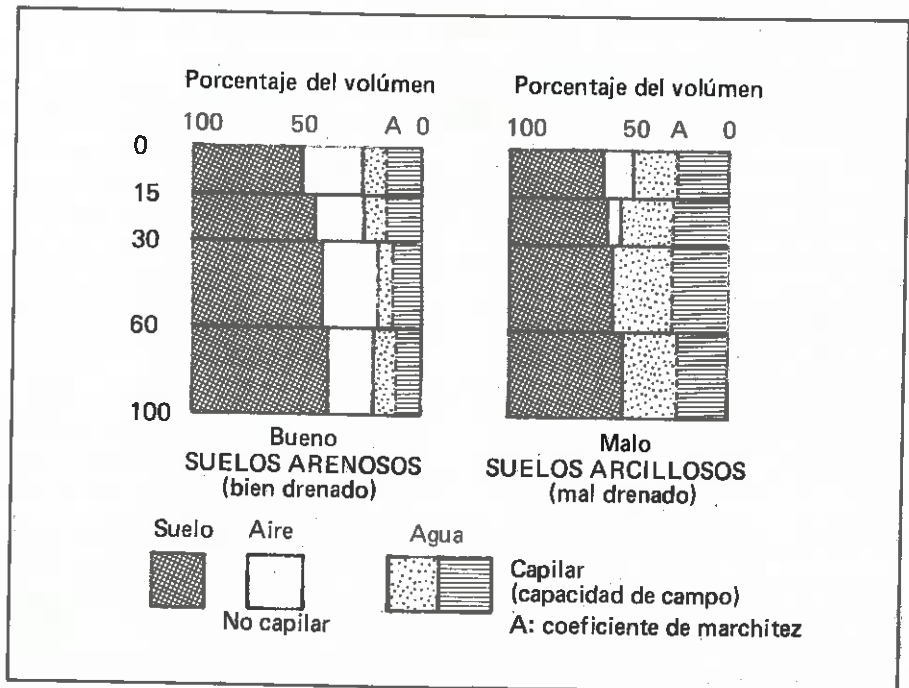


Figura 5. Datos de porosidad de los suelos para cacao.

Cuando por condiciones excepcionales en una localidad, pese a que la capa freática sea bastante alta pero el suelo superficial sea rico, el cacao puede crecer y producir satisfactoriamente, con un buen crecimiento de raíces, pero cambios relativamente insignificantes en el régimen de humedad del suelo o si desciende la capa freática, el sistema radical que está alto se queda sin agua y puede secarse rápidamente. El árbol, entonces, se marchita y muere.

En general, las raíces del cacao toleran inundaciones por períodos cortos de tiempo; así, una capa freática rápidamente fluctuante no afecta mayormente el crecimiento de las raíces, siempre que se restituya la oxidación en tiempo más o menos corto.

El tamaño de la raíz del cacao está influenciado por el material de que está constituido el suelo. Si es material arcilloso, las raíces pueden ser profundas, pero en general delgadas. Si es suelo arenoso, que seca rápidamente, las raíces son bastante profundas y gruesas, con muchas ramificaciones (Figura 4).

Textura y estructura

Los mejores suelos para cacao comprenden desde suelos arcillosos agregados, hasta franco arenosos. Las características de textura dependen no solamente de la distribución del tamaño en partículas en los horizontes, sino también de la disposición vertical de horizontes de diferentes texturas.

El suelo almacena aire únicamente dentro de sus intersticios, pero mayormente en los minúsculos poros de la materia coloidal, en cuya composición entran la arcilla y el humus y la cual abunda en los suelos muy buenos. La capacidad del suelo para el almacenamiento de aire depende de su espacio poroso total, el cual varía de acuerdo con el tamaño de las partículas del suelo, de la proporción de partículas de diferentes tamaños y de la forma de compactación de las partículas.

El porcentaje de partículas de distintos tamaños puede determinarse por análisis mecánico, mediante el cual se describe la textura del suelo. Las dimensiones son por lo general las que se dan en el esquema internacional para el análisis de suelo:

Grava fina.....	<	4.0	a	2.0	mm
Arena muy ordinaria.....	<	2.0	a	1.0	mm
Arena ordinaria.....	<	1.0	a	0.5	mm
Arena mediana.....	<	0.5	a	0.2	mm
Arena fina.....	<	0.2	a	0.02	mm
Limo.....	<	0.02	a	0.002	mm
Arcilla.....	<	0.002			

La distinción entre partículas de arena y arcilla no se basa solamente en el tamaño, puesto que las arcillas tienen la facilidad de absorber agua dentro de su estructura cristalina y por lo tanto de expandirse considerablemente cuando están húmedas. Ni la arena ni el limo poseen esta característica.

Los suelos arenosos ordinarios (partículas mayores de 0.2 mm) aún cuando la raíz puede crecer bien, no son buenos para el cultivo de cacao a menos que sean muy ricos en nutrimentos y que la provisión de humedad sea bastante adecuada.

Color del suelo

Aunque el color del suelo no influye en el drenaje y la aireación, se debe tomar en cuenta porque refleja estas características, que son muy importantes para la planta de cacao.

Los colores rojo y pardo muestran oxidación completa de los compuestos de hierro y por lo tanto reflejan buen drenaje y buena aireación.

Los colores amarillentos están asociados con condiciones de humedad permanente y por lo tanto pueden, en algunas ocasiones, ser perjudiciales para el cacao. El color verde oliva es consecuencia de carbonatos básicos que pueden provenir de roca madre calcárea, produciendo en algunos casos suelos bastante alcalinos.

Los colores azul-gris y verde-gris generalmente se deben al óxido ferroso y denotan drenaje imperfecto o restringido.

Las coloraciones moteadas, en puntos o en listas rojas, pardas, amarillas o negro sepia, reflejan drenaje restringido, especialmente si estas coloraciones se inician en las partes superiores. Conforme se profundicen más, va mejorando el drenaje hasta que a 120 ó 150 cm casi no se restringe el drenaje.

Los suelos de coloraciones negras y pardo-oscuro deben ser observados con más cuidado, pues no siempre reflejan un alto contenido de materia orgánica. Algunos suelos rojos o rojizos pueden tener alta cantidad de materia orgánica que toma la coloración pardusca.

En muchos suelos tropicales, se pueden encontrar a cierta profundidad arcillas de colores brillantes moteados, con tonos rojos, pardos, amarillo y blanco. Generalmente reflejan una condición de mal drenaje pero muy antigua; su condición de brillantez indica buena condición aeróbica reciente y por lo tanto, no debe ser confundido con el mal drenaje descrito anteriormente.

CLASIFICACION DE CALIDAD DE SUELOS POTENCIALES

La identificación de sitios adecuados para plantar cacao puede hacerse sobre una base "ad hoc", considerando cada lugar por sus propiedades individuales. Sin embargo, una manera mucho más satisfactoria de atacar este problema consiste en estudiarle dentro del marco de un suelo en conjunto y de un reconocimiento del uso del terreno, que abarque la totalidad del área en que puede considerarse la plantación.

Este reconocimiento no solamente proporciona una base para decidir sobre las ventajas de distintos lugares, sino que permite su comparación con los otros sitios y asegura que las áreas elegidas para plantar son las más adecuadas de que se dispone.

Cuando es probable que el cacao sea un cultivo importante en un área, en el reconocimiento de suelo es conveniente establecer una clasificación de calidad del mismo, relacionada específicamente con las necesidades de este cultivo y preparar mapas separados que muestren la distribución de las diferentes clases de calidad de suelos que se han estudiado. Este es principalmente un problema de interpretación del reconocimiento de suelos, pero en una etapa muy temprana del reconocimiento, cuando se están definiendo los criterios que han de usarse para distinguir las diferentes unidades del mapa de suelos, hay que prestar atención particular a aquellas características que son especialmente importantes en relación con las necesidades del cacao. Si no se hace esto, las unidades cartográficas pueden incluir suelos de diferente potencial para cacao, que será imposible separar en la etapa de interpre-

tación del reconocimiento. Este punto merece recalcar, porque algunos de los factores importantes para el cacao, particularmente las diferencias en la textura, no siempre son fáciles de relacionar con las características topográficas que, debido a que se reconocen fácilmente en el terreno, tienden a desempeñar un papel importante en la definición de los límites entre diferentes unidades del mapa del suelo. Los límites que pueden reconocerse únicamente mediante una toma intensiva de muestras, aumentan considerablemente el tiempo y el esfuerzo necesario para un reconocimiento del suelo, pero suelen ser esenciales para distinguir los de diferente idoneidad para cacao.

Clases de calidades

Se necesita prudencia para elegir el número y naturaleza de las clases de calidad de suelo que han de reconocerse en una investigación particular. Es tentador el multiplicar el número de clases para proporcionar información más detallada y dejar un margen para distinciones sutiles en la conveniencia entre suelos bastante similares o entre los mismos suelos, en diferentes circunstancias. Los números grandes de clases de calidad están únicamente justificados siempre y cuando:

- a) Puedan cartografiarse individualmente y su situación en el mapa pueda apreciarse posteriormente sobre el terreno.
- b) Los criterios sobre los que se definen sean de naturaleza razonablemente permanente;
- c) Su significación pueda definirse con exactitud;
- d) No sean tan complicados en la interpretación que asusten a los posibles usuarios de la información.

El valor de una clase de calidad de suelo particularmente, o subclase, disminuye considerablemente si su distribución no puede apreciarse en el mapa o, en el caso de que se aprecie, no pueda localizarse exactamente su posición en relación con las características permanentes sobre el terreno. Para fines prácticos, un buen mapa vale por muchos volúmenes de palabras impresas. Sin embargo, hay algunos factores que influyen en el cultivo del cacao, por ejemplo, las variaciones en el grado de pendiente que el agricultor necesita examinar personalmente cuando está planeando sus programas de plantación. La importancia de estos factores tiene que recalcar al agricultor, pero, una vez en el lugar, es improbable que mire el mapa para orientarse en materias que puede ver con más exactitud por sus propios ojos. Por consiguiente, se consiguen pocas ventajas si se complica el mapa de calidad de suelos con esta clase de datos.

No hay ningún mapa que sea muy útil, si los límites que indica no pueden localizarse con exactitud razonable sobre el terreno. Sin embargo, el grado de exactitud que se necesita va en proporción con la cantidad de detalles interpretativos que presente. Por lo tanto, la cantidad y exactitud de detalles topográficos sobre mapas de base disponible, pueden limitar el área mínima de una sola unidad que vale la pena representar y, por consiguiente, el número de clases de calidad que merecen reconocerse.

La consideración de la permanencia de los criterios utilizados para definir las clases de calidad separadas presenta un problema difícil. Las diferencias en ido-

neidad que, por su naturaleza, pueden considerarse como temporales; por ejemplo, las que se refieren a diferencias en la vegetación actual, deben dejarse de lado al definir las clases de calidad. Estas, asimismo, son consideradas por el agricultor del mejor modo, en sitios individuales. Por otra parte, existe la posibilidad de que la introducción deliberada de prácticas agrícolas perfeccionadas cambie la idoneidad de suelos que padecen limitaciones, tales como un estado nutriente bajo o un drenaje deficiente en el momento del reconocimiento. Es importante apreciar la posibilidad de dichos mejoramientos. Sin embargo, en el momento del reconocimiento, suele ser muy difícil estimar todos los factores técnicos económicos y sociales que dictan el grado de perfeccionamiento que es probable conseguir. Teniendo esto en cuenta, lo mejor es clasificar los suelos con arreglo a su idoneidad en el momento del reconocimiento, e indicar por separado, posiblemente por medio de subclases los suelos que padecen de limitaciones específicas, en los que sería posible un mejoramiento.

La introducción de variedades de mayor rendimiento, el uso de fertilizantes y de otras prácticas mejoradas puede cambiar drásticamente la magnitud y el tipo posible de potencial de rendimiento; así, las fluctuaciones en la economía de la producción son casi imposibles de predecir.

Teniendo en cuenta las ventajas de la sencillez, se sugieren cuatro clases principales de calidad que deben satisfacer todas las necesidades.

- | | |
|-----------------------------------|---|
| Clase I -Suelos muy buenos. | Suelos que tienen muy pocas o ninguna característica que limite el desarrollo y rendimiento del cacao. Recomendados para plantar, con preferencia a todos los demás suelos. |
| Clase II -Suelos bastante buenos. | Suelos que, aunque no son tan adecuados como los de la Clase I, no padecen limitaciones serias. Recomendados para plantar en zonas donde no se dispone de suelos de la Clase I. |
| Clase III -Suelos buenos. | Suelos que tienen una o más características inconvenientes que probablemente han de restringir sino de impedir el crecimiento del cacao. No se recomiendan para plantaciones en su estado actual. |
| Clase IV -Suelos inadecuados. | Suelos que padecen limitaciones graves que probablemente impedirán el desarrollo satisfactorio del cacao. Inadecuados para plantar. |

La división de máxima importancia es la que hay entre las Clases I y II, por una parte, y las Clases III y IV, por otra; entre los suelos que se recomiendan para plantar y los que no son recomendables. El reconocimiento de suelo de la Clase I proporciona una oportunidad para distinguir suelos excepcionalmente adecuados que merecen prioridad en la plantación. Análogamente, la Clase IV sirve para distinguir suelos excepcionalmente pobres, en los que no debe intentarse plantar, incluso cuando estos suelos se presentan con pequeños parches dentro de áreas de selección de suelos convenientes para una plantación de cacao. En circunstancias análogas,

podría ser conveniente plantar suelos de la Clase III, en los que no se presupone que va a haber un fallo completo de cacao.

Los suelos que sufren de diversas limitaciones pueden incluirse en la Clase III y, en muchas zonas, será conveniente reconocer subdivisiones de esta clase, para distinguir suelos que podría esperarse que respondieran a diferentes aspectos de mejoramiento. Las subdivisiones más apropiadas variarán de una a otra zona, pero las que indican a continuación se consideran como ejemplos posibles:

- Sub-clase III (n) Suelos pobres en los que la única limitación importante es el estado nutricional deficiente. Probablemente resultarían satisfactorios para cacao si se aplicaran los fertilizantes adecuados.
- Sub-clase III (d) Suelos pobres en los que la limitación principal es el drenaje insuficiente. Probablemente serían convenientes para cacao si se drenara artificialmente.
- Sub-clase III (p) Suelos pobres que padecen varias limitaciones y que ofrecen pocas perspectivas de mejoramiento por la aplicación de prácticas de cultivos.

Puede ser conveniente reconocer subclases que padezcan más de una limitación corregible, pero si las subclases han de ser propicias para conducir a un resultado engañoso, habrá que considerar las posibilidades prácticas de efectuar un mejoramiento. Los suelos en los que las condiciones de textura, estructura o situación topográfica, pudieran hacer casi imposible el conseguir un drenaje artificial eficaz, por ejemplo, deben incluirse en la Sub-clase III (p), en vez de en la III (d) de la clasificación antes propuesta. En reconocimientos muy detallados, puede observarse una variedad mucho más amplia de limitaciones al relacionarse con las prácticas de cultivo necesarias.

Crterios para distinguir las clases

La clasificación de calidad que acaba de proponerse proporciona una base para resumir las conclusiones alcanzadas anteriormente y para mostrar como pueden aplicarse estas conclusiones en la práctica, al seleccionar suelos para cacao.

Por lo tanto, cada uno de los criterios tratados anteriormente se considerarán ahora en relación con las clases de calidad de suelo propuestas. Sin embargo, hay que recalcar que la clasificación de calidad de un suelo determinado depende de la suma de todos estos criterios, considerados conjuntamente en relación con las condiciones ambientales locales.

ESTADO NUTRICIONAL

El cacao es un cultivo bastante exigente en lo que se refiere a la fertilidad del suelo, razón por la cual se debe poner especial atención a este aspecto con el fin de corregir oportunamente cualquier deficiencia. Esto debe considerarse especialmente cuando es cultivado con muy poca sombra o a plena exposición. Sin embargo, cuando su cultivo se hace bajo sombrío, el rendimiento puede ser satisfactorio aún en suelos relativamente pobres, sin llegar a ser muy altos, pero puede llegar a su equilibrio debido al natural recirculamiento de los elementos minerales y la lenta

descomposición de la materia orgánica, debido al control de la temperatura. En una situación como ésta, el manejo de la plantación debe llevarse con mucho cuidado.

En varias regiones del área cacaotera se han cuantificado las características orgánicas del suelo con cacao. Un resumen de varios trabajos se puede observar en el Cuadro 12 en la página 79.

La evaluación del estado nutritivo del suelo basado en datos de análisis de laboratorio, sirve principalmente para distinguir los suelos pobres de la Clase III de los suelos buenos y bastante buenos de las Clases II y I.

La incapacidad de satisfacer estos límites no implica que el cacao no pueda desarrollarse en los suelos en cuestión, significa que las condiciones nutricionales no son óptimas y que los suelos deben considerarse como "pobres" o "inadecuados".

Los datos de laboratorio para los suelos de la Clase I pueden esperarse que sean más favorables que los de los suelos de la Clase II, pero normalmente estas clases se distinguirán tomando como base otros criterios. Análogamente, la clasificación como "inadecuados", raras veces se basará en datos de laboratorio solamente. En la mayoría de los casos, los suelos con un contenido de nutrientes extraordinariamente bajo tienen también características físicas y ambientales indeseables, sobre todo las texturas muy arenosas. Existen, indudablemente, excepciones a esta regla, entre las que se incluyen los suelos con características de carga positiva (pH en solución de cloruro potásico mayor que en agua) y otros suelos fuertemente ácidos y alcalinos. Sin embargo, los conocimientos actuales son inadecuados para sugerir siquiera valores limitantes para criterios analíticos individuales que podrían servir en todas las circunstancias para distinguir suelos como totalmente inadecuados para cacao, en oposición a aquéllos que, aunque pobres, ofrecen posibilidades de mejoramiento, aplicando prácticas de cultivo adecuadas.

PROFUNDIDAD-VOLUMEN DE ENRAIZAMIENTO

Los suelos excesivamente poco profundos son, acaso, los candidatos más lógicos para la Clase IV en la clasificación de calidad del suelo, pero la profundidad efectiva de enraizamiento es un factor que necesita considerarse en todos los niveles de la clasificación. La influencia probable de la profundidad del suelo no puede estimarse sin hacer referencia a otros factores que influyen en su calidad. Se ha sugerido que los suelos de poco más de un metro de profundidad pueden ser aceptables para cacao, si todas las demás características del suelo son particularmente favorables. Este es un cálculo conservador y, de hecho, el cacao se desarrolla satisfactoriamente en diferentes partes del mundo, en suelos incluso menos profundos.

Sin embargo, sólo en casos excepcionales deberán clasificarse como "buenos" (Clase I) los suelos con menos de 150 cm de tierra, fácilmente penetrada por raíces. La incapacidad de satisfacer este requisito puede justificar la clasificación más baja de suelos que, por otra parte, corresponderán a la Clase II. En zonas en las que la escasez de humedad es un factor limitante del desarrollo en algunas épocas del año o donde el subsuelo es nutritivamente pobre, es esencial el volumen adecuado de enraizamiento, y los suelos de menos de 150 cm de profundidad deberán considerarse normalmente como "pobres" (Clase III). En esta circunstancia, los suelos con menos de un metro de profundidad deben considerarse inadecuados. Tomando como base estas observaciones, resulta claro que no pueden citarse valores numé-

ricos simples para la profundidad mínima de suelos que es apropiada para cada clase de calidad, en todas las circunstancias.

DRENAJE SUMINISTRO DE HUMEDAD Y AIREACION

Las cualidades de drenaje de un suelo y sus propiedades afines de retención de humedad y aireación, deben considerarse en relación con las condiciones climáticas dominantes, teniendo en cuenta que los factores externos al suelo mismo, sobre todo su posición topográfica, influyen en estas cualidades.

Al intentar evaluar la capacidad de un suelo para suministrar agua, hay dos diferentes aspectos que deben considerarse. El primero es la cantidad total de agua que puede ser almacenada en la zona radical y el segundo, el grado en que esa agua almacenada queda disponible para la planta en crecimiento.

El espacio radical se define como el volumen de la zona de enraizamiento, es decir, el volumen de suelo con espacios porosos con dimensiones adecuadas para una penetración fácil de las raíces. Tratándose de plantas como el cacao, los límites están determinados por la distancia de siembra y por la profundidad de obstáculos, tales como una capa dura o una capa freática debajo de la capa de suelo altamente porosa, (ver Figura 5).

Capacidad de almacenamiento. Es la capacidad máxima de almacenamiento de un suelo sin drenar, cuyo espacio radical es conocido, y es igual al volumen del espacio radical, multiplicado por el espacio poroso total, expresado como porcentaje del volumen.

Capacidad de campo. Un suelo que se mantuviera a la máxima capacidad de almacenamiento por efecto de lluvias continuas no serviría para el cultivo de plantas, por cuanto carecería de aireación; a este se le describe como suelo anegado. Las raíces de las plantas respiran y al hacerlo liberan energía que sirve para activar el proceso de absorción del agua. Para asegurar una respiración rápida de las raíces, un suelo para cacao debe contener, como mínimo, el 10 % de su volumen total ocupado por aire. Si el contenido es menor, hay peligro de asfixia por escasez de oxígeno. El crecimiento de las raíces disminuye cuando el contenido de oxígeno en el suelo baja de 10 % de su valor inicial (aproximadamente 20 %). En suelos altamente permeables, con un espacio poroso no capilar grande, la difusión de gases normalmente evita un agotamiento grave de oxígeno. En suelos compactos de granos finos y de aireación deficiente, en el aire estancado pueden acumularse concentraciones tóxicas, con más de un 5 % de anhídrido carbónico. Cuando un suelo completamente saturado se deja drenar libremente, el agua fluye al principio por la fuerza de gravedad, pero pueden pasar muchos días antes de que el agua deje de destilar dentro de los drenajes. Cuando se llega a tal punto, el agua que queda en el suelo da la medida de su capacidad de campo. Esta constante del suelo, tal y como acaba de definirse, es una concepción un tanto vaga e imprecisa, pero es de considerable valor práctico para comparaciones aproximadas de los suelos. Los suelos arenosos tienen una capacidad de campo menor del 15 % por peso, mientras que los suelos arcillosos tienen una capacidad de campo hasta de un 50 a un 60 %.

Espacio poroso capilar y no capilar. Es una antigua teoría en la que la humedad del suelo consideraba el agua en la capacidad de campo, como retenida por los diminutos poros capilares que hay dentro de las unidades estructurales o agregados. Por eso

se le llamó agua capilar. El agua de los poros mayores, de las grietas, de las hendiduras causadas por las raíces y por los huecos de los gusanos, fue al mismo tiempo denominada "agua no capilar" y algunas veces "agua gravitacional", por cuanto fluye más o menos libremente debido a la fuerza de gravedad.

Coefficiente de marchitez. No toda el agua contenida en un suelo que originalmente estuvo en su capacidad de campo puede ser extraída por la planta en crecimiento, cuyas raíces ejercen una succión continua. Llega un momento en que la fuerza con que el suelo retiene el agua es de igual magnitud que la fuerza de succión ejercida por las raíces y entonces la planta se marchita. La cantidad de agua que queda en el suelo cuando se llega al punto de marchitamiento permanente, expresada en términos de volumen o como porcentaje de peso, se llama coeficiente de marchitez. Para determinar dicho coeficiente, puede sembrarse maíz o girasol en un recipiente pequeño conteniendo una muestra del suelo que se desea probar, humedecido y puesto de manera que no se compacte y la superficie se cubre con una capa de cera para evitar la transpiración. Cuando las plantas se marchitan se determina la cantidad de humedad que queda en el suelo, secándolo y pesándolo. Los suelos arenosos tienen un coeficiente bajo de marchitez (W), entre el 10 y 20 % (por peso), cuando la arena es de los tipos ordinarios, mientras que los suelos arcillosos tienen coeficientes de marchitez de 30 a 40 % (por peso), o sea unas dos terceras partes de su capacidad de campo (F); es decir, $W = 0.6 F$ (aproximadamente).

Fuerza de succión, valor pF. Las distintas constantes del suelo se fusionan una con la otra, sin que hayan demarcaciones definidas. El contenido de humedad de un suelo debe contemplarse como consistente en una serie de fases superpuestas, en que la retención se hace con una fuerza que aumenta gradualmente, conforme el suelo se va secando. En el punto de marchitez, la fuerza de succión es igual en magnitud a la presión de una columna de agua de 16.000 cm (160 m) de altura, la cual tiene 16 veces la altura del barómetro de agua, cuya presión es de la atmósfera. Se acostumbra expresar la fuerza de succión con el logaritmo de la altura (en cm) de la columna de agua correspondiente, a lo cual se le llama valor pF. En esa forma, la fuerza de retención del agua en un suelo en su punto de marchitez se expresaría como pF 4.2 (Log de 16 000 = 4.2) y la fuerza de retención de un suelo en su punto de capacidad de campo, sería del pF 3.0 (Log de 1.000 = 3.0). Recientes investigaciones han demostrado que cuando el pF del contenido de agua de un suelo cultivado excede de 3.5 los canales conductores de las plantas sufren gran tensión y se produce una marcada disminución en su crecimiento, mucho tiempo antes de que llege al punto de marchitamiento (pF 4.2).

Disponibilidad del agua del suelo. Los hechos relativos a los estados en que se encuentra el agua en los suelos húmedos, indican que solamente cierta proporción del contenido total de agua es aprovechable y puede ser usado por la planta. Teóricamente, el total de agua aprovechable está comprendido entre la capacidad total de almacenamiento y el coeficiente de marchitez. Como un suelo completamente saturado (o anegado) carece, sin embargo, de aireación y no permite un crecimiento normal de las raíces, éste debe drenarse parcialmente y perder por lo menos un 10 % de esa cantidad de agua, para que la respiración de las raíces y la absorción de agua procedan normalmente. Por lo tanto, el espacio poroso no capilar mínimo de un suelo que ha de usarse para el cultivo de plantas, debe ser de un 10 % por volumen. Algunas autoridades definen el agua aprovechable como aquella com-

prendida entre el punto de capacidad de campo y el coeficiente de marchitez, pero claramente se ve que esta definición no puede aplicarse a suelos bajos en espacio poroso no capilar. Los suelos de arenas ordinarias, así como los arcillosos bien agregados, corrientemente poseen un espacio poroso no-capilar mucho mayor que este valor crítico y muchos suelos limoso-arcillosos alcanzan esta cantidad de espacio poroso no capilar al secarse parcialmente y agrietarse. Por otra parte, muchas arcillas y limos de estructura deficiente y compacta tienen un espacio poroso no capilar menor que el valor crítico de 10 % y son, por lo tanto, inadecuados como medio para cultivos de plantas.

Agua óptima utilizable. Puede definirse como agua utilizable aquella comprendida entre el límite del 10 % y el punto de marchitamiento. Agua óptima utilizable es la fracción de ésta que puede absorber fácilmente una planta sin que se produzca una tensión peligrosa; está retenida con una fuerza cuya magnitud oscila de un pF de 2.5 a un pF de 3.5 aproximadamente y puede estar hacia cualquiera de los lados del punto de la capacidad de campo, pF 3.0.

Con respecto al cacao se ha demostrado, mediante observaciones sobre el comportamiento estomatal, la fotosíntesis y el crecimiento, que los procesos fisiológicos a los cuales es atribuible la producción de mazorcas, disminuyen progresivamente conforme la humedad del suelo baja de 50 a 70 % del contenido total de agua "aprovechable" y cesan completamente en el punto de marchitez.

Humedecimiento de suelo por lluvia. La lluvia que cae sobre un terreno puede subdividirse de la siguiente manera: Parte puede ser interceptada por el follaje y no llega al suelo; parte puede escurrir por el suelo según su admisión del agua; parte puede evaporarse de la superficie del suelo; parte puede escurrir por la zona de enraizamiento y escapar como agua drenada; otra parte puede permanecer en la zona de enraizamiento; y finalmente una última parte puede perderse por medio de la transpiración foliar.

La intercepción puede ser mayor del 20 % de la cantidad de lluvia que cae en tierras de bosques o de cacao. El agua interceptada apenas moja las hojas y muy pronto se evapora sin llegar hasta el suelo.

El escurrimiento es insignificante en terrenos con bosques o con cacao bien sombreado, por razón de la alta infiltrabilidad de los suelos no perturbados y cubiertos por una capa de hojarasca y materiales orgánicos en descomposición.

La evapotranspiración depende exclusivamente de las condiciones atmosféricas, especialmente temperatura del aire, humedad y velocidad del viento, las cuales varían en los diferentes puntos de la superficie terrestre, por ser factores climáticos.

En drenajes profundos, el agua que se percola a través de la zona de enraizamiento puede acumularse como agua del suelo, cuya superficie superior constituye una capa freática o puede escapar en forma de manantiales. Las capas freáticas pueden ser permanentes o temporales. Cuando hay una capa freática permanente, si se abre un foso en el suelo, el agua escurre en su interior, pero no sucede lo mismo cuando se trata de una capa freática temporal.

El almacenamiento que se explicó antes como la capacidad máxima de almacenamiento de un suelo, lo determina su espacio poroso total; pero cuando el suelo se ha drenado por completo, dicha capacidad está determinada por su capacidad de campo. Como la mayoría de los suelos necesitan un tiempo largo para drenarse completamente, la capacidad de almacenamiento puede incluir una cantidad de los

espacios porosos no capilares más finos, así como la totalidad de los espacios porosos capilares.

La permeabilidad del suelo varía de 0 a 25.4 cm por hora y la intensidad de la lluvia de 0 a más ó menos 2.54 cm por hora. En esa forma, los suelos con sólo una permeabilidad moderadamente baja (2 a 0.5 cm por hora), son capaces de hacer frente a las lluvias más fuertes, siempre que sean profundos y de drenaje interior libre. Cuando una lluvia de magnitud menor al grado de percolación penetra en un suelo profundo, una parte de ella igual al volumen de los espacios porosos capilares de las unidades estructurales, es inmediatamente absorbida por la capa superior del suelo; el resto baja a la capa siguiente a través de los espacios porosos no capilares. Otra porción del agua se absorbe similarmente por esta capa y así sucesivamente por las capas más bajas, hasta que toda el agua queda retenida. La evapotranspiración prosigue y al haber una nueva lluvia, el proceso se repite. La conservación del grado necesario de aireación en un suelo sujeto a humedecimiento intermitente en esa forma, por lo tanto, depende en parte de su permeabilidad; parte de su profundidad hasta una capa dura o una capa freática y en parte por la periodicidad y el total de las lluvias. Cuanto mayor sea el total de lluvias y cuanto más frecuentes y más largas sean éstas, mayor ha de ser la permeabilidad del suelo si se desea evitar anegamiento. La falta de equilibrio entre las características de las lluvias y la permeabilidad y profundidad del suelo, generalmente resultan en drenaje temporal, defectuoso, acompañado de anegamientos repetidos o bien en resecamientos periódicos intensos. Como el agua óptima del suelo está confinada a un ámbito bastante reducido del contenido de humedad, difícilmente puede darse el énfasis necesario a la importancia de este equilibrio entre las características de la lluvia y las del suelo.

MEDIDA DE LA HUMEDAD DEL SUELO

El método más simple para determinar el contenido de humedad del suelo es el de secar y pesar muestras extraídas con un taladro. Este método es, sin embargo, inapropiado para las capas profundas. Un método de mayor uso es el de la medida de la resistencia eléctrica de bloques porosos de yeso o de nylon, enterrados en el suelo a las profundidades del caso.

Las relaciones de la humedad foliar del cacao están de acuerdo con los principios ecológicos y el contenido de humedad en las hojas de una planta; fluctúa de acuerdo con la humedad del suelo en que dicha planta crece, aún cuando con frecuencia hay un intervalo entre ambas fluctuaciones. Conforme disminuye el contenido de humedad de las hojas hasta un punto inferior a cierto valor crítico, los estomas comienzan a cerrarse. En el caso del cacao, se ha encontrado que el valor crítico es alrededor del 95.5 % del contenido inicial de humedad de las hojas. Dicho en otras palabras, cuando solamente se ha evaporado el 4.5 % del contenido inicial de humedad de las hojas, los estomas se cierran completamente. Las hojas de otros árboles cultivables como café, cítricos y bananos, no son tan sensibles a la pérdida de agua. Mientras que una hoja de cacao con los estomas bien abiertos muestra cierre de estomas por la pérdida de humedad a los cinco o seis minutos de haberse arrancado del árbol, las hojas de las otras plantas mencionadas no muestran cierre de estomas hasta los 20 ó 30 minutos.

Las hojas de plántulas de cacao cultivadas en macetas con suelo húmedo al que se permitió secarse lentamente, comenzaron a mostrar cierre de estomas cuando el contenido de humedad del suelo se había reducido al 60 % del total de agua

“aprovechable”, medida en términos de diferencia entre la capacidad de campo y el coeficiente de marchitez. No se comprobó si las hojas de cacao adulto de una plantación muestran cierre estomatal cuando el suelo se ha secado apenas parcialmente, pero es probable que así ocurra, especialmente tratándose de suelos con un espacio radical restringido. También hace falta investigar si este método de la infiltración puede usarse para decidir en qué momento de la estación seca debe regarse una plantación de cacao. Se sugiere que la irrigación puede ser necesaria cuando la apertura estomatal se ha reducido al 50 % de su apertura máxima original; esto corresponde a más o menos el 50 % de humedad disponible del suelo, tal y como se definió antes, de acuerdo con los datos anotados. Con este método de la prueba de los estomas, resultados posteriores han mostrado que la lluvia y el rocío afectan el comportamiento estomatal de las hojas de árboles adultos de cacao, aún cuando inducen la apertura de estomas en la primera brotación de hojas de plántulas de cacao.

La rápida respuesta de los estomas de la hoja de cacao a las condiciones de secamiento del suelo, explica fácilmente su susceptibilidad característica a la sequía. Sin embargo, a pesar de la poca resistencia a la escasez de agua, el cacao ha estado creciendo satisfactoriamente en regiones que tienen una prolongada y severa estación seca, como por ejemplo en el Valle del Cauca en Colombia, así como en el distrito de Arriba en Ecuador y en la parte oriental de Costa Rica. Sin embargo, en estos lugares la estación seca coincide con un período de temperaturas bajas, en que la absorción de humedad del suelo se efectúa en forma más lenta que durante los períodos de temperaturas altas. Uno de los efectos fisiológicos de la disminución de la temperatura es una reducción en el grado de absorción de agua por las raíces de la planta. En las regiones en que la estación seca coincide con un período de temperaturas altas, como por ejemplo en Bahía, Brasil, la escasez de agua causa una reducción de la cosecha de cacao y, en casos severos, puede ocasionar hasta la muerte de los árboles. La combinación de tensión adecuada de humedad, buen drenaje y buena aireación que se encuentra únicamente en suelos fuertemente agregados que contengan cantidades moderadamente altas de minerales arcillosos no expansivos desde la superficie hacia abajo, proporcionan el medio físico ideal para cacao en todas las situaciones. Los suelos con características que se aparten notablemente de este ideal, no deben clasificarse en la Clase I. La interpretación de estas desviaciones, con respecto al tipo ideal difiere, sin embargo, según los diferentes casos. Algunos suelos con textura arenosa en los 40-50 cm de la parte superior del perfil, por ejemplo, puede tener buenas propiedades de retención de humedad únicamente en el horizonte superficial, debido a la materia orgánica y en el subsuelo profundo. Dichos suelos pueden ser satisfactorios para cacao y clasificarse como “bastante buenos” (Clase II) en zonas donde la lluvia es moderadamente fuerte y está distribuida de modo uniforme. Los mismos suelos se clasificarían como “pobres” (Clase III) o incluso “inadecuados” (Clase IV) en zonas de condiciones marginales de lluvia. Por otra parte, en áreas de muchas lluvias, las propiedades de aireación son de importancia fundamental y los suelos son drenaje insuficiente, que pueden incluso ser convenientes en condiciones secas, no serían aceptables para plantar cacao.

Características físicas del suelo

Textura. La importancia de la textura en relación con la penetración de las raíces, las cualidades de drenaje y las características nutricionales, ya se ha señalado ante-

riormente. Un elevado contenido de arcilla es conveniente porque implica buenas propiedades de retención de nutrimentos y de humedad, y sugiere que el estado de los nutrimentos es probablemente alto, pero es indeseable en cuanto afecta de modo adverso la aireación y la penetración de raíces. Estos requisitos, parcialmente opuestos, deben considerarse simultáneamente al evaluar las características texturales. Las texturas intermedias, que van desde franco-arcillosas a franco-arenosas son óptimas para cacao en la mayoría de los casos. Incluso en zonas de mucha lluvia, los suelos de textura limosas son preferibles a los de texturas arenosas, en los que podría sospecharse un mal estado nutricional. En zonas secas, es esencial una buena retención de humedad; los suelos con texturas arcillosas cerca de la superficie son convenientes a condición de que la penetración de las raíces no se impida.

Color. Las diferencias marcadas en el color deben considerarse como criterio importante al distinguir suelos al nivel de clasificación requerido, para separar suelos de diferente potencial para cacao. En primer lugar, el color del suelo es una orientación valiosa para juzgar sus características de drenaje. En segundo lugar, a falta de datos exhaustivos de laboratorio, el color del suelo proporciona una medida aproximada del estado nutriente comparativo y, por lo tanto, es útil en la clasificación de suelos en grupos, dentro de los cuales es probable que sea similar el estado nutricional.

La clasificación de calidad basada en el drenaje se ha estudiado ya. El juicio de calidad en relación con el estado nutriente, sobre la base de color, únicamente puede ser aproximado y requiere el apoyo de observaciones sobre el éxito de cacao existente en los suelos de que se trate o de datos de laboratorio. De todos modos, los "suelos buenos" (Clase I) acusarán generalmente colores rojos o pardo rojizos fuertemente desarrollados, aunque, sobre rocas calcáreas o de aluvión recientes, pueden ser de color gris pardusco oscuro o incluso negros. A falta de otras pruebas, es prudente clasificar los suelos de color rojo pálido, rojo amarillento pálido y pardo amarillento que tengan otras características buenas, como únicamente "bastante buenos" (Clase II). Análogamente, los suelos de color pardo, amarillento pálido deben clasificarse provisionalmente como "pobres" (Clase III). Los colores muy pálidos suelen indicar texturas muy arenosas. Dichos suelos se suelen considerar como inadecuados para el cultivo del cacao (Clase IV).

Al estudiar la conveniencia de diferentes lugares sobre una base "ad hoc", puede estudiarse el perfil total de cada suelo y dejarse un margen para variaciones, en la textura, que puedan notarse a diferentes profundidades. Sin embargo, es más difícil dejar un margen para cambios texturales con la profundidad en todo sistema amplio de clasificación de suelos destinados a la interpretación, en relación con las exigencias del cacao. Como una gran proporción de las raíces de alimentación del cacao se encontrarán en los 20 cm superiores del suelo, las diferencias texturales en el horizonte del suelo más elevado son de especial significación. Sin embargo, en la mayoría de las áreas potenciales de desarrollo de cacao, las texturas en los 15-20 cm de la parte superior del suelo varían frecuentemente con tanta rapidez que son casi inservibles como criterios para levantamiento de mapas de suelos, incluso dentro del área de una finca pequeña. Por otra parte, las texturas por debajo de una profundidad de 1.60 m suelen ser tan uniformes dentro de amplias áreas que son igualmente inútiles como base para clasificación y levantamiento de mapas de suelos. Por lo tanto, en muchas áreas conviene basar distinciones texturales amplias entre diferentes grupos de suelo con diferencias de textura determinadas a una profundidad intermedia, por ejemplo entre 20 y 50 cm. Las diferencias de texturas entre estas profundidades influyen indudablemente en las condiciones de los horizontes super-

ficiales y por lo tanto, ejercen una influencia considerable sobre la idoneidad de un suelo para cacao. Cuando sea práctico, pueden reconocerse otras subunidades de suelos, a base de diferencias texturales por encima o por debajo de esta "sección de control", a profundidad intermedia.

Consistencia y estructura. Las diferencias marcadas de consistencia y estructura pueden ser también criterios importantes para distinguir suelos que son satisfactorios para cacao (Clase I y II) de aquéllos que no lo son (Clase III y IV). Sin embargo, en algunas zonas tropicales, no se observa una gran diferencia en la expresión de estas características en los suelos más extensivos.

Al estudiar la consistencia y la estructura, debe prestarse particular atención a su influencia sobre las características del drenaje y sobre la penetración de las raíces. La buena estructura es especialmente importante en áreas de grandes lluvias para asegurar una aireación adecuada. En áreas secas, la estructura y la consistencia a profundidad requieren un estudio cuidadoso, para asegurarse de que las raíces del cacao podrán alcanzar la humedad asentada a cierta profundidad, durante los períodos de sequía.

Otras características. El contenido de piedras cuarzosas y de grava, de concreciones de piedra ferruginosa y de rocas minerales edafizadas, proporciona ejemplos de otros criterios que hay que tener en cuenta al emitir un juicio sobre la calidad de un suelo para cultivar cacao. Según sea su calidad y su naturaleza, la presencia de dichas partículas puede rebajar el valor de un suelo, que por lo demás, podría ser conveniente, desde "bueno" a "bastante bueno", o incluso "pobre". Un suelo que esté constituido predominantemente por partículas inertes grandes es, como es lógico, "inadecuado". Un contenido moderado de rocas o minerales edafizados, a profundidades potencialmente dentro del alcance de las raíces del cacao, es un factor favorable, pero raras veces justificaría el clasificar un suelo como de mejor calidad que la sugerida por las consideraciones de textura, color, consistencia y estructura.

FERTILIZACION

Antes de emprender un programa de fertilización del cacaotal es necesario conocer el nivel de fertilidad natural del suelo. Este diagnóstico se puede hacer por medio de análisis de suelo y, en forma más sofisticada, por medio de análisis foliar. Este último análisis es quizá el más recomendado en el caso de posibles deficiencias de elementos menores. Los muestreos de suelo y de hojas requieren la aplicación de ciertas normas, por lo que se debe consultar a un agrónomo o a los laboratorios de suelos respectivos. También la interpretación del análisis del suelo y de tejidos la debe hacer un técnico con experiencia. En base a esa interpretación se recomendarán los niveles de fertilización requeridos. Existen guías elaboradas, como la que se muestra en el Cuadro 12, que ayudan al técnico a interpretar el estado de fertilidad del suelo y por lo tanto le permite decidir sobre los fertilizantes a aplicar. El Cuadro 12 fue elaborado recogiendo las cifras de la literatura y ajustándose a las cifras que el laboratorio de suelos del CATIE conoce por experiencia. El uso de ese Cuadro debe ser muy cuidadoso, pues el sistema de análisis de suelos de cada laboratorio puede variar considerablemente, tanto en la metodología general como en la cantidad de sustancias extractoras y en la lectura de los aparatos.

Cuadro 12. Guía para la interpretación de los niveles de elementos en la clasificación del estado nutricional del suelo.

Parámetro	Rango de fertilidad relativa		
	Alto	Medio	Bajo
pH (en agua 1:2.5)	7.5-6.5	6.4-5.1	< 5.0
Materia orgánica (combustión húmeda)	> 6.1	6.0-3.1	< 3.0
Nitrógeno total % (Kjeldahl)	> 0.41	0.40-0.21	0.20
Relación C/N	9.5-10.4	15.5-10.5	> 15.6 ó < 9.4
Fósforo P ppm (Mehlich)	> 16	15-6	< 5
Fósforo P /ml (Olsen modificado)	> 21	20-12	< 12
Fósforo "disponible" P ₂ O ₅ ppm (Truog)	> 120	119-21	< 20
Potasio intercambiable meq/100 g (Acetato de Amonio 1N, pH, 7.0)	> 0.41	0.40-0.16	< 0.15
Potasio extraíble, meq/100 ml (Olsen modificado)	> 0.41	0.40-0.21	< 0.20
Azufre S-SO ₄ /ml (Fósforo monocálcico 500 ppm P)	> 21	20-13	< 12
Calcio intercambiable meq/100 g (Acetato de Amonio 1N, pH, 7.0)	> 18.1	18.1-4.1	< 4
Calcio extraíble, meq/100 ml (Cloruro de Potasio 1N)	> 4.1	4-2	< 2
Magnesio intercambiable meq/100 g (Acetato de Amonio 1N, pH, 7.0)	> 4.5	4.4-0.9	< 0.8
Magnesio extraíble meq/100 ml (Cloruro de potasio 1N)	> 2.1	2.0-0.8	< 0.8
Capacidad de intercambio de cationes meq/100 g (Acetato de Amonio, 1N, pH 7.0)	> 30.1	30-12.1	< 12
Saturación de Aluminio % (KCL 1N)	0-10	11-25	< 26
Aluminio meq/100 ml (Kcl 1N)	< 0.30	0.31-1.50	> 1.51

Una cosecha de cacao seco de 1.000 kg, extrae aproximadamente 44 kg de Nitrógeno (N), 10 kg de fosfato (P₂O₅) y 77 kg de potasio (K₂O). Estas cifras indican lo que el suelo pierde al retirar las mazorcas de cacao en el momento de la cosecha y empezar a procesarlas fuera del campo. Si las mazorcas se abren en el mismo campo y la concha o cáscara quedaran en el suelo, entonces se recircularán

aproximadamente 2 kg de N, 5 kg de P_2O_5 y 24 kg de K_2O . Los nutrimentos que se sacan del sistema deben ser restituidos.

Todo suelo, para aumentar su potencial de rendimiento, requiere de un equilibrio adecuado entre todos sus elementos nutritivos. En una fertilización se deben mantener o corregir esos equilibrios. Los desequilibrios son tan perjudiciales a la planta como las carencias de los elementos.

Un estimado de los fertilizantes aplicables se propone en el Cuadro 13. Las cantidades están expresadas en elemento puro por hectárea, por lo que se deberá hacer el cálculo equivalente en fertilizantes comerciales, según las formulaciones de porcentajes disponibles.

Cuadro 13. Estimado de fertilizantes para aplicación al suelo, expresado en kg/ha.

Interpretación del análisis	Alto	Medio	Bajo
N	40	80	120
P_2O_5	20	40	60
K_2O	20	50	150
S (SO_4)	—	50	150
Ca	—	150	340
Mg	—	10	15

En el Cuadro 13 puede observarse que cuando el nitrógeno en el suelo es bajo, se requiere aplicar 120 kg de N_2 (261 kg de urea de 46 % N). Si el potasio es medio, se requieren 50 kg/ha de K_2O . Los criterios expuestos pretenden ayudar al técnico a tomar decisiones; sin embargo, él podrá modificarlos con mayor conocimiento de las circunstancias específicas y las cifras de los análisis.

Es importante recordar que una vez realizado el cálculo del fertilizante requerido por hectárea, se debe calcular la cantidad que corresponde por árbol. Para efectos de los presentes cálculos se han utilizado 1000 plantas por hectárea. Como ejemplo, consideraremos las recomendaciones para la finca La Lola en Limón, Costa Rica, en donde además se ha encontrado que los suelos son muy deficientes en azufre, por lo tanto se requiere aumentar este elemento.

Plantación inicial. Fertilizante compuesto 10-30-10, a razón de 100 g/planta depositada en el fondo del hueco, antes de la siembra, más 60 g de nitrato de amonio sobre el suelo, después de la siembra. Este fertilizante compuesto proporciona aproximadamente 30 g de N/planta, 30 g de P_2O_5 /planta, 10 g de K_2O /planta.

Plantas de un año de edad. Se recomienda efectuar tres aplicaciones durante el primer año de crecimiento de las plantitas, en la cantidad de 300 g/planta, de un fertilizante compuesto 20-10-6-5 (el 5 indica el 5 % de S en forma de SO_4) más 30 g de K-Mag/planta, (K-Mag como sulfato doble de potasio y magnesio con 21 % de K_2O y 53 % de $2MgSO_4$). Esta mezcla proporciona aproximadamente 60 g de N_2 /planta, 30 g de P_2O_5 /planta, 24 g de K_2O /planta y 60 g de SO_4 /planta.

Plantas de un año sin fertilizante al momento de plantar. En este caso, se recomienda aplicar 450 g/planta de un fertilizante compuesto 20-10-6-5, más 40 g/planta de K-Mag. Este fertilizante compuesto proporciona aproximadamente 90 g de N/planta, 45 g de P_2O_5 /planta, 36 g de K_2O /planta y 80 g de SO_4 /planta. La dosis total deberá ser aplicada en cuatro fracciones durante el año.

Plantas con dos años de edad. Se mantiene la recomendación dada para plantas de un año de edad.

Plantas con tres años de edad. A esta edad la aplicación corresponde a 600 g/planta de fertilizante compuesto 20-10-6-5 y 60 g/planta de K-Mag. Este fertilizante proporciona aproximadamente 120 g de N/planta, 60 g de P_2O_5 /planta, 48 g de K_2O /planta y 120 g de SO_4 /planta.

Plantas en producción (mayores de cuatro años de edad). La aplicación correspondiente a esta edad es de 600 g/planta de un fertilizante compuesto 20-10-6-5 y 90 g/planta de K-Mag, que proporciona aproximadamente 120 g de N/planta, 60 g de P_2O_5 /planta, 55 g de K_2O /planta y 130 g de SO_4 /planta.

En relación al calcio, se debe tener mucho cuidado al hacer aplicaciones de cal para suplir nutrimento, ya que el cacao no tolera condiciones fuertemente alcalinas y fácilmente se pueden producir o inducir deficiencias de Hierro, Zinc y Manganeso. En México se recomienda aplicar, conjuntamente con N, P y K, 500 gramos de calcio por árbol en dos aplicaciones, una antes de la floración principal y otra al inicio del cuajamiento de la mazorca (calculando entre 400 y 625 plantas/ha).

En el estado de Bahía, Brasil, se recomienda para plantaciones nuevas de cacao, mezclar los 20 cm inferiores del hueco donde se va a sembrar el cacao con 60 g de cal dolomítica y los 20 cm superiores con 60 g de sulfato de amonio, 44 g de superfosfato, 8 g de Muriato de Potasio, y 60 g de cal dolomítica. Uno y dos años después de la siembra, se recomienda duplicar las cantidades de fertilizantes antes mencionados y aplicar 30 g de cal dolomítica, en bandas de 30 cm del tronco (tallo) del árbol, con una población aproximada de 1000 árboles por hectárea.

Esta aplicación de calcio es como nutrimento, pero si es necesario corregir una saturación de aluminio muy alta del suelo, se recomienda aplicar 1.65 t de cal por hectárea por cada miliequivalente de aluminio en el suelo, suponiendo una pureza mínima de la cal de aproximadamente 80% de $CaCO_3$. En suelos con pH menor de 5.5, es recomendable hacer las determinaciones de Al, para tomar las medidas correctivas necesarias. Para aplicar estas medidas, debe estudiarse con cuidado tanto el contenido de aluminio (el % de saturación de Aluminio) así como el contenido de Ca del suelo.

Si el Mg es bajo en el suelo, la aplicación de calcio y magnesio debe hacerse con Cal Dolomítica ($CaCO_3 + MgCO_3$) en lugar de Cal común ($CaCO_3$), lo que ayuda a mantener un buen equilibrio con el Ca y K.

La relación C/N de 9.4 o menos puede también causar algunos problemas de desbalance nutricional.

Para corregir la relación C/N muy baja (poco C), es necesario aumentar el contenido de Materia Orgánica usando "mulch" de gramíneas, antes que de leguminosas, es decir, un material rico en C. También se pueden usar fertilizantes nitrogenados de disolución lenta, como la Urea recubierta de azufre, que pone a disposición del suelo el nitrógeno en forma lenta, mejorando la relación C/N.

En el caso de la relación C/N muy alta, se pueden recomendar aplicaciones de N más altas, con un mayor número de aplicaciones por año o sea más subdivididas.

Epoca de aplicación del fertilizante. Para una mejor utilización del fertilizante en el caso de la finca La Lola, se tomaron en consideración los aspectos de clima (alta precipitación de 3500 mm/año) y de fisiología del cacao (dos épocas de floración y de mayor desarrollo de mazorcas). De manera que se recomendó efectuar cuatro aplicaciones por año (dividiendo las dosificaciones totales en cuatro partes iguales para cada aplicación). En esta forma se procura contrarrestar posibles pérdidas del fertilizante por arrastre del agua de lluvia y proporcionar los elementos nutritivos a la planta en las épocas de mayor necesidad y mejor aprovechamiento. Las fechas recomendadas para el caso de la finca La Lola del CATIE son: 1a. aplicación - enero o febrero; 2a. aplicación - abril o mayo; 3a. aplicación - julio o agosto; 4a. aplicación - octubre o noviembre.

SINTOMAS DE DESNUTRICION

En algunas ocasiones se presentan en el campo una serie de síntomas que pueden deberse a infestaciones de insectos o a alteraciones fisiológicas de la planta, debido a insuficiencia de elementos en ellas o en el suelo. A continuación se da una rápida descripción de los síntomas de desnutrición en cacao.

Nitrógeno. Cuando existe un déficit de nitrógeno, la planta de cacao presenta crecimiento retardado. Las hojas son amarillo pálido y en casos extremos, más pequeñas que las hojas normales. El ángulo formado por el pecíolo y la rama es también más agudo que en plantas bien nutridas. Debido a que el nitrógeno es parcialmente movilizable dentro de la planta, las hojas nuevas pueden obtener cierta cantidad de compuestos nitrogenados de las hojas más viejas. Esto puede resultar en una destrucción parcial de la clorofila entre las nervaduras, produciéndose manchas amarillentas en las hojas más viejas. Los brotes nuevos, sin embargo, no pueden obtener con suficiente rapidez la cantidad necesaria de nitrógeno para desarrollar un color verde. Brotes terminales con hojas casi blancas o amarillo pálido y manchas entre las nervaduras en las hojas más viejas, son signos seguros de deficiencia de nitrógeno. Agostamiento ("Scorch") apical es también un síntoma característico de deficiencia de nitrógeno.

Fósforo. La falta de fósforo resulta también en crecimiento retardado. Las hojas maduras pueden tener buen color o ser aún más oscuras que las normales, pero son más pálidas hacia el ápice y el borde. Puede ocurrir clorosis internerval y las áreas afectadas presentan a menudo pigmentación roja y amarilla. Más tarde puede ocurrir un agostamiento marginal y senectud. El número de hojas en cada brote puede ser normal o aún más elevado que el normal, las hojas son cortas y caen prematuramente, las estípulas son persistentes y los chupones con hojas a grandes trechos, aún con estípulas intensamente verdes, dan a éstos una apariencia típica de deficiencia en fósforo. Otro síntoma característico es el ángulo agudo formado por el pecíolo y la rama.

Potasio. Las plantas deficientes en potasio no parecen tan retardadas como aquéllas deficientes en nitrógeno y fósforo. Los síntomas se manifiestan primero en las hojas

viejas, en las que aparecen áreas amarillentas en el ápice y a lo largo de los bordes, que más tarde se agostan. La necrosis continúa progresando en la hoja entre las nervaduras, con una zona de tejido amarillento que avanza delante de la región necrótica. Las hojas jóvenes pueden obtener el potasio de las hojas más viejas y ser de tamaño normal, aunque en casos de deficiencia severa, son pálidas y a veces presentan clorosis internerval, debido a que una deficiencia severa de potasio interfiere con la movilización del hierro dentro de los tejidos. En otros casos, la falta de potasio produce hojas deformadas y muy lobuladas, síntoma no siempre típico.

Magnesio. En el caso de deficiencia de magnesio se pueden observar manchas pálidas o amarillentas en los bordes de las hojas. Estas se juntan produciendo un agostamiento marginal característico. Áreas necróticas se forman frecuentemente delante del área de agostamiento marginal, diferenciándose esta condición de aquella producida por deficiencia de calcio. Cuando la deficiencia es severa, aún las hojas jóvenes desarrollan rápidamente una necrosis marginal y agostamiento. Debido a la reducida producción de clorofila, las áreas verdes de la hoja tienen también una coloración más clara.

Calcio. Las hojas jóvenes presentan manchas blancas características, que permanecen pequeñas y pronto sufren un severo agostamiento apical y marginal. Las hojas más viejas presentan también este tipo de síntomas, dando a la parte no afectada la apariencia de una hoja de roble. Las hojas caen prematuramente y las yemas que desarrollan mueren pronto. El agostamiento marginal se manifiesta en forma de una ondulación continua, pero sin áreas de tejidos necróticos.

Azufre. El crecimiento es casi normal pero las hojas más viejas presentan manchas amarillas que se extienden hasta que la hoja cae. Los brotes jóvenes se desarrollan rápidamente, pero todo el borde tiene color amarillo brillante y está casi desprovisto de clorofila. El tamaño de las hojas puede ser casi normal. Las plantas deficientes en azufre parecen ser más susceptibles al ataque de ciertos insectos.

Hierro. Los síntomas de su deficiencia se presentan primero en las hojas más jóvenes, como palidez y clorosis. En casos severos, toda la hoja es blanquecina, aunque tiene una ligera coloración verde en las nervaduras. La deformación de las hojas es frecuente. La hoja puede tener forma de correa y presentar agostamiento apical prematuro. En casos de deficiencia menos severa, la hoja puede ser dentada o lobulada. En deficiencias moderadas, las nervaduras son mucho más verde oscuro que el área internerval, pero las hojas tienen, cuando jóvenes, consistencia de papel. El agostamiento marginal y apical es generalmente restringido a la mitad más alejada de la hoja y es diferente del agostamiento marginal causado por otras deficiencias.

Manganeso. En la deficiencia de este elemento, las hojas jóvenes muestran una acentuada clorosis internerval, pero mucho más difusa que en la deficiencia de hierro. A medida que la hoja madura, este síntoma es más característico. La deformación de las hojas es frecuente. Cuando la deficiencia es aguda, las hojas jóvenes casi no tienen color y a veces presentan áreas empapadas de agua que mueren pronto. Los síntomas más fácilmente reconocibles para la diagnosis son la clorosis indistinta en las nervaduras y el agostamiento apical y marginal.

Cobre. Los síntomas de deficiencia se observan primero en las hojas jóvenes, las que muestran una reducción característica en tamaño. En casos severos, las hojas jóve-

nes son de un color olivo pálido en las que ocurre, casi invariablemente, una destrucción de los tejidos en el ápice. No hay un síntoma marcado asociado con la deficiencia de cobre, pero las hojas pequeñas apicales con ápices marchitos son muy características y fáciles de reconocer. Las hojas más viejas pueden presentar un agostamiento en forma de manchas aisladas, a lo largo de los brotes. Estas áreas aisladas no se unen muy rápidamente para producir un agostamiento continuo, como en la mayoría de las otras deficiencias.

Zinc. Los síntomas de deficiencia de zinc se observan primero en las hojas más jóvenes y pueden ser identificados mientras las hojas tienen menos de una pulgada de largo. Las nervaduras más pequeñas son muy prominentes y de color rojo oscuro y las áreas internervales deformadas. A medida que las hojas maduran, estas áreas se ponen más pálidas o de color blanco crema, dando a ésta un aspecto muy característico. En el caso de una deficiencia severa, las hojas son demasiado agostas y presentan un estrechamiento cerca de su base. Frecuentemente son curvadas en forma de hoz, de manera que en el Africa Occidental la deficiencia de zinc se denomina "Sikle leaf".

Boro. La deficiencia de boro ejerce su efecto en los puntos de crecimiento y en las hojas más jóvenes. En deficiencias severas las hojas son pálidas o blanquecinas, vueltas hacia atrás en la punta o torcidas en espiral y enrolladas hacia el ápice. Cuando estas hojas se endurecen son gruesas y duras al tacto y caen prematuramente.

Molibdeno. Cuando existe deficiencia de molibdeno las hojas más jóvenes tienen aspecto amarillento, con nervaduras algo más verde oscuro. Las hojas más viejas presentan también agostamiento marginal. Las hojas deficientes en este elemento acumulan un elevado contenido de nitrato debido a que el molibdeno es necesario para la fase de reducción del nitrato en el metabolismo del nitrógeno.

Clave para identificar deficiencias nutricionales en cacao (según P. de T. Alvim)

Plantas medianamente cloróticas

- | | |
|--|------------------|
| 1. Hojas verdes pálidas, de tamaño reducido, a menudo necróticas. (Común en cacao sin sombra y con malas hierbas). | <i>Nitrógeno</i> |
| 2. Hojas de color verde pálido, tamaño normal, venas pálidas. (No es común en el campo). | <i>Azufre</i> |
| 3. Hojas nuevas amarillas, tamaño normal, hojas viejas verdes. (Común en suelos de aireación deficiente, carentes de materia orgánica, o altamente alcalinos). | <i>Hierro</i> |

Clorosis moteada entre las venas

- | | |
|--|------------------|
| 1. Hojas verdes de color verde pálido en las áreas intervenales y en los márgenes, pero nunca a lo largo de las venas. (No es común, excepto en suelos altamente alcalinos). | <i>Magnesio</i> |
| 2. Hojas nuevas de color verde pálido en las áreas intervenales y en los márgenes, pero nunca a lo largo de las venas. (No es común, excepto en suelos altamente alcalinos). | <i>Manganeso</i> |

Hojas necróticas

1. Hojas viejas con márgenes necróticos; línea divisoria entre el tejido necrótico y el sano pronunciadamente ondulada. (Común en suelos arenosos ácidos muy lixiviados). *Potasio*
2. Hojas nuevas con áreas necróticas intervenales simétricas a uno y otro lado del nervio principal. Caída prematura de hojas. (No es común en el campo). *Calcio*
3. Hojas viejas con áreas necróticas. No hay caída prematura de hojas. *Magnesio*

Hojas nuevas deformadas

1. Hojas nuevas de tamaño reducido, curvas a espirales; lámina dura, quebradiza. (Se presenta ocasionalmente en suelos ácidos lixiviados). *Boro*
2. Hojas nuevas angostas con márgenes ondulados, lámina en forma de hoz, con clorosis entre las venas secundarias. Hojas viejas con manchas cloróticas a los lados de las venas principales. (Común en suelos alcalinos). *Zinc*
3. Hojas nuevas de tamaño reducido, comprimidas cerca del ápice; venas secundarias reducidas en número, distribuidas irregularmente; ápices necróticos. (No es común en el campo). *Cobre*

Ausencia de clorosis, necrosis o deformación foliar

1. Planta de tamaño reducido, hojas inferiores se caen tempranamente; en ocasiones necrosis cerca de los ápices de las hojas; algunas veces hojas de color bronceado. (Generalmente en suelos infértiles). *Fósforo*
2. Hojas nuevas angostas, transparentes; clorosis moteada pálida en las zonas intervenales. Hojas viejas con márgenes necróticos. (No es común en el campo). *Molibdeno*

SINTOMAS DE TOXICIDAD

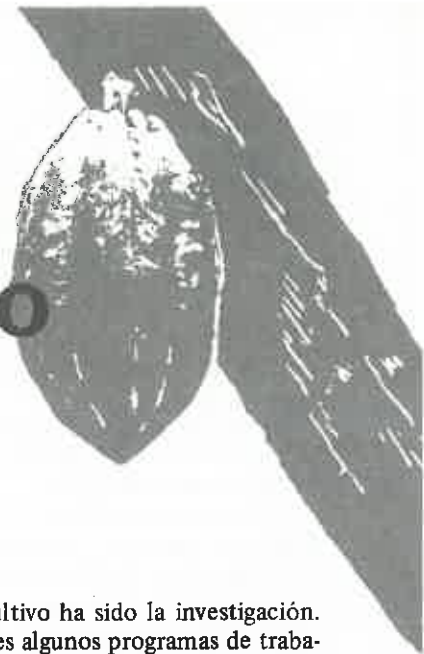
A fin de determinar los síntomas característicos de toxicidad, éstos fueron provocados artificialmente por algunos elementos y sales.

Sales. Cuando el árbol de cacao absorbe sales tales como cloruros, sulfatos, etc., en cantidad excesiva, éstas se acumulan en las áreas marginales internervales y ocasionan necrosis o agostamientos de los tejidos. Estas áreas se unen formando un agostamiento marginal continuo, que a menudo ha sido confundido con aquél causado por deficiencia de potasio. En efecto, aquella zona amarillo-brillante, de más o menos un milímetro de ancho entre los tejidos agostados y no agostados en casos de deficiencia de potasio, no ocurre en casos de toxicidad debida a una acumulación excesiva de esta sal.

La presencia de salinidad excesiva y deposición de sal originada por vientos en regiones cercanas al mar, causan síntomas de toxicidad en algunas áreas.

Otros elementos tales como boro, zinc, manganeso, aluminio, cobre, etc., producen efectos tóxicos característicos cuando son absorbidos en exceso. El boro causa agostamiento en hojas maduras y jóvenes y deformación en hojas recientemente formadas, que son pequeñas y vueltas hacia atrás. El zinc afecta la economía del agua en el interior de las hojas: produce islas empapadas entre las nervaduras, las que eventualmente adquieren un color café. El manganeso afecta las hojas jóvenes, produciendo áreas amarillo pálido y necrosis en las nervaduras. El aluminio produce decoloramiento apical en las hojas más viejas.

V Mejoramiento



El factor más importante en el desarrollo del cultivo ha sido la investigación. Sin embargo, ésta ha tenido grandes fluctuaciones, pues algunos programas de trabajo, tanto en mejoramiento como en otras áreas del cultivo, en la actualidad se han reducido considerablemente o han desaparecido. Por ejemplo: El "West African Cocoa Research Institute" (WACRI), que mantuvo por muchos años el liderazgo de la investigación en Africa, hoy día no existe, pues se dividió en varios grupos. El Colegio Imperial de Agricultura Tropical en Trinidad (ICTA), ahora la Universidad de las Indias Occidentales, que ha sido por muchos años el pilar de la investigación cacaotera en América, está hoy reducido a casi nada y la colección de germoplasma que produjera este programa está prácticamente abandonada.

El IICA (Turrialba) mantuvo un programa de investigación muy importante para el desarrollo del cultivo de Centroamérica y algunas otras regiones americanas. Hoy, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) mantiene la colección pero muy poca investigación. Lo mismo podemos decir del programa que se desarrolló en Pichilingue, Ecuador, en donde inclusive se destruyeron algunas colecciones en el pasado. Otros programas como el de Brasil, por muchos años fue mantenido en forma reducida con investigación básica y poco personal altamente especializado; pero desde 1957, con la creación de la 'Comisión Ejecutiva del Mejoramiento del Area Cacaotera' (CEPLAC), los programas de mejoramiento del cultivo, así como los de fomento, han crecido hasta convertirse en uno de los más grandes del mundo.

Otros países tienen programas de investigación en diferentes grados de desarrollo y algunos países como México, han reiniciado en forma muy dinámica la investigación que había sido abandonada hace unos 20 años.

El cacao es aparentemente originario de la cuenca del Amazonas, es decir, de las zonas comprendidas entre Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, pues en estos lugares es donde se ha encontrado una mayor diversidad de la especie. Sin embargo, hay otros centros de dispersión de la especie muy importantes, como parte de la Cuenca del Río Orinoco y una buena sección de Mesoamérica, donde aún se pueden encontrar plantas en estado silvestre, con tipos de cacao con mucha variabilidad genética. En este último lugar es especialmente importante el tipo de cacao llamado Criollo. Además, fue donde originalmente se domesticó la especie, puesto que los habitantes de estas regiones fueron los únicos que le dieron un uso económico a la almendra de cacao y aún más la usaron como moneda antes de la llegada de los españoles a América.

En América del Sur, cada lugar o río tiene una forma básica de mazorca que va variando ligeramente 'río abajo', hasta encontrarse una gran variación en tamaños y formas. En la zona del Bajo Amazonas el tipo de mazorca más común es el amelonado, de frutos redondos más o menos grandes, con surcos muy poco profundos y en general bastante lisos, como veremos más adelante.

En la zona del Orinoco, las mazorcas son pequeñas y se les da el nombre de calabacillos, pero tienen la misma forma básica del amelonado. En la parte norte del Brasil y las Guayanas, las mazorcas conservan las mismas formas básicas, variando de tamaño solamente.

En los ríos tributarios de la parte sur del Amazonas la forma predominante de la mazorca es la redondeada, que termina en punta o en forma de mamas, dándoles un aspecto bastante típico.

Las formas básicas de las mazorcas de cacao encontrados en Mesoamérica son más bien alargadas. También predominan en esta zona los frutos de color rojo, mientras que en el Amazonas los frutos son verdes.

Antiguamente al cacao se lo conoció con varias subespecies, debido a que su clasificación más que nada se hizo en función de la forma de la mazorca. Tan pronto se comenzaron a cruzar los diferentes tipos, se hizo evidente que no existía ninguna barrera genética y actualmente se considera que todas las formas de mazorcas no son sino extremos de la enorme variabilidad que se conoce.

El cacao es una especie altamente alógama, pues se estima que su polinización cruzada está por encima del 95 % . La mayoría de esta polinización la realiza una población entomológica bastante especializada, sumamente pequeña.

Varios factores contribuyen a que el cacao tenga este tipo de polinización: a) la morfología de la flor la cual cuenta con un pétalo con una modificación en forma de concha que recubre el estambre, especialmente las tecas, que miran hacia afuera; esta disposición floral previene la autopolinización; b) la posición protectora de los estaminoides o estambres modificados, que por un lado protegen o separan los estambres verdaderos y por otro obliga en la polinización a los insectos a bajar por sus filamentos y c) la incompatibilidad (aunque los autores aún no están muy de acuerdo), que parece ser esporofítica, impide la autofecundación de la planta y la polinización cruzada de algunas plantas entre ellas cuando tienen los mismos factores genéticos. Existe cierta evidencia de que puede haber incompatibilidad gametofítica.

Esta característica de la incompatibilidad y su conocimiento ha tenido una importancia muy grande en el desarrollo del cultivo.

Horland, en 1923, fue el primero en informar sobre un tipo de árbol que no producía y que llamó "cacao macho"; él motivó su afirmación en una completa esterilidad de las anteras. Pound, en 1931, confirmó el hecho y probó varios árboles que tenían la característica e informó que casi no producían mazorcas bajo autopolinización, pero supuso que esta incompatibilidad estaba sujeta a cambios ambientales y que un árbol bajo cierto ambiente puede cambiar su condición. Voelcker, en 1936, separa los árboles en forma práctica en autocomponentes (AC) y en autoincompatibles (AI).

Más tarde Knight y Rogers, Cope, Sanclemente, Pandey, etc., desarrollan teorías para explicar la incompatibilidad en cacao. (Vease información sobre el tema en las páginas 32 a 44).

El cacao tiene 20 cromosomas, por lo tanto se considera como base $n=10$. En los últimos años, sin embargo, se ha dudado de que sea un diploide normal, teniendo cierta evidencia de ser un poliploide. En tal caso y si esto se llegara a comprobar,

se diría que el cacao es un tetraploide con base $x=5$. Al momento no hay aún base genética científica adecuada para comprobarlo.

Por su origen y características genéticas, al cacao se lo ha clasificado en dos tipos genéticos: el Criollo y el Forastero. Se han tipificado como Criollos los cacaos de "buen sabor" o de alta calidad y los Forasteros de "mal sabor" o baja calidad. Existen algunas otras características anatómicas o morfológicas de estos tipos que los distinguen, tales como: arquitectura de la planta, tamaño de las hojas y su color, formas, grosor y rugosidad de la mazorca, color de la almendra, rusticidad y, algo muy importante, el sabor (Cuadro 14).

Cuadro 14. Algunas características que distinguen los cacaos criollos de los forasteros

TIPOS GENETICOS DE CACAO		
	Criollo	Forastero
Arbol	Débil - pequeño	Robusto, muy grande
Hojas	Grandes, verde oscuro	Pequeñas verde claro
Mazorcas	Cundeamor, angoleta	Amelonado, calabacillo
Cáscara	Fina, suave	Gruesa - dura (excepcional)
Superficie	Rugosa	Lisa
Almendras	Blancas, redondeadas	Pigmentadas, aplanadas
Pestes	Susceptible	Resistentes (rústicas)
Sabor	Fino	Ordinario (excepción el "Nacional")
Adaptación	Pobre, limitada	Muy buena, amplia

Sin embargo, resulta algo artificioso, cuando se establece que el cacao de "buen sabor" (sabor arriba) o alta calidad denominado "Nacional" de Ecuador, es más parecido o corresponde al tipo de cacao Forastero y dentro de su población se encuentran tipos con almendra blanca ('EET-19'), la cual siempre se le adjudicó al tipo Criollo. Además, en la colección de Ecuador existen tipos de cacaos Forasteros del Alto Amazonas, todos con almendras blancas. Estos tipos no se deben confundir con el "Catongo" o el "Almeida" de Brasil, que se conoce son mutaciones recientes de una población de Forasteros típicos de Bahía, que tienen las almendras y todas las partes florales sin pigmentación.

Entre estos dos tipos de cacao Criollo y Forastero se sitúa el tipo Trinitario, que es el cacao que más se cultiva en América y que no es sino el resultado de una mezcla de los tipos anteriores. Se supone que este tipo se formó en la Isla de Trinidad o fue donde se le describió por primera vez.

Por mucho tiempo los investigadores cacaoteros han venido clasificando al cacao por medio de la forma de la mazorca, para lo cual se han descrito cuatro formas básicas: Angoleta, Cundeamor, Amelonado y Calabacillo, cuya descripción

se puede encontrar en cualquier texto antiguo de cacao. Con la enorme cantidad de cruces entre tipos de diferente origen geográfico, hoy en día se considera más bien como uno de los mejores medios para identificar cultivares en lugar de identificar tipos genéticos, pues todas sus formas pueden ser encontradas en poblaciones típicas de diferentes lugares y en los híbridos. Por ejemplo, de dos tipos Forasteros del Amazonas, es fácil encontrar árboles con mazorcas del tipo que antes se consideraba como exclusivo para los Criollos. Ejemplo: EET 400 x SCA 6.

La mejor fuente de germoplasma en este momento se encuentra en Trinidad, aunque en los últimos años se han realizado una serie de viajes de colección de material por parte de Ecuador, Colombia y Brasil y se ha concentrado mucho material genético en estos países. Lamentablemente, no hay aún una buena información de todo este germoplasma.

Otra fuente importante de germoplasma ha sido extraída del área del Río Orinoco y algunos de sus afluentes y la mayor parte de este material se encuentra en la Estación Experimental de Caucagua, en Venezuela. Esa zona ha sido fuente de algunos materiales con resistencia o tolerancia a algunas de las pestes del cacao.

Mesoamérica fue indudablemente la principal fuente de material genético del pasado, pues toda esta zona se ha caracterizado por tener material tipo criollo y de aquí se ha tomado una buena base para las colecciones de Trinidad y Turrialba. Actualmente, La Selva Lacandona parece tener una buena fuente de material genético, pero que aún no se ha explorado adecuadamente.

La colección de cacao de Turrialba quizá no se puede considerar como de las más extensas, pero se considera como una de las más ricas en material promisorio, puesto que recoge lo mejor del material de toda América (Cuadro 15), siendo por lo tanto un lugar donde se efectúan estudios genéticos básicos de la especie. Lamentablemente aún no ha podido ser explotada completamente esta colección.

Casi todos los otros países donde se cultiva el cacao cuentan con colecciones, que en unos casos pueden ser selecciones locales y en otros casos pueden ser introducciones.

Es importante anotar que hasta los años cincuenta, las variedades criollas tanto de México como de Guatemala y Nicaragua, tenían una importancia sobresaliente en toda América Cacaotera, pero desde esa época, en que se descubrió que eran muy susceptibles a varias enfermedades y que eran de pobre adaptación a otros lugares, se han venido perdiendo casi por completo, sin que se haga ningún intento por recobrar y preservar estos materiales.

Las colecciones de cacao han servido a los programas de mejoramiento que se han desarrollado en varios de estos países. Los primeros pasos que se dieron en el mejoramiento del cultivo fueron seleccionar tipos sobresalientes en varias características, entre las que se han considerado:

1. Rendimiento:
 - a) Número de mazorcas.
 - b) Peso de las almendras.
2. Calidad del cacao:
 - a) Sabor del chocolate.
 - b) Tamaño de la semilla.
 - c) Porcentaje de grasa.
3. Resistencia a las enfermedades más importantes en cada zona o área de cultivo.

Cuadro 15. Material clonal existente en el Banco de Germoplasma del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Número de selecciones por país.

Brasil		Costa Rica		Honduras		Perú	
BE	4	CC	95	BS	1	IMC	2
CAS	2	DIAMANTES	1	Cu	3	I. Q.	1
CATONGO	1	L.F.	3	M.T.	1	NA	1
COMP. TIP.	1	MATINA	1	T.J.	1	P	11
C. SUL	1	SCr	2			PA (Parinari)	5
EEG	6	STA CLARA	1	Indonesia		POUND	2
IAL	2	STICA	1	DR	2	SCA	3
JACA	1	U.F.	43	G	2		
LARANJA	1					Samoa	
MA	2	Ecuador		Jamaica		LAFI	
MOCORONGO	1	EET	29	G.C.	1		
PARA	1					Trinidad	
R.B.	8	Grenada		México		ICS	25
SIC	10	GS	3	LA ESMIDA	2	TSAN	1
SIAL	11			MEX	4	TSH	2
SM	1	Guatemala		P (particular)	7	TSHA	1
		S. G. U.	9	R.	30		
Camerun		Haití				Venezuela	
SNK	1	G. A.	1			CHUAO	2
						CNS	2
Colombia						O.C.	1
APA	2					PORCELANA	1
S. C.	6					P.V'	3
SPA	8					X-VERDE	1
						Origen Desconocido	
							3

4. Resistencia a las principales plagas del área.
5. Buena adaptación:
 - a) Suelos especiales.
 - b) Inundaciones.
 - c) Sequía.
6. Otras características especiales como mutaciones, aberraciones, etc.

MEJORAMIENTO PARA PRODUCCION

Se han desarrollado varios métodos para seleccionar cacao y se han considerado varios parámetros para calificar las características deseadas, pero las bases para las selecciones y el mejoramiento en general, fueron establecidas por Pound en 1931, 1932, 1933, en Trinidad. Luego, cada país o región adoptó los parámetros a su población genética y a las necesidades locales.

Cheesman y Pound, en 1934, establecieron las bases para el mejoramiento. Se estableció el Índice de Mazorca (IM), como el número de mazorcas necesarias para hacer una libra de cacao seco. (En la actualidad se usa el Índice expresado en kilogramos). También se estableció el Índice de Semilla (IS), como el peso promedio de una almendra seca y fermentada.

Originalmente, estos índices fueron establecidos de la siguiente manera: árboles que producen entre 50 y 100 mazorcas por año con un IM (libras) mayor de 7.5 y con un IS entre 1.5 y 1.8 g. Como se mencionó antes, estos límites no fueron adecuados para otras poblaciones como las Típicas Forasteras, en donde el IM es de 10 a 12 (libra) y el IS fluctúa de 1.0 a 1.2 g. Cada estación experimental estableció sus propios estándares para sus selecciones locales.

Las primeras selecciones de importancia que se conocen en el mundo son los Trinitarios del Colegio Imperial de Agricultura ("Imperial College Selection" ICS), que hoy día se llama Universidad de las Indias Occidentales. Este programa produjo selecciones que pronto se extendieron por todo el mundo, como el 'ICS-1', 'ICS-60', 'ICS-95', etc., que han servido de base para otros programas de mejoramiento. También de este lugar han salido selecciones provenientes de Ecuador, Colombia y Perú, que han influido definitivamente en los programas de mejoramiento y fomento de varios países africanos. Entre los más importantes se tienen algunos Na, Pa, IMC, etc. También de aquí provienen los clones Scavina, que tanta influencia tuvieron en los programas de mejoramiento de los países donde es un problema la "Escoba de Bruja" (*Crinipellis perniciosa*).

Más tarde se hicieron muy buenas selecciones como las UF y CC en Costa Rica, los EET en Ecuador, los SIC y SIAL en Brasil, los SPA y SC de Colombia, los Chuao, Choroni, Panaquirito, Playa Alta, etc. de Venezuela, los R (RIM) de México, SGU de Guatemala, DR de Indonesia, etc., para nombrar unos pocos.

El siguiente paso ha sido el de aprovechar estos materiales sobresalientes y en forma práctica, llevarlos a los agricultores, así:

Material reproducido asexualmente. Reproducción masiva de materiales sobresalientes para entregar directamente al campo o reproducción clonal por varios métodos: a) estacas o ramillas, para lo cual se desarrollaron métodos muy especiales, tanto en Trinidad como en Ecuador, Turrialba y en el WACRI; b) injertos; c) ácidos y d) cultivos de tejidos.

Familias reproducidas sexualmente. Esta forma de usar semilla de polinización abierta de familias de cruces de material amazónico, fue usada en Africa, puesto que los agricultores no aceptaron o no se acostumbraron al material clonal.

En los años 40, cuando se introdujo este material al Africa Occidental, se seleccionaron las descendencias de algunos cruces entre Amazónicos, puesto que tenían mejor tolerancia a la "Hinchazón del Brote", enfermedad que había hecho gran impacto en la producción africana. También se dió mucha importancia en las descendencias seleccionadas de este material, a la resistencia a la mazorca negra (*P. palmivora*). En algunas regiones se consideró también la tolerancia a la sequía, especialmente en Nigeria.

El WACRI hizo varias selecciones "T", provenientes de cruces entre clones 'Parinari' (Pa), Nanay (Na), Iquitos (IMC), Scavina; el código usado por el IFCC en Costa de Marfil fue el de NPA. En Camerún, los árboles seleccionados fueron denominados KHT, KHA, THA, que provenían de selecciones de padres SNK, de los Amazónicos y de Trinitarios, con unos pocos NPA.

Todo este material de semillas en el que se había observado siempre un mejor comportamiento de las cruces en las cuales se tenía un Amazónico, pronto se usó para producir semilla mejorada en forma de cruces simples, cruces dobles y retrocruces con sus F_2 y F_3 ; ha sido el material que se está repartiendo al agricultor en las diferentes áreas cacaoteras.

En Madagascar, así como algunas islas del Pacífico Sur, donde el material criollo tiene mucha importancia, se hacen esfuerzos por introducir material Trinitario de origen criollo para usarse en semilla sexual.

Semilla de selecciones clonales. En algunos lugares, debido a la falta de prueba de híbridos para hacer selecciones parentales, se ha entregado al agricultor semilla del material clonal existente, considerando que un buen clon puede ser un buen padre. Desafortunadamente, la mayoría de estos clones son AC, lo cual asegura que una buena cantidad de semilla debe ser autofecundada, por lo que las descendencias han tenido una depresión bastante pronunciada de la producción. Hubo algunas excepciones, como el clon "Catongo" de Brasil, cuya descendencia de autopolinización ha dado lugar a muy buenos clones.

Combinaciones de características a través de la hibridación. Con la finalidad de introducir características de resistencia a la "Escoba de Bruja" en líneas altamente productoras, en Trinidad se hicieron cruces entre clones ICS y dos selecciones SCA de Perú, que habían demostrado ser inmunes la una y altamente resistentes la otra. Como resultado de este proceso de cruzamiento se observó una gran precocidad para producir en el material híbrido y una alta resistencia a la enfermedad, heredada por las descendencias de los clones SCA. Este hecho abrió nuevos rumbos para la obtención de material mejorado y así todos los países comenzaron a investigar sobre "Híbridos de cacao".

El número de híbridos probados en el mundo es muy alto y los objetivos de la formación de éstos muy variados. En general, se busca obtener buenos rendimientos y resistencia a una o dos enfermedades presentes en el área. La mayoría de los centros de investigación han tenido éxito en este intento y hoy en día, se recomienda sembrar estos híbridos descendientes de dos padres de buenas características y buena habilidad combinatoria.

Un ejemplo de una falla en este método fue el de Ecuador, donde se descubrió en los años 60 que el 'SCA-6' y el 'SCA-12' habían perdido la resistencia al organismo que causa la "Escoba de Bruja" (*Crinipellis perniciososa*) y los híbridos formados por estos padres presentaron alta susceptibilidad a pesar de que hasta esos años habían demostrado inmunidad y alta resistencia.

Un ejemplo positivo es el encontrado con las descendencias del material resistente a "Mal de Machete" (*Ceratocystis fimbriata*) y a la "Pudrición Negra" de la mazorca (*Phytophthora palmivora*); en estos casos las descendencias han demostrado ser muy resistentes o tolerantes a estas enfermedades. También se ha encontrado que las descendencias de cruces con un padre resistente a "Buba Floral", se comportan como tales también en el campo. En general, los mejores resultados en los híbridos se han obtenido cuando se cruzan dos selecciones de origen muy diferente; por ejemplo: los Amazónicos con los Trinitarios o Criollos, los Amazónicos con los de Bahía, Brasil.

Actualmente, este material se conoce como 'Híbridos' interclonales y su uso se ha popularizado en todas las áreas cacaoteras. Para la producción masiva de semillas, se han aprovechado la característica de la incompatibilidad, creando jardines de producción de semilla con los clones seleccionados, en lugares aislados. Si uno de los padres es autoincompatible, todas las mazorcas formadas en estos árboles deben ser híbridas, si ambos fueran autoincompatibles, las mazorcas de ambos son híbridos.

Actualmente, la incompatibilidad es un problema que preocupa mucho a los productores de semilla híbrida certificada, pues bajo algunas condiciones, un solo híbrido sembrado en una extensión considerable podría tener problemas de polinización. Sin embargo, Enríquez y Cabanilla en 1969, demostraron que cuando uno de los padres es autocompatible del Tipo Sf Sf, ('ICS-1'), estos problemas se reducen a un mínimo, pero en la práctica es un riesgo que no debería correr el agricultor corriente. Para evitar estos problemas, en Costa Rica se produce un número alto de híbridos con una gama de padres bastante grande. Estos híbridos seleccionados han demostrado ser de alto rendimiento, tanto en Costa Rica como en otros lugares, y se recomienda sembrar mezclas de por lo menos cinco de ellos o el mayor número posible. Esto, además, se hace con la finalidad de entregar al agricultor la mayor amplitud genética posible para evitar sorpresas como la ocurrida en la Hacienda Clementina en Ecuador, donde se perdieron buenas extensiones de cacao por una enfermedad, cuando ésta se convirtió en epífita (*Ceratocystis fimbriata*), en material clonal susceptible. Para ser considerado como una selección dentro del grupo, debe haber producido un promedio por varios años y distintos lugares, mayor de 1.500 kg/ha de cacao fermentado y seco.

Familias endocriadas. Aunque se han probado en varios países las generaciones de autopolinización para mejorar la homocigosis de los clones, aún no se ha podido encontrar nada práctico; posiblemente esto se deba al efecto de la ploidia expresado anteriormente.

En la Costa de Marfil se han hecho pruebas de plantas haploides por poliembrión y luego duplicando los cromosomas con colchicina. Uno de los aspectos más importantes de estas plantas podría ser el de concentrar los genes para resistencia y calidad y otras características deseables, para formar híbridos más promisorios para el agricultor.

En Trinidad se informó sobre el trabajo de cruzamientos con plantas S_1 y SCA-6 de varios clones ICS, resultando los mejores clones el 'ICS-1', 'ICS-6', 'ICS-44' e 'ICS-70'. De Brasil también se conocen buenos resultados de cruzamientos entre S_1 de clones locales.

En Ecuador se llevaron a cabo varias autopolinizaciones para obtener la S_1 , S_2 y la S_3 y se han cruzado con clones de buena habilidad combinatoria como el 'SCA-6', para ver si hay ganancia. Los resultados de estos experimentos aún no se conocen.

MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A ENFERMEDADES

La lista de las enfermedades que atacan al cacao es considerable y muy diferente su consecuencia económica en distintos lugares. El propósito de este escrito es describir lo que se ha hecho en materia de mejoramiento para la resistencia a las enfermedades más comunes en el área.

Quizá la enfermedad más extendida es la "Podredumbre negra", causada por el hongo *Phytophthora palmivora*; lo sigue en importancia la "Escoba de Bruja", causada por el hongo *Crinipellis pernicioso*, enfermedad que se encuentra en la mayor parte de las zonas cacaoteras de Sudamérica y Trinidad. Las otras dos enfermedades de mayor impacto económico son la "Moniliasis", causada por el hongo *Monilia roleri* y el "Mal de Machete", causado por el hongo *Ceratocystis fimbriata*, esta última dispersa también en todas las áreas cacaoteras. La "Monilia" estuvo por

muchos años restringida a ciertas áreas de América del Sur, pero en 1978 se la descubrió en Costa Rica de donde se está expandiendo a los otros países de América Central y no tardará mucho en llegar a Méjico

Para el combate de la mayoría de estas enfermedades se han empleado químicos que resultan muy caros para el nivel del agricultor cacaotero de Centro y Sur América, especialmente cuando los precios del cacao fueron muy bajos. Con la finalidad de solucionar en parte este problema, los centros de investigación han estado buscando resistencia varietal para estas enfermedades y en algunos casos se ha contado con métodos bastante simples para seleccionar el material resistente. Con este objetivo se han realizado varios trabajos, que se pueden resumir así:

1. Selección de materiales resistentes o tolerantes a la infección natural en campos experimentales o en fincas afectadas por la enfermedad.
2. Colección de materiales resistentes en áreas cultivadas o silvestres.
3. Selección del material resistente de poblaciones sometidas a una inoculación artificial.
4. Reproducción del material para su uso, tanto como material clonal o incorporado en forma de híbrido, cruzados con padres de buena habilidad combinatoria.

Las inoculaciones artificiales como un medio para seleccionar material resistente, han sido usadas desarrollando técnicas específicas para cada enfermedad. Luego se ha tratado de conocer el mecanismo y la herencia de el o los factores que controlan la tolerancia o la resistencia. Como parte de este proceso es conveniente conocer detalladamente el ciclo de vida del organismo causante del disturbio.

Para la inoculación artificial con *P. palmivora* se han ideado varios métodos. Entre otros podemos enumerar los siguientes:

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Mazorcas separadas de las plantas. | 6. Ramas directamente en el árbol. |
| 2. Trozos de tejido de la mazorca. | 7. Inoculaciones a las hojas. |
| 3. Mazorca directamente en el árbol. | 8. Inoculaciones a las raíces. |
| 4. Plantitas provenientes de semillas. | 9. Inoculaciones a las semillas. |
| 5. Plantitas provenientes de ramillas. | |

La lista de material genético resistente es muy larga. Aquí se resumen solamente unos pocos, con la finalidad de orientar al mejorador (Cuadro 16).

Cuadro 16. Lista de material* que aparece como resistente a "Mazorca Negra" (*P. palmivora*).

Catongo	CC-42	SCA-12
ICS-1	EET-59	UF-11
ICS-6	EET-376	UF-12
IMC-67	Pound 7	UF-29
CC-41	SCA-6	UF-613

* Clones escogidos entre los más conocidos en esta zona.

Varios autores han tratado de dar una explicación genética al sistema de herencia de la característica de resistencia, pero sus resultados son contradictorios en algunos casos o las respuestas son diferentes cuando algún padre se cruza con otros diferentes. Hacen falta estudios genéticos más amplios para tener una idea más clara del sistema hereditario.

La enfermedad denominada "Escoba de Bruja" ha sido por mucho tiempo un problema muy grave para los cacaoteros de América del Sur, pues a comienzos del siglo devastó algunas plantaciones, obligando a la gente a cambiar de cultivo en muchos casos.

Varios trabajos se han hecho tendientes a encontrar resistencia a la "Escoba de Bruja", los cuales se pueden enumerar así:

1. Colección de materiales silvestres en las áreas de origen del cacao.
2. Selección de árboles resistentes (refractarios) en las zonas cacaoteras altamente infectadas.
3. Inoculación artificial en las plantitas creciendo en los viveros, con suspensión de esporas asperjadas al follaje y ramas nuevas.
4. Inoculación artificial a semillas pregerminadas, sumergiéndolas en una suspensión acuosa por un período corto de tiempo.
5. Combinación de algunos de estos métodos.

Siguiendo estos procedimientos, se descubrieron árboles que presentan resistencia ('SCA-12') o inmunidad ('SCA-6') a la enfermedad. Estos dos clones al ser cruzados con otros clones de mejores características agronómicas, revolucionaron el concepto de mejoramiento en cacao desde los años cincuenta, por haberse encontrado una expresión de vigor híbrido en cruzamientos artificiales con este material. Hasta hoy se usan estos clones como padres para hacer híbridos, debido a su buena habilidad combinatoria general. Lamentablemente, estos clones y todos los otros considerados como resistentes en Ecuador, perdieron sus características por los años 60, tal como se había mencionado anteriormente.

En el Cuadro 17 se resumen algunas de las selecciones con resistencia o tolerancia y que en alguna forma han demostrado ser buenas.

Cuadro 17. Clones seleccionados de entre los que aparecen como resistentes a "Escoba de Bruja" (*C. pernicioso*).

SCA-3	Silicia 1	Playa Alta - 1
SCA-6	EET-392	Playa Alta - 2
SCA-12	EET-399	Playa Alta - 4
SCA-24	EET-400	Playa Alta - 5

La "Moniliasis" del cacao es otra enfermedad que causa muchos estragos en las áreas donde está presente. El combate de la enfermedad se ha querido hacer más que nada por medios químicos, pero los resultados económicos no han sido satisfactorios, aunque el combate real en el campo ha sido bastante bueno. Desde hace algunos años, en Ecuador y en Colombia, se ha tratado de buscar resistencia varietal, para lo cual se han tomado datos de infección natural en el campo, con lo que se han encontrado algunos clones promisorios, tales como el 'EET-396', el 'EET-36', 'ICS-48'. También se ha demostrado cierta tolerancia o resistencia de los clones 'EET-19', 'EET-95', 'ICS-6', 'EET-48', por su comportamiento frente a otros clones. Más tarde, por medio de inoculaciones artificiales, se consideraron como promisorios los clones 'EET-381', 'EET-382', 'EET-387', 'EET-396' y 'EET-406', debido a la baja incidencia de la enfermedad.

En Turrialba se desarrolló un método por medio del cual se pudieron detectar diferencias bien claras en cuanto a incidencias y severidad de la enfermedad, bajo las condiciones locales. De acuerdo a la metodología aplicada, se pueden clasificar como clones resistentes al 'CC-210', 'EET-59', 'EET-48' y el 'CC-266', clones que se comportan más o menos en forma similar, tanto en severidad interna y externa como en cuanto a incidencia de la enfermedad. En un grupo denominado de tolerancia o reacción mixta, se agrupan los clones 'EET-400', 'UF-613', 'SPA-11' y 'SPA-9'. Se mencionaron como menos promisorios los clones 'EET-338', 'EET-397' y 'UF-11'. Algunos de estos clones, como se puede ver, son de interés puesto que además han demostrado ser resistentes o tolerantes a otras enfermedades.

La enfermedad denominada "Mal de Machete" ha tenido también un impacto económico de mucha importancia en plantaciones clonales uniformes, es decir, con poca variabilidad genética. La resistencia o tolerancia se ha detectado inoculando trocitos de madera con una suspensión de esporas. Este método, aunque permitió identificar resistencia en algunos cultivares, no tiene correspondencia con los datos de campo. Varios intentos se han hecho para estudiar su sistema genético, pero no hay consistencia en los resultados, llegando varios autores a concluir que se trata de más de dos pares de genes.

El Cuadro 18 resume los clones más importantes que han sido detectados como resistentes a la enfermedad.

Las colecciones de cacao se mantienen en forma de plantas vivas, pues la semilla no dura en estado viable mucho tiempo y es muy susceptible a cambios de temperatura. Naturalmente, las semillas maduras permanecen viables por 15 días. Se están haciendo esfuerzos por alargar estos períodos, pero los resultados no son tan alagadores, puesto que sólo se ha conseguido prolongar la latencia por unos pocos días más. Esto no permite preservar fácilmente germoplasma ni tampoco acumular

Cuadro 18. Clones seleccionados de entre los informados como resistentes a "Mal de Machete" (*C. fimbriata*).

IMC-60	EET-399	OC-71
IMC-67	EET-400	UF-613
PA-121	SPA-9	IMC-53
Pound 12	OC-61	UF-29

genes, por lo tanto es indiscutible la formación de Centros más o menos grandes para la preservación del germoplasma, en donde se pueda conservar la mayoría de la variabilidad de cacao.

Una forma de conservar germoplasma podría ser a través de la conservación del polen. Cabanilla y King en 1966, demostraron que se puede conservar por más de 300 días el grano de polen, por medio de un sistema de liofilización al vacío. Sin embargo, este método no prosperó mucho debido a la conservación simultánea de esporas de *Monilia rozeri*.

Los centros de investigación que han coleccionado estos materiales han tratado de describir el material existente. El primer intento de hacer una descripción completa del árbol de cacao o de establecer las bases de un catálogo, fue realizado en Turrialba, entre los años 1965-66. Estos estudios culminaron con la publicación de un Catálogo Internacional de Cultivares, el cual ha servido para que más tarde se estudie y se proponga una descripción botánica-comercial del árbol, que ya ha sido publicada.

Algunas de las conferencias internacionales recomendaron hacer un catálogo internacional bastante simplificado, en el cual se reúnan los mejores clones desarrollados en el mundo, el cual se publicó en 1981, junto con un catálogo completo de la colección de Turrialba.

CARACTERÍSTICAS GENÉTICAS CONOCIDAS

Debido a la falta de estudios específicos, en general se conoce muy poco sobre el mecanismo hereditario de las características del cacao; sin embargo, existe alguna información sobre características como la incompatibilidad, a pesar de haber alguna discrepancia entre los autores.

La mancha axial de la hoja fue estudiada en 1927 por Harland y Frecheville. Esta consiste en una pequeña mancha de color rojo en el punto de unión de la hoja al tallo principal. Esta coloración está asociada al color de la mazorca, de tal manera que una planta que tenga la mancha pigmentada a la unión axial debe tener la mazorca roja. Para esta característica ellos determinaron dos factores como responsables de la herencia.

La coloración del cotiledón fue estudiada en 1932 por Wellensieck, observando que la variabilidad está entre blanco y púrpura, con una amplia gama de colores intermedios. En esta característica parece estar envuelto un gen mayor, con dominancia para púrpura y recesividad para blanco.

El albinismo de la semilla fue descubierto en Ghana en 1946 y en Brasil en 1937. El clon "Catongo" de Brasil es una mutación que transmite la característica por autopolinización a su descendencia, es decir, el albinismo en todas las partes de la flor y la semilla. Al ser cruzado con un clon Criollo de almendra blanca, normalmente produce descendencia con alguna pigmentación. Este clon se comporta como muy buen padre, de habilidad combinatoria general alta y resistente a la "Mazorca Negra", bajo las condiciones del Brasil. El árbol descubierto en Ghana tenía el albinismo como característica heterocigota y luego de su estudio genético probó ser monogénico.

El enanismo en las descendencias de los clones SCA, ha demostrado estar gobernada por lo menos por dos alelos recesivos, en diferente loci, o sea en diferente posición, de acuerdo con Bartley (1966).

El mismo autor, en 1967, estudiando la herencia de la resistencia a la "Escoba de Bruja" en el clon 'SCA-12' y de los cruces con 'ICS-8' y 'SCA-6', concluye que la resistencia es determinada por varios factores complementarios y que podría haber un gene epistático, asociado a alguna característica morfológica.

Esquivel, en 1973, encontró que el escape a *P. palmivora* era heredable, lo que confirmaba lo que Toxopeus había encontrado, en el sentido de que la distribución de la cosecha durante el año era heredable. También consideró que la resistencia de campo del cacao a *P. palmivora*, considerado como el porcentaje de mazorcas infectadas naturalmente, está gobernado por una serie poligénica.

Gardella, Enríquez y Saunders, en 1981, encontraron que la resistencia a *Ceratocystis fimbriata* podría estar gobernada por varios pares de genes y que la reacción era tanto dominante como aditiva en partes proporcionales (31 y 32 %, respectivamente), determinando que los clones 'IMC-67' y 'SPA-9' deben tener genes dominantes para esa característica.

VI

Reproducción



MÉTODOS DE PROPAGACION VEGETATIVA

Los países productores se empeñan hoy en mejorar la producción de cacao en cantidad y calidad; sus esfuerzos se encausan a la formación de nuevas plantaciones y a la rehabilitación de las existentes, utilizando plantas obtenidas por propagación vegetativa, la cual favorece la conservación de árboles precoces a la fructificación, resistentes a plagas y enfermedades y con otras cualidades agronómicas que los hacen valiosos para la producción. La propagación vegetativa es de beneficio para los programas de mejoramiento genético, pues ayuda a conservar en forma más eficiente la pureza genética ganada y permite obtener resultados en un plazo más corto.

Muchos investigadores y propagadores de cacao se han preocupado en desarrollar metodologías de propagación vegetativa eficientes y de bajo costo, favoreciendo el desarrollo agrícola e industrial del cultivo y aportando con ello un beneficio económico incalculable.

Moreno (1978) describe las principales ventajas de la propagación vegetativa así: a) La nueva planta conserva todas las características que se encontraron en la planta seleccionada. b) Su producción es precoz o temprana, comparada con la de la *semilla común*, pues los frutos se forman entre los 24 y los 36 meses después de la siembra. c) El desarrollo de la planta es relativamente menor comparado con el árbol de semilla, lo cual es conveniente para su mantenimiento. d) Permite mantener con seguridad las cualidades que se desean transmitir en los programas de mejoramiento.

Propagación Vegetativa por Estacas

El enraizamiento de estacas es relativamente dispendioso y requiere instalaciones especiales, explica Moreno (1978). Por esta razón ha correspondido a los gobiernos de cada país o algunas instituciones a nivel mundial desarrollar esta labor.

La tarea fue iniciada en Trinidad en 1930, por el Colegio Imperial de Agricultura Tropical con miras a adelantar un programa masivo de cambio de cultivos, dado que la propagación por estacas garantizaba la obtención de altos rendimientos y la buena calidad del cacao a partir de las selecciones "ICS". Otras regiones cacaoteras del mundo siguieron este ejemplo, desarrollando nuevas metodologías de propagación vegetativa.

Naundorf, 1950, en investigaciones realizadas para el enraizamiento de estacas de cacao ha empleado los siguientes métodos:

Método de inmersión breve: (realizado originalmente por Hitchcock y Zimmerman en 1939 para estacas de varios cultivos). Este método consiste en introducir la estaca en su extremo basal en una solución fitohormonal concentrada durante unos segundos y después plantarla en el medio de enraizamiento.

Método de polvo: originalmente recomendado por Stoutemyer en 1939. Este método consiste en introducir la estaca con su parte basal en una mezcla de talco finamente triturado y fitohormonas. Antes de plantar las estacas es necesario hacer un agujero en la arena, para no quitarle el polvo fitohormonal.

Método combinado: (empleado por vez primera por Amlong y Naundorf en 1938), consiste en hacer una lesión mecánica; se hacen dos incisiones verticales en la parte basal de la estaca y se introduce después ésta con su parte basal lesionada en una solución concentrada de fitohormonas, según el método de inmersión breve o en polvo de fitohormonas.

Método de planta madre: este método es el de acodo aéreo modificado, consiste en que en una rama de cacao (que puede ser semi-lignificada o lignificada) se hacen dos incisiones horizontales. Estas incisiones se untan con una pasta de fitohormonas, envolviéndolas después en algodón o musgo húmedo y con un papel impermeable, cuidando que el algodón permanezca húmedo durante 7 a 10 días, transcurrido este período se cortan las ramas que han iniciado la formación de callo. Estas ramas así tratadas y cortadas se ponen en arena para que terminen su enraizamiento.

SELECCION Y PREPARACION DEL MATERIAL

Erickson (1957) explica que se puede esperar éxito en el enraizamiento de las estacas, únicamente si el material ha sido cuidadosamente seleccionado.

Evans (1953) en trabajos realizados en Trinidad, prefiere los brotes cuyas yemas hayan madurado pero que aún estén verdes, así como los tallos, aunque en éstos debe notarse el proceso de cambio del color verde al gris parduzco. La opinión de algunos es que las ramas en este estado son aún muy jóvenes y que la madera debe estar algo más madura. Si el material tiene flores, la madera es ya demasiado vieja. Si por otra parte es floja y flexible, debe considerarse como demasiado joven.

Moreno (1978) menciona que se pueden usar varios tipos de estacas para la propagación, dependiendo de su procedencia, pudiendo ser de ramas abiertas o de abanico y de chupón; a continuación se da una descripción de cada una:

Estacas de ramas: son las que se obtienen de ramificación abierta semejantes a un abanico, escogiéndolas de las ramas jóvenes de la parcela o huerto establecido con este fin. El sistema radical de este tipo de rama es poco profundo en sus primeros años, pero a medida que avanza la edad se desarrolla algo similar a un pivote principal que profundiza en el suelo dando mayor estabilidad.

Estacas de chupón: se obtienen de chupones de la planta y ofrecen la ventaja de que su formación es parecida a la de un árbol procedente de semilla, esto permite un

manejo fácil en relación con el árbol formado a base de una rama corriente; el sistema radical, sin embargo, es similar al anterior.

Erickson (1957) menciona que es posible usar los dos últimos brotes de las ramas como material de propagación. Nunca deben exponerse al sol las ramas cortadas. Si se va a tardar algún tiempo antes de colocar las estacas en el propagador se recomienda colocar las ramas en depósitos con agua o envolverlas en una tela mojada. Las estacas generalmente se preparan temprano en la mañana para evitar que se sequen.

Hardy (1961) afirma que las mejores estacas se obtienen de las ramas interiores y sombreadas del árbol. Una estaca corriente tiene de 4 a 5 hojas, o un máximo de 8 a 9 cuando hay abundancia de material. La estaca debe separarse de la rama por medio de un corte perpendicular al eje de la rama, usando una cuchilla bien filosa. Si el corte se hace inclinado, las raíces pueden aparecer únicamente en el lado inferior.

No parece importante el sitio donde se hace el corte: si en el centro de un entrenudo o justamente antes o después de un nudo.

Evans (1953) indica que el recorte en las hojas no se hace para reducir la transpiración, sino para facilitar la entrada de la luz hasta las hojas inferiores de la estaca y para facilitar el acomodo de las estacas en el medio enraizante.

Evans (1951) ensayó sin efecto la práctica de heridas en las estacas, para estimular el enraizamiento. Esto muchas veces provocó infección y descomposición. Ensayó también incisiones de media pulgada en el corte del extremo inferior de la estaca, insertando allí un cordel para mantener separadas ambas mitades. Su idea fue la de aumentar la superficie de tejidos expuestos para facilitar el enraizamiento, pero esto no significó ninguna ventaja.

También Evans (1953) ha comunicado varios importantes principios fisiológicos aplicables a la propagación del cacao por estaca. Los carbohidratos no circulan de la parte de una hoja expuesta a la luz a la parte que queda en la sombra. Por lo menos de un 10 a un 15% de las hojas son indispensables para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis necesario para mantener la vida de la planta. Una cuarta parte de la hoja es suficiente para estimular el crecimiento de las raíces hasta alcanzar una pulgada de longitud en una estaca de una sola hoja, pero no es suficiente para estimular el desarrollo de raíces en estacas de 9 a 12 pulgadas de longitud.

REGULADORES DEL CRECIMIENTO

El uso de las hormonas en la propagación de cacao por estacas es una práctica muy conocida y popular en todos los países donde se hacen plantaciones clonales. Por lo general se utiliza como estimulante del enraizamiento el ácido indolbutírico en soluciones hidroalcohólicas, mezclado con talco o en preparaciones comerciales, como el *Hormodin* de la Casa Merck.

Alvim y Duarte (1954) mencionan que la mayoría de las recomendaciones encontradas en la literatura sobre hormonas para enraizamiento, se basan en ensayos preliminares donde solamente se incluyó un limitado número de tratamientos. Evans (1951) ha hecho un estudio más extensivo, con gran número de tratamientos, y en sus conclusiones finales recomienda la mezcla de ácido indolbutírico al 0.3% con ácido naftalenoacético al 0.3%, en alcohol al 50%, como la fórmula más favorable para el enraizamiento de estacas de cacao. Sin embargo, esa recomendación del

autor sólo se puede aceptar con reservas, ya que los resultados experimentales no han sido sometidos al análisis estadístico.

En investigaciones realizadas por Alvim y Duarte (1954) con diversas fitohormonas (ácido indolbutírico, ácido naftalenoacético, naftalenoacetamida y el producto comercial *Hormodín No. 2* a base de ácido indolbutírico) para favorecer el enraizamiento de estacas de cacao, la más eficiente como estimulante del enraizamiento fue el AIB (ácido indolbutírico). Como conclusión general se recomienda como mejores: las fórmulas con 0.7 ó 0.8% de ácido indolbutírico en mezcla de talco con *Phygon* (a base de dicloro naphthoquinona a 50%) o SR-406 (ambos fungicidas orgánicos) en la proporción de 3:1.

Mora Contreras (1956) realizó investigaciones sobre enraizamiento de estacas basándose en las fórmulas recomendadas por Alvim y Duarte (1954) y Evans (1951), para compararlas con el *Hormodín No. 2*, generalmente usado para enraizamiento y cuya materia activa es el ácido indolbutírico, y con el *Seradex B-3* de ingredientes no especificados, resultando la mezcla de Alvim y Duarte como la más efectiva.

A continuación se describe como preparar 100 gramos de la mezcla recomendada por Alvim y Duarte: a) Diluir 700 miligramos de ácido indolbutírico en 50 centímetros cúbicos de alcohol absoluto. b) Mezclar con 65 ó 70 gramos de talco inerte, utilizando un recipiente de loza o vidrio y un bastonete agitador también de vidrio, hasta la formación de una pasta homogénea. c) Dejar secar a la sombra durante uno o dos días. d) Adicionar 30 ó 35 gramos de *Phygon* (fungicida a base de dicloro naphthoquinona al 50%) y mezclar hasta la formación de una mezcla homogénea. e) Guardar en recipiente cerrado de metal o vidrio, evitando la humedad.

Cabrera Villa y Soto Rosales (1962), en un trabajo de investigación realizado en México, informan que la miel de abeja (rica en auxinas), en una concentración de 7.5%, utilizada como estimulante de la formación de raíces en estacas de cacao, aparentemente no influye en la longitud de raíces, pero sí en el porcentaje de enraizamiento (83,3%) y en la uniformidad de los clones con los que se trabajó. El método usado para impregnar las estacas fue el de inmersión prolongado por un período de 18 horas.

MEDIOS ENRAIZADORES

Los principales objetivos del medio de enraizamiento son dar soporte a la estaca en el propagador y proveer de humedad y aireación a toda la planta, incluida su parte radicular.

Erickson (1957) menciona que siempre existe el peligro de que el medio enraizador pueda saturarse de agua. Con un medio enraizador propenso a la saturación se origina una escasez de aireación, se producen formaciones callosas que emergen de las lentículas en la parte inferior del tallo y las estacas no pueden sobrevivir.

La disponibilidad de un determinado material probablemente es el factor que más influye en la decisión sobre el tipo de medio enraizador que se ha de usar.

Pérez (1954) en Colombia, ensayó varios medios de enraizamiento: cáscara de arroz (fresca y vieja), arena, aserrín (fresco y viejo), carbón vegetal y madera podrida. Bajo las condiciones de este experimento, el mejor enraizamiento se obtuvo con cáscara de arroz fresca.

García (1954) comparando resultados de enraizamiento entre pergamino (cáscara) de café y aserrín, obtuvo mejor resultado con el primer producto.

Erickson (1957) menciona que el aserrín es un medio enraizador ampliamente aceptado y usado en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (actualmente Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) en Turrialba, Costa Rica. En vez de aserrín fresco, se recomienda usar aserrín muy lavado, desprovisto de resinas tóxicas. Si hubiese problemas con el desagüe se pueden usar mezclas de arena con aserrín.

Evans (1951) usó los siguientes medios de enraizamiento para estacas con una sola hoja, bajo rocío continuo:

Pizarra triturada	86%	de enraizamiento
Erythrina podrida	60%	“ “
Vermiculita (grano fino)	51%	“ “
Vermiculita (grano mediano)	66%	“ “
Vermiculita (grano grueso)	81%	“ “
Vermiculita (“exflor”)	93%	“ “
Compuesto de cáscara de café (fresca)	75%	“ “
Arena silícea gruesa	95%	“ “

Sin embargo, a pesar de los resultados observados, los medios para enraizamiento de origen orgánico y la vermiculita se descomponen rápidamente, con la consiguiente alteración de la estructura y pérdida de aireación. La pizarra triturada y la arena silícea no fueron afectadas.

Pyke (1934) hizo ensayos comparativos entre musgo, arena fina blanca, arena fina blanca mezclada en partes iguales con arena de río, y finalmente arena semicalcárea. Usó estacas de un mismo clon para todos los medios. Las arenas de grano fino se regaron cada catorce días, mientras que el musgo y la arena cuarcífera fueron regadas cada tres días. Los mejores resultados los obtuvo con arena semicalcárea; el musgo demostró ser un medio definitivamente malo, las mezclas de arena tuvieron un efecto claramente deletéreo y las estacas sembradas en arena fina tuvieron tendencia a pudrimiento de las bases.

Cooper y Stoutemyer (1945) explican que la arena es el medio más usado por requerir menor cuidado en el riego. También dicen que la arena de río o de playa son perjudiciales por su alto contenido calcáreo. Recomiendan mezclas de arena y turba, teniendo especial cuidado con el riego. Para reemplazar a la turba en la mezcla con la arena sugieren el uso de fibra de coco, hoja podrida, aserrín, cáscara de maní, carbón de leña o espinas de pino.

Escamilla, Paredes y Buchwald (1948) compararon el suelo franco con el suelo mezclado con materia orgánica, combinando estos tratamientos con diferentes cantidades de corte en las hojas de cada estaca. Para las estacas con un cuarto de hoja, sembradas en suelo con materia orgánica, obtuvieron un 100% de enraizamiento. Emplearon sólo diez estacas por tratamiento, lo cual no permite llegar a conclusiones definitivas.

Paredes y White (1952), obtuvieron los siguientes porcentajes de enraizamiento:

Aserrín	48 %
Aserrín - arena, nidos de comején y tamo de arroz	41 %
Madera descompuesta	31 %
Aserrín de balsa	28 %

Entre los medios que se pueden recomendar para el enraizamiento de estacas de cacao, Bowman (1950) considera la arena, el aserrín y la madera podrida.

Desrosiers y Buchwald (1952), Guerra (1952), Pacheco (1952), Ruiz (1952) y Zavala Gangotena (1952), recomiendan el aserrín como medio de enraizamiento con tres o cuatro riegos interiores diarios.

En Venezuela, el Centro de Propagación del Cacao en Acumare de la Costa usa una mezcla de aserrín, arena y tierra para el arraigo de las estacas.

García (1954) comparó el aserrín con el pergamino de café. Durante la primera semana se regaron las estacas tres veces al día, después sólo una vez, en las horas de mayor insolación. En el pergamino de café se obtuvo un enraizamiento del 66.35%, y en aserrín de madera 51.55%, esta diferencia es altamente significativa.

Una gran parte de los autores, especialmente Murray (1952), Bowman (1950) y Evans (1951), exigen de los medios para enraizamiento las siguientes características: a) Que retengan una gran cantidad de agua, b) Drenaje eficiente, c) Buena aireación.

FACTORES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales necesarias para el enraizamiento satisfactorio de estacas de cacao fueron investigadas por primera vez en el Colegio Imperial de Agricultura Tropical de Trinidad. Evans (1951 y 1953) las define de la siguiente forma:

- Suficiente área foliar que asegure la producción de bastantes carbohidratos por medio de la fotosíntesis, para satisfacer las necesidades del sistema radical en desarrollo y para la vida continua de la estaca.
- Intensidad adecuada de luz (por las mismas razones expuestas en la condición anterior).
- Una temperatura constante del aire entre 27°C y 29°C (80° y 84°F).
- Una atmósfera completamente saturada para asegurar máxima turgencia de las células de las hojas.
- Un medio enraizante apropiado, que permita aireación adecuada y libre drenaje, y que al mismo tiempo, provea suficiente humedad para mantener la turgencia de las células de los tejidos foliares.
- Ausencia de bacterias y hongos patógenos, así como de otros organismos nocivos, incluyendo los nemátodos que algunas veces infestan el medio enraizante.

- Presencia de hormonas de crecimiento en cantidad suficiente para estimular el desarrollo de raíces.

Hardy (1961) explica que el límite hasta donde puede reducirse el área foliar de una estaca de cacao, está determinado por la cantidad de tallo que acompaña las hojas al preparar la estaca. El área foliar es mínima en las estacas de una sola hoja que se emplean algunas veces en la propagación. El número corriente de hojas en la estaca es de 6 a 8, pero a menudo esas hojas se recortan a la mitad a fin de evitar el sombreamiento mutuo.

La cantidad mínima de luz a que pueden exponerse sin peligro las estacas de cacao depende de la temperatura del aire dentro del propagador.

Hardy (1961) menciona que para tener éxito en la propagación por estacas es necesario que el grado de fotosíntesis exceda ligeramente el grado de respiración, pues de lo contrario sobreviene la muerte de las estacas por carencia de carbohidratos.

A una temperatura de 32°C y una intensidad de luz de 100 bujías (que es menos del 1% de la luz solar total) las estacas sufren carencia de carbohidratos, mientras que a 27°C y 300 bujías no hay carencia de carbohidratos y ocurre un enraizamiento prolífico en un período de unas tres semanas. Es difícil separar los efectos de la luz de los de la temperatura dentro de las cámaras de propagación, ya que cuanto más alta sea la intensidad de la luz más alta será la temperatura.

Es imperativo mantener el aire dentro de las cámaras de propagación (humedad ambiental) a una saturación del 100% todo el tiempo. Esto no se puede lograr, sin embargo, con intensidades de luz completa del 7 al 10%, a menos que las estacas se rocíen con agua frecuentemente.

El que un medio enraizante sea o no apropiado, depende de la cantidad y frecuencia del riego. Medios constituidos por partículas sólidas separadas exigen mayor precisión en la cantidad y frecuencia del riego, que los medios cuyas partículas son porosas y contienen espacios con aire, como por ejemplo vermiculita, aserrín descompuesto, cáscara de arroz, cáscara de café y fibra de coco (Hardy, 1961).

Evans (1953) explica que el resultado del enraizamiento depende en gran parte de la composición del aire que está en contacto con la superficie cortada. En el aire saturado con vapor de agua el cambium produce un cojinete calloso, el cual, si es muy grueso, retarda mucho la iniciación y desarrollo del primordio radical.

Para un enraizamiento rápido satisfactorio es esencial que las relaciones de humedad del aire del medio enraizante se regule cuidadosamente para mantenerlas en estado óptimo.

El medio más satisfactorio parece ser el aserrín ordinario de balsa (como el que se usa en Ecuador), siempre que se le renueve con frecuencia.

El ataque de patógenos (hongos principalmente) es generalmente más rápido cuando los espacios intercelulares de las hojas de cacao se llenan de agua. Para evitar o reducir la infección patógena, el medio enraizante debe esterilizarse o desinfectarse con fungicidas apropiados. Algunos productos tales como Zerlate y Fermate se han encontrado particularmente efectivos para el control de las enfermedades de los propagadores.

Observaciones efectuadas durante los últimos años han mostrado que el enraizamiento de estacas de cacao empleando los diferentes tratamientos de fitohormonas con lesiones mecánicas o sin éstas, es completamente diferente en las diversas épocas del año y que los diferentes estados de desarrollo de la rama del árbol que se

emplee (estacas herbáceas, semi-lignificadas o lignificadas), desempeñan un papel muy importante en este enraizamiento.

Naundorf citado por Rendón Araujo (1953) expone que los principales factores que influyen en el enraizamiento de cualquier estaca son: luz, temperatura y humedad, sustancias nutritivas, el pH, las fitohormonas de división y distensión celular, edad y estado de la estaca, edad del árbol y estímulos traumáticos.

Rendón Araujo (1953) en una investigación realizada en Palmira, Colombia, sobre la influencia de las estaciones y del estado de la estaca sobre el enraizamiento llega a las siguientes conclusiones:

- La mejor época para enraizar estacas de cacao es la de sequía, pues se consigue en ésta un mayor porcentaje de estacas enraizadas.
- Las estacas cortadas de árboles sin brotación de yemas foliares, se enraizan mejor y con mayor rapidez que aquellas de árboles que están en plena brotación.
- De las tres clases de estacas: herbáceas, tomadas del último período de crecimiento; semi-lignificadas, tomadas del penúltimo período y lignificadas, del antepenúltimo, se enraizan mejor las herbáceas.
- Entre las estacas herbáceas, tienen mejor enraizamiento aquellas sin yema terminal.
- Las estacas de árboles jóvenes se enraizan mejor que las tomadas de árboles viejos.
- Las estacas con hojas jóvenes se enraizan mucho mejor y en un mayor porcentaje, que las estacas con hojas viejas o demasiado endurecidas.
- El mejor enraizamiento de las estacas herbáceas y de los árboles sin brotación, se explica por el mayor contenido de biotina, auxinas y nitratos.

TIPOS DE PROPAGADORES

Para el enraizamiento de estacas o ramillas de cacao es indispensable contar con una instalación similar a la de los semilleros pero acondicionada para proyectar sombra abundante y para colocar en su interior las cajas de propagación, es decir, los compartimentos donde se ponen a enraizar las estacas.

Al momento de elegir e instalar un propagador se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Considerar detenidamente las circunstancias locales.
- Escoger un lugar de preferencia cercano a una fuente permanente de agua.
- Procurar que este lugar también esté cercano al terreno donde se establecerá la plantación, para reducir el costo de acarreo del material al lugar de siembra.
- El propagador igualmente, debe quedar cerca a un jardín de árboles de clones seleccionados para facilitar la obtención de material de enraizamiento.

Propagador tipo Trinidad (Saint Augustine): es el tipo clásico de propagador diseñado en el "Imperial College" de Trinidad (Figura 6). Este propagador es esencialmente de concreto; cada una de sus secciones tiene 3 pies de largo (91.44 cm) por 2 pies 6 pulgadas (76.20 cm de ancho, con una tapadera ligeramente en declive, pues la parte posterior de cada sección que funciona como respaldo, tiene 3 pies (91.44 cm) de altura sobre el nivel del suelo y la parte del frente 2 pies 10 pulgadas (86.36 cm).

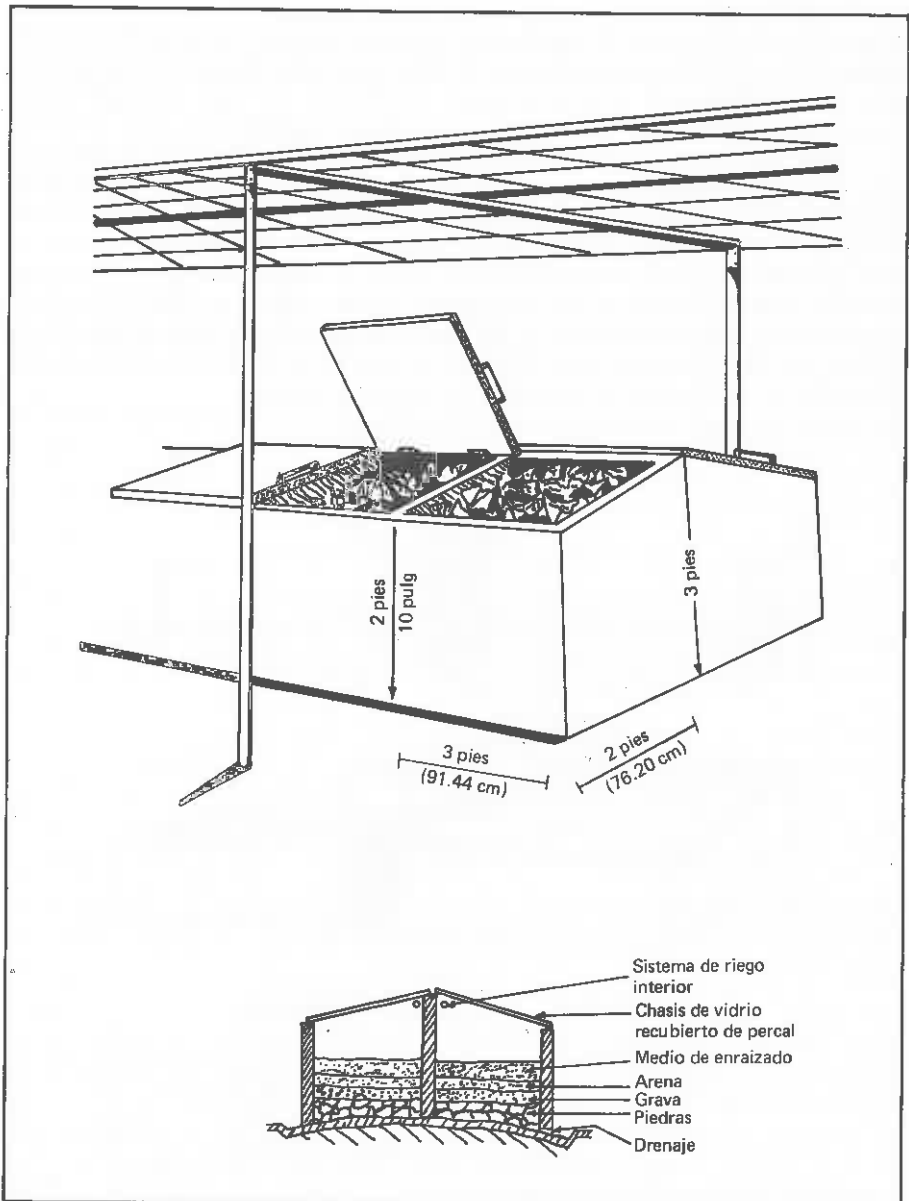


Figura 6. Propagador tipo Trinidad (Saint Augustine): A. Vista externa con medidas y características generales. B. Vista transversal interna.

En el fondo del propagador se usan piedras y grava, para asegurar el desagüe y como medio de enraizamiento, arena calcárea de 6 pulgadas de profundidad (15.24 cm). Las cámaras del propagador se protegen con marcos cubiertos con percal o con vidrios, sobre los que se tiende una doble capa de tela ordinaria de algodón; estas cubiertas deben mantenerse húmedas constantemente y el propagador debe estar siempre bajo sombra. Las estacas se humedecen a las 8:00 a.m., a las 12 a.m. y a las 4:00 p.m., hasta que el agua escurra por el agujero de desagüe en el fondo.

Propagador tipo Turrialba 2: fue diseñado especialmente por Alvim (1953) para los finqueros que no están en condiciones de hacer una fuerte inversión en estructuras permanentes (Figura 7). Este propagador consiste en dos cajas rectangulares de madera, sin fondo, de 2.5 m de longitud por 80 cm de ancho, con 30 cm de altura en la parte posterior y 25 cm en el frente. En medio de las dos cajas se construye una cuneta para el agua corriente de 2.6 m de longitud, 15 cm de ancho y 12 cm de profundidad. La cuneta se llena en forma automática por medio de una válvula con flotador, que puede desconectarse por las noches y durante la estación lluviosa. El agua gotea de una banda de gangoche, por acción de capilaridad, sobre la tela que cubre los marcos de madera del propagador, gracias a los 5 cm de diferencia de altura entre la parte posterior y la del frente de las cajas. El agua escurre por la cubierta de tela, corriendo hacia adelante sin gotear en el interior. Como medio enraizador se usa una capa de aserrín de 7 a 10 cm de espesor.

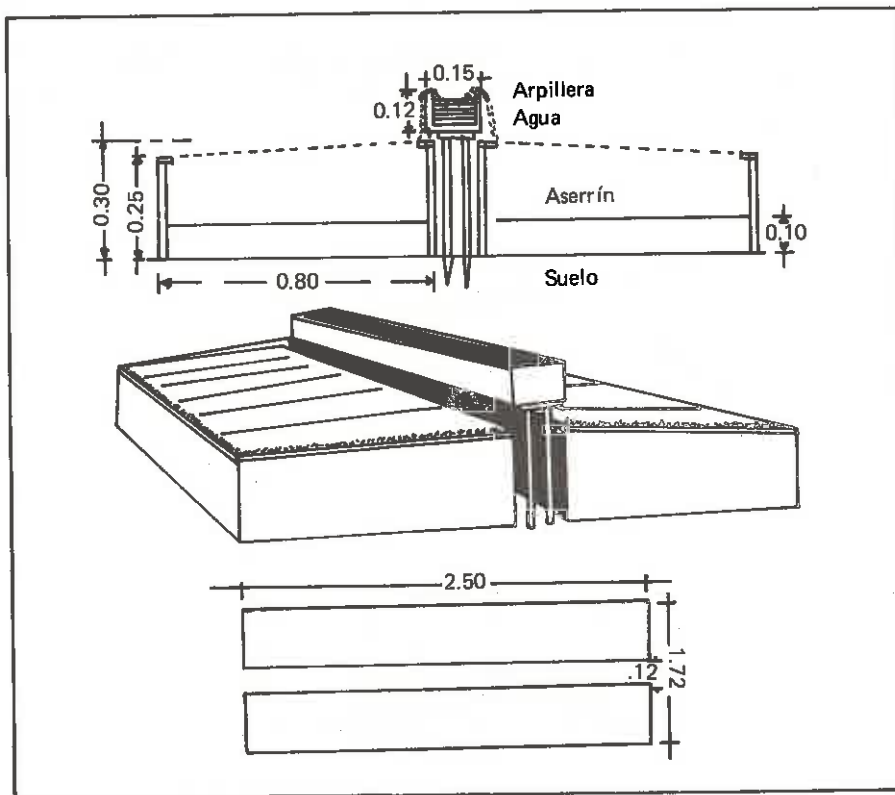


Figura 7. Propagador tipo Turrialba 2: vista transversal y longitudinal con componentes y medidas.

Propagador tipo Turrialba 3: también diseñado por Alvim (1953) es de tipo permanente y funciona en virtud de los mismos principios del Turrialba 2; pero está construido de concreto y sus dimensiones son más o menos las mismas que las del tipo Trinidad (Figura 8). El medio enraizador se coloca en artesas de madera que descansan sobre tacos de hierro que sobresalen de las paredes a 50 cm del nivel inferior. Las artesas se pueden colocar sobre soportes de madera, pero éstos pronto se pudren bajo las condiciones de humedad allí existentes. La unidad es de 3 m de longitud por 2 m de ancho, con un depósito también de concreto en el centro. Los marcos usados para cubrir las cámaras son de 0.95 por 1.00 metro.

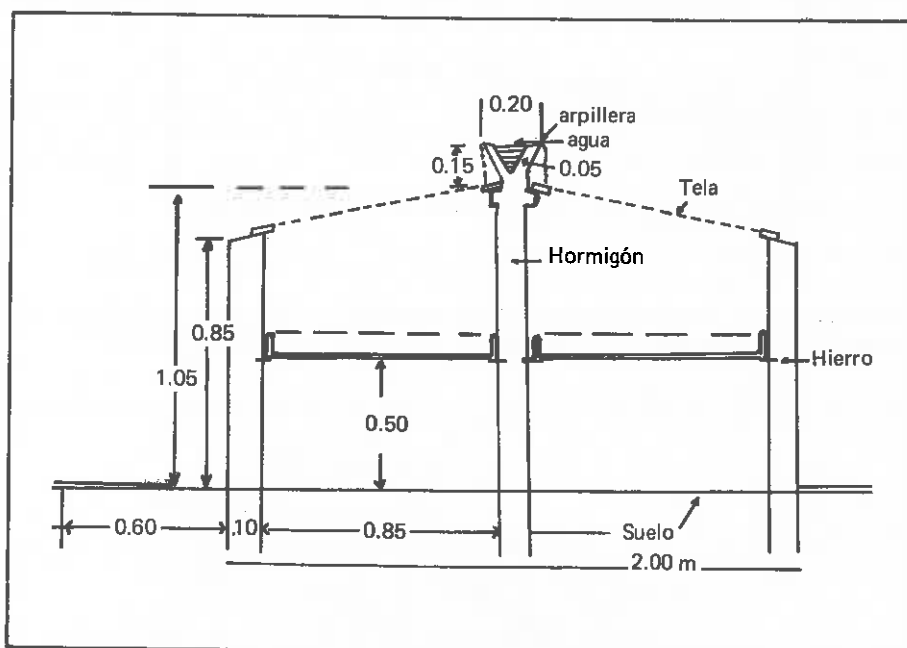


Figura 8. Propagador tipo Turrialba 3: vista transversal con medidas y componentes.

Alvim (1953) recomienda que tanto para el propagador Turrialba 3 como para el Turrialba 2, la cubierta debe rociarse con caldo bordelés para protegerla de la descomposición. Deben usarse clavos de bronce y la madera de los marcos debe mantenerse bien pintada.

Propagador tipo La Clementina: es similar al tipo Trinidad en cuanto a construcción se refiere, pero con la adaptación Fiester (1951) (Figura 9). El medio de enraizamiento se coloca en bandejas de madera con malla de alambre en el fondo para proporcionar un buen desagüe. Los marcos están cubiertos con polietileno en vez de vidrio, y cuatro pulgadas arriba de éste, hay una segunda cubierta hecha de gangoche. La capa de aire que separa esa doble cubierta funciona a manera de aislador y mantiene una temperatura constante dentro de los depósitos.

Propagador tipo Surinam: es una ampliación del tipo Trinidad, de 2.5 m por 1.5 m, sin divisiones internas, con la pared posterior más alta que la del frente (Figura 10).

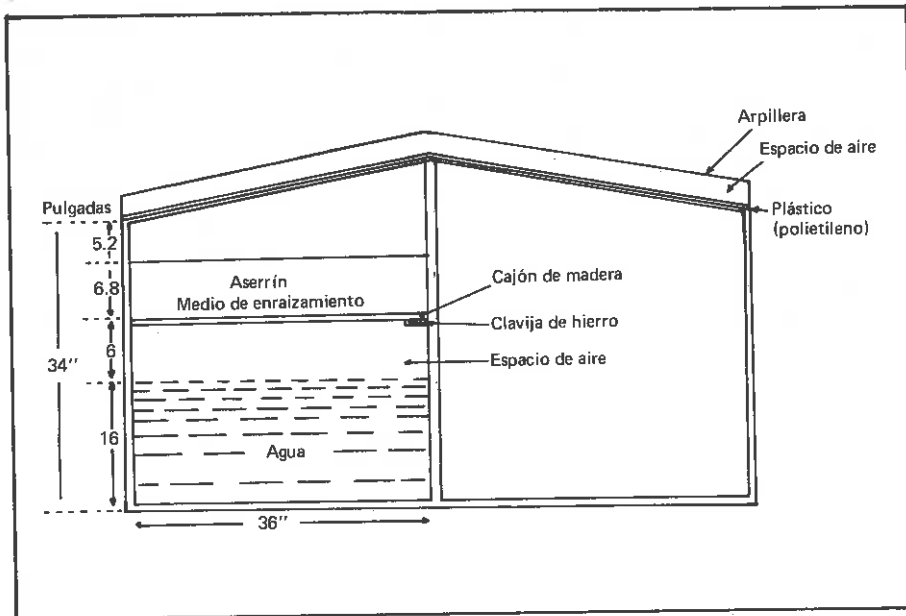


Figura 9. Propagador tipo La Clementina, vista transversal con medidas y componentes.

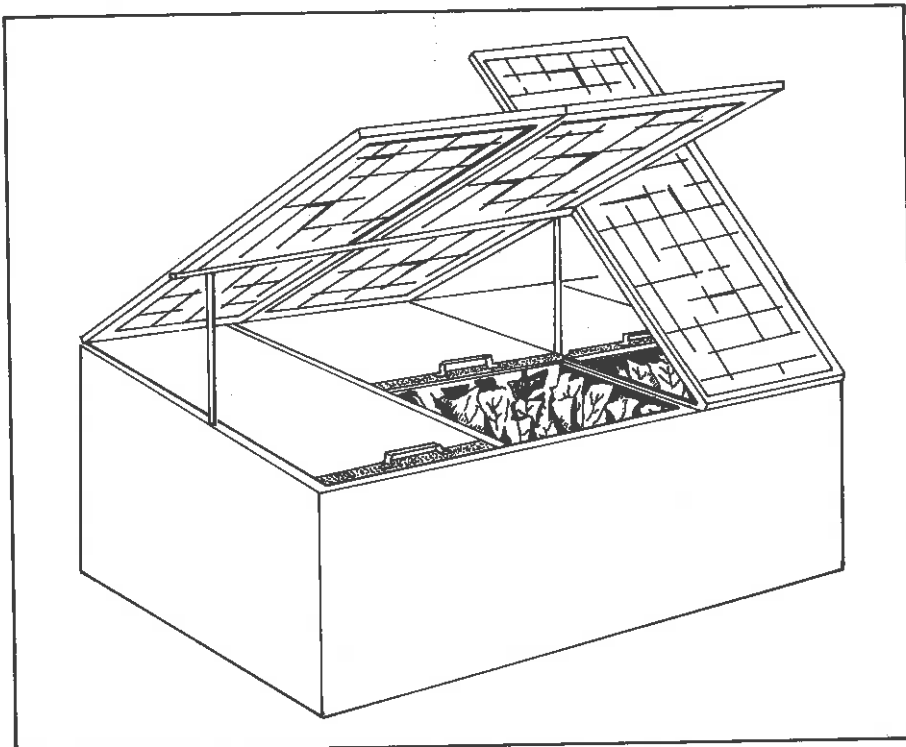


Figura 10. Propagador tipo Surinam: vista esquemática.

En los marcos que sirven como tapas se ajustan vidrios corrientes (73 x 141 cm). En vez de la cubierta de tela que se usa en el tipo Trinidad, se coloca una persiana tejida, hecha de cañuela (*Ischnosiphon gracilis*), que proporciona una sombra del 75%. La persiana se coloca sobre un eje que corre a todo lo largo del propagador y que puede inclinarse formando cualquier ángulo, de acuerdo con la dirección del sol; estas persianas se quitan durante la estación lluviosa. Como medio de enraizamiento se usa aserrín y se riega interiormente. El desagüe es similar al que se usa en el propagador tipo Trinidad.

Propagador tipo La Reunión: es utilizado por la Junta de Cacao de Trinidad y Tobago. Incorpora las características principales de los tipos Surinam y Clementina, suprimiendo la pared central y las divisiones transversales (Figura 11). El enraizamiento se hace directamente en canastas con tierra en las que se ha puesto un cilindro central de aserrín. Las tapas son de tela o de polietileno según se use o no un baño de agua en el fondo. La ventaja de este propagador es su construcción barata por la supresión de las divisiones transversales y la eliminación de un sistema voluminoso de drenaje y de medio enraizante.

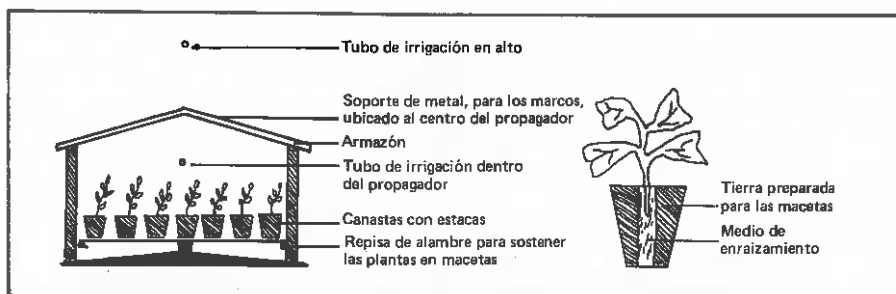


Figura 11. Propagador tipo La Reunión: vista transversal interna con sus componentes.

Propagador de rociado continuo y cámaras abiertas: para asegurar el éxito de este tipo de propagador es necesario contar con agua a presión considerable y constante (Figura 12). Cuando la presión baja, el agua sale en forma de chorro en vez de rocío y las estacas que quedan entre estos chorros se secan, sus hojas aparecen cloróticas y mueren.

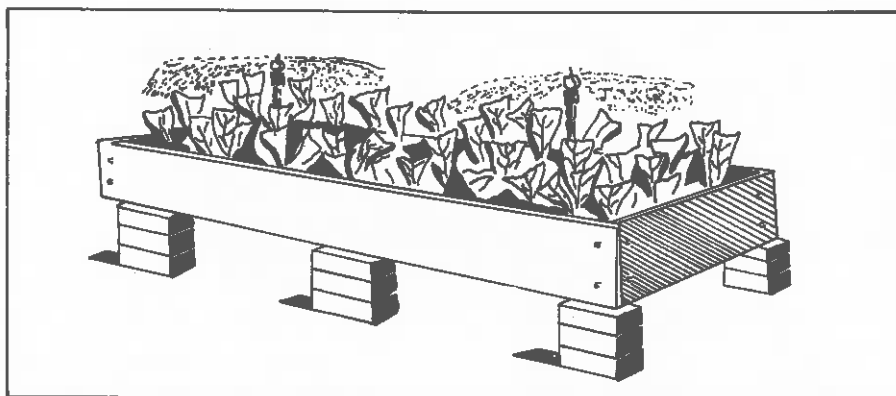


Figura 12. Propagador de rociado continuo y cámaras abiertas, vista esquemática.

Evans (1951) discute que durante las horas más calurosas del día, cuando la presión del agua baja hasta alcanzar apenas de 5 a 10 libras por pulgada cuadrada, es necesario usar boquillas ordinarias (O.C.02 surtidor "T") para obtener un rociado conveniente. Para presiones altas (50 libras) se recomiendan los surtidores más finos. Es conveniente disponer de un buen desagüe para evitar que el medio enraizador se inunde; Evans recomienda arena de cuarzo en partículas de 2.0 a 2.5 mm, como promedio satisfactorio.

De Verteuil (1956) explica que este tipo de propagador es menos eficiente que el de cámaras cerradas. Aunque es de construcción más barata y su operación requiere menos trabajo, consume cinco veces más agua que un propagador de cámaras cerradas. Requiere agua con una presión de 50 libras para que las boquillas funcionen en forma adecuada.

Propagador tipo foso circular (Bolívar): este propagador, diseñado por Malins-Smith (1954), consiste en un foso de 22 pies de diámetro por 20 pulgadas de profundidad, que desagua por medio de una zanja en el fondo (Figura 13). El medio enraizador es

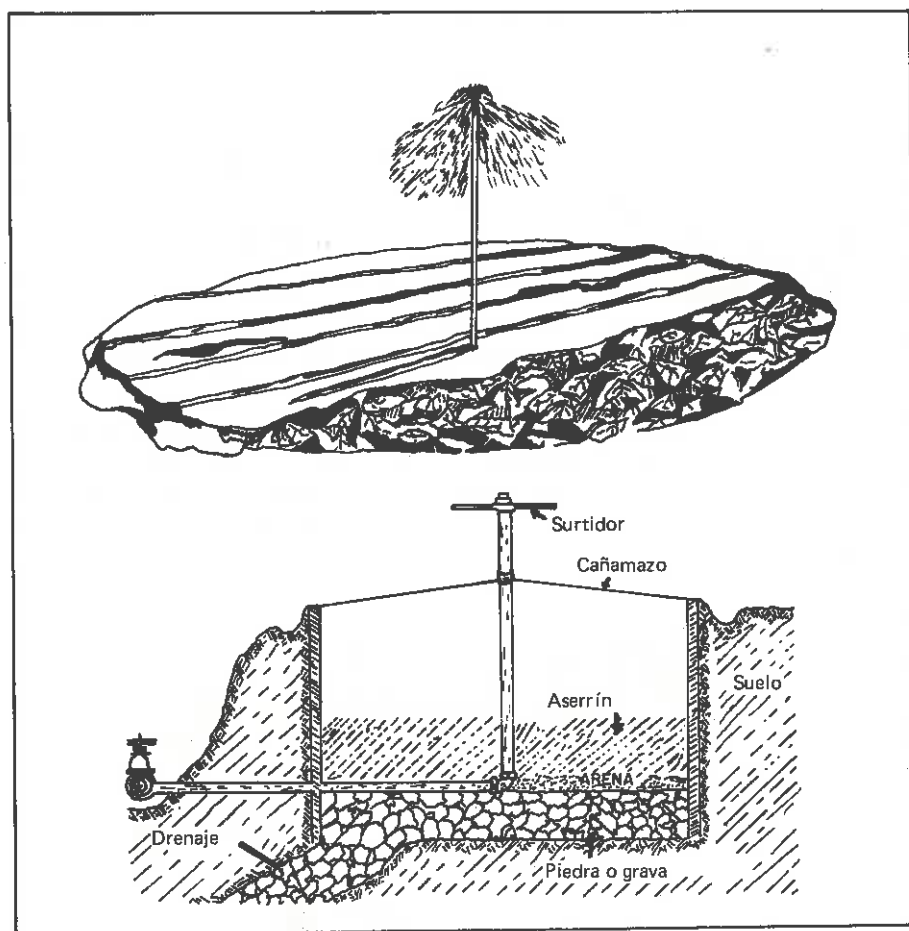


Figura 13. Propagador tipo Foso circular (Bolívar). A. Vista de la parte superior del propagador con aspersor B. Corte transversal interno con sus componentes.

aserrín colocado sobre una capa de tres a cuatro pulgadas de grava; el suelo bajo esta capa debe ser permeable. El foso se cubre en su totalidad con yute sostenido sobre alambres que se tienden desde el centro hasta los bordes. A unos 3 pies sobre el nivel del suelo se instala un rociador giratorio, de los que se usan para rociar césped. Este rociador se hace funcionar tres veces al día durante un período de 20 a 25 minutos durante la estación seca y de 10 a 15 minutos en la estación lluviosa. El rociador se abre a intervalos más cortos para humedecer el yute. Las estacas son posteriormente aclimatadas por 30 días antes de sacarlas del foso. Este propagador es de fácil construcción, pero durante los períodos de lluvias fuertes puede inundarse.

Láminas de polietileno: el enraizamiento de estacas de cacao bajo polietileno es el método de propagación vegetativa más barato, simple y eficiente que se haya ideado. Archibald (1955) en el Instituto de Investigaciones en Cacao del Africa Occidental (WACRI), en Ghana, describe un método de propagación en el que se usó una envoltura de polietileno. Primero se prepara una era de 6 por 3 pies y de unas 6 pulgadas de alto, bajo una sombra de reglones de bambú. Se riega bien la era y se colocan en ella unas 100 estacas de dos hojas con los tallos en posición oblicua en relación a la superficie de la era y en forma tal que las hojas queden apoyadas en la tierra. Antes los extremos basales de las estacas deben ser tratados con hormonas (método de inmersión rápida). Una vez colocadas las estacas en la era, ésta se cubre con una lámina de polietileno cuyos bordes se fijan al suelo. No hay necesidad de nuevos riegos. Conviene aclarar que la lámina de polietileno restringe la difusión del vapor de agua pero al mismo tiempo permite la difusión de gases. Después de un mes se sacan las estacas.

Mckelvie (1958) describe el método de "enraizamiento de estacas bajo polietileno" desarrollado también en WACRI y adoptado como práctica corriente en Africa Occidental. Consiste en cortar estacas semileñosas con 2 hojas, de ramas de abanico, cortando las hojas a dos tercios de su longitud. El tallo (de 1 pulgada de longitud) se sumerge por poco tiempo en una solución de ácido Beta-indolbutírico al 0.5%, diluído en alcohol al 50%; posteriormente se colocan las estacas en canastas de 6 pulgadas de diámetro y 7 de altura, construídas con venas de palma. Las canastas están preparadas con suelo para macetas que rodean un núcleo central con medio enraizador (50:50 de arena y compost de fibra de palma). Cien canastas se colocan juntas sobre el suelo y después de un riego abundante, se cubren con una lámina de polietileno, ajustando sus bordes hacia abajo por medio de pesas. La intensidad de luz que cae sobre las estacas se reduce al 15% por medio de reglillas de bambú. El polietileno, tal como se usa en la actualidad es de unas tres milésimas de pulgada de espesor. La lámina se quita temprano en la mañana cada tres días y las estacas se riegan ligeramente.

Mckelvie (1958) menciona que con el método de polietileno se obtienen resultados a las 4 semanas, cuando se inicia la fase de aclimatación. Esta consiste en lo siguiente: durante la primera semana las estacas se descubren de 6:30 a 10:00 a.m.; y durante la segunda y tercera semanas, hasta las 11:00 a.m. y 12:00 m., respectivamente. Las estacas así aclimatadas se almacenan bajo sombra hasta que se necesiten para la siembra definitiva en el campo.

ACLIMATACION Y TRANSPLANTE

Evans (1951) explica que la aclimatación incluye el desarrollo de un sistema radical adecuado para satisfacer los requisitos de la transpiración y acostumbrar la

estaca a una atmósfera más seca, después de haber permanecido en el aire húmedo del propagador.

Según Moll (1957) hay dos procedimientos a seguir para la aclimatación:

- Aclimatar en el propio propagador usado para el enraizamiento y transplantar después a macetas o a los viveros.
- Transplantar a una cámara especial para aclimatación. En este caso las estacas se colocan primeramente en macetas y luego se ponen en la cámara de aclimatación, de donde se pasan después al lugar de siembra.

Erickson (1957) explica que durante el período de aclimatación se dejan las estacas una semana en un propagador de cámaras cerradas. Luego se van abriendo gradualmente las tapas de las cámaras durante otro período de igual duración. Para mantener las tapas progresivamente más abiertas se usan reglas con muestras.

Alvim (1957) describe un método para determinar cuando las estacas enraizadas están o no suficientemente aclimatadas. Su teoría es que si la planta está en buen estado fisiológico, sin deficiencia de agua dentro de los tejidos, los estomas estarán abiertos, y un líquido de baja tensión superficial, tal como Kerosén o xylol, penetrará fácilmente por los estomas produciendo una mancha transparente en la lámina de la hoja.

Propagación vegetativa por injerto

Injertar es el arte de juntar partes de plantas de manera que se unan y continúen su crecimiento como una sola planta. Al componente de la combinación que va a constituirse en la parte superior de la nueva planta se le llama púa, aguja, espiga o injerto, y a la parte que se va a constituir en la porción baja, la que forma el sistema radical, se le conoce como patrón, pie, masto o portainjerto.

El injerto es uno de los principales métodos de propagación vegetativa, indispensable cuando se persigue la transmisión de todas las características acumuladas de una planta, o en un clon proveniente de ella, por medio de selección.

Según Hardy (1961) el injerto tiene ventaja sobre el método de estacas pues es posible producir gran cantidad de plantas con una cantidad limitada de material clonal. Además el transporte de las varetas de injertar de un país a otro es mucho más barato que el de estacas en razón a su volumen.

En comparación con el método de estacas, el injerto requiere mucho menos espacio y equipo: solamente exige un almacigal adecuado.

Enríquez (1983) explica que los patrones portainjertos deben ser plantitas provenientes de semillas de clones con resistencia al hongo *Ceratocystis fimbriata*, tales como 'PA-121', 'EET-399', 'EET-400', 'IMC-67', 'UF-613', 'Pound-12' y 'SPA-9'. Las semillas sembradas en bolsas plásticas se colocan en un vivero donde se cuidan entre cuatro y seis meses, fertilizándolas y evitando plagas y enfermedades.

Hartmann y Kester (1972) recomiendan considerar cinco factores para tener éxito en cualquier operación de injerto:

- El patrón y el injerto deben ser compatibles.
- El cambium del injerto debe quedar en contacto íntimo con el cambium del patrón.

- La operación de injerto se debe hacer en la época apropiada del año; las yemas de la púa deberán estar en reposo.
- Inmediatamente después de terminado el injerto se deben cubrir con algún tipo de cera para injertar en forma completa y esmerada, todas las superficies cortadas.
- Se debe dar a los injertos un cuidado apropiado por algún tiempo después de su ejecución.

Según Hardy (1961) las principales ventajas del injerto son las siguientes:

- a) Todas las variedades y clones de cacao pueden injertarse con el mismo éxito, en contraste con el enraizamiento de estacas que en algunos casos presenta grandes dificultades.
- b) El injerto es muy económico en lo que se refiere a material de propagación. Por ejemplo, de una sola estaca pueden sacarse 10 plantas injertadas.
- c) Para la producción de material de propagación no se necesitan jardines especiales como en el caso de las estacas; el material para injerto se puede obtener cuando se hacen las podas.
- d) Las varetas porta yemas pueden guardarse por cuatro días si se les almacena debidamente, mientras que las estacas deben colocarse en el propagador en el mismo día que se cortan del jardín de multiplicación.
- e) Cuando los injertos se han hecho, como es lo común, en plantas de semilla, poseen la raíz pivotante que favorece un mejor desarrollo de la planta.

Fowler citado por Erickson (1957) menciona las principales desventajas del método de propagación por injerto:

- a) El patrón puede producir brotes indeseables por debajo de la unión del injerto, haciendo necesaria una atención y vigilancia constante para proceder a su eliminación.
- b) Las técnicas de injertación no son siempre lo suficientemente seguras para garantizar buen éxito.
- c) Los árboles de cacao que resultan de ramas de abanico no tienen crecimiento erecto y son de forma asimétrica.
- d) Los árboles injertados a menudo no tienen tallos fuertes y sólidos.
- e) Los árboles injertados comienzan a dar su cosecha más tardíamente que los de estacas.
- f) Algunas veces el injerto y el patrón son incompatibles y no se efectúa la unión.
- g) Ocasionalmente la yema usada puede ser del tipo "latente" y no brota una vez que se ha hecho el injerto.

TIPOS DE INJERTO

Erickson (1957) explica que el método de injerto más utilizado en cacao es el de parche o yema con un corte en forma de "U" invertida.

Moreno (1978) menciona que además del injerto de yema en "U" invertida, también se encuentra en cacao el injerto de montura o púa.

Braudeau (1970) explica que en el injerto de yema de cacao se pueden observar diferentes variantes, además de la común "U" invertida; un ejemplo es la practicada en Jamaica en "T" invertida (de Topper).

Hartmann y Kester (1972) mencionan que en el injerto de yema sólo se utiliza una yema y una pequeña sección de corteza, con o sin madera, pero que existen varios métodos o variantes de este tipo de injerto.

Aquí sólo se explicarán los injertos en "U", "U" invertida y "T" invertida.

Injerto de yema en "U" invertida: Erickson (1957) informa que el tipo de injerto en "U" invertida es el que más se practica en cacao. El parche con su respectiva yema debe tener el mismo tamaño y la misma forma del corte hecho en el patrón, aunque algunos investigadores recomiendan que el corte en el patrón sea un poco mayor para dar campo a la formación del callo.

Paredes (1949) desarrolló investigaciones sobre diferentes métodos de injerto de yema, con plantas de semillero de 8 a 12 meses de edad y chupones de un año, provenientes de árboles viejos. El método que presentó los mejores resultados, fue el de "U" invertida (Figura 14) que consiste en lo siguiente: en la parte inferior del patrón, a 10 cm del nivel del suelo, se hacen dos cortes paralelos verticales con una longitud de 4 a 5 cm, separados uno del otro 1.5 cm. Los cortes verticales se unen con uno horizontal sobre la parte superior, así la incisión queda en forma de "U" invertida; posteriormente se mueve una esquina de la incisión para comprobar el desprendimiento de la corteza. En la vareta porta yemas se corta un parche con su respectiva yema, haciendo correr la navaja en forma profunda para que salga adherida una astilla (que posteriormente se quita) y vigilando que el tamaño del parche sea igual o un poco menor que la incisión hecha en el patrón. Una vez colocado el parche con la yema se elimina un pedazo de corteza del patrón, cortándolo abajo del punto donde sobresale la yema, por lo que sólo quedará una parte de la corteza cubriendo el parche. Posteriormente se amarra el conjunto con cinta para injertar y una semana después se deja libre el punto de relieve de la yema.

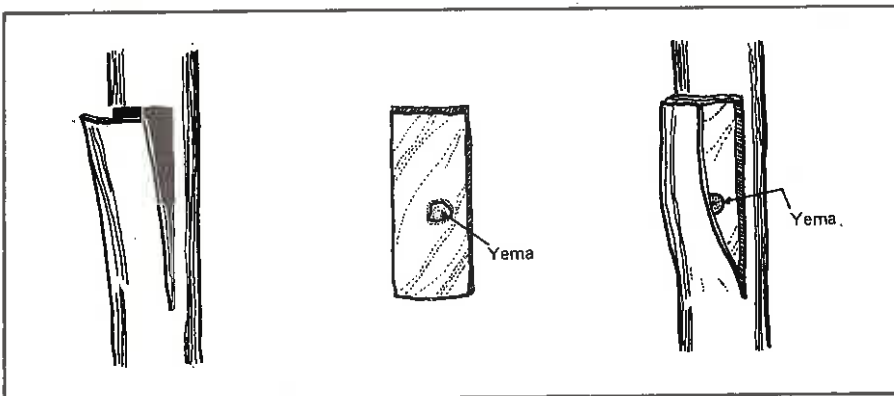


Figura 14. Injerto de yema en "U" invertida.

Pacheco (1950) comprueba los datos anotados por Paredes, agregando que es necesario decapitar el patrón a 5 cm de altura de la unión patrón-parche, 14 días después de realizado el injerto.

Injerto de yema en "U". Moreno (1978) explica los pasos para efectuar un injerto en forma de "U" (Figuras 15 y 16). Las varetas se cortan del clon respectivo y se traen en papel periódico o trapo húmedo al vivero o al área donde están los patrones; estas varetas deben ser sanas, jóvenes y de aspecto vigoroso.

A continuación se arreglan los patrones eliminando con la navaja las hojas del tallo hasta una altura aproximada de 25 cm y limpiando bien esta sección. Luego se hacen dos incisiones paralelas verticales de dos a tres centímetros, que corten bien la corteza, preferiblemente debajo de la cicatriz de los cotiledones. Estas incisiones deben quedar a una distancia adecuada que permita colocar bien el parche. Luego se hace una incisión transversal para formar una lengüeta que al levantarse deje un espacio con aspecto de U. Enseguida se palanquea o agobia un poco el tallo por el lado contrario al que se hicieron los cortes, para facilitar el desprendimiento de la lengüeta hacia arriba.

Posteriormente se escoge una varetta de un diámetro similar al del arbolito patrón. En esta varetta se selecciona una yema que esté medianamente desarrollada: es decir, que no esté dormida porque se demora mucho para brotar o no sale, pero que tampoco esté muy pronunciada porque puede dañarse al tajarla. Luego se le hacen las incisiones necesarias para sacar un parche rectangular igual al espacio que deja la lengüeta o ligeramente menor. Enseguida se coloca en el hueco por debajo de la lengüeta cuidando que no lleve madera adherida y de no contaminar las partes que se van a unir. A continuación se baja suavemente la lengüeta sobre el parche, se envuelve bien con la cinta de injertar, pero sin apretar mucho y cuidando de que cuando llueva no entre agua.

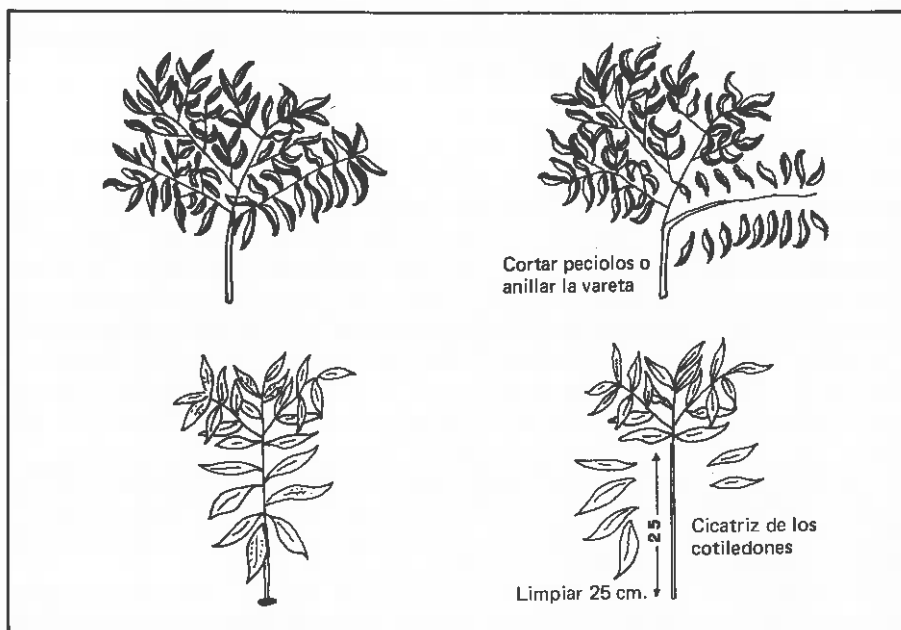


Figura 15. Preparación de la varetta porta yemas y del patrón.

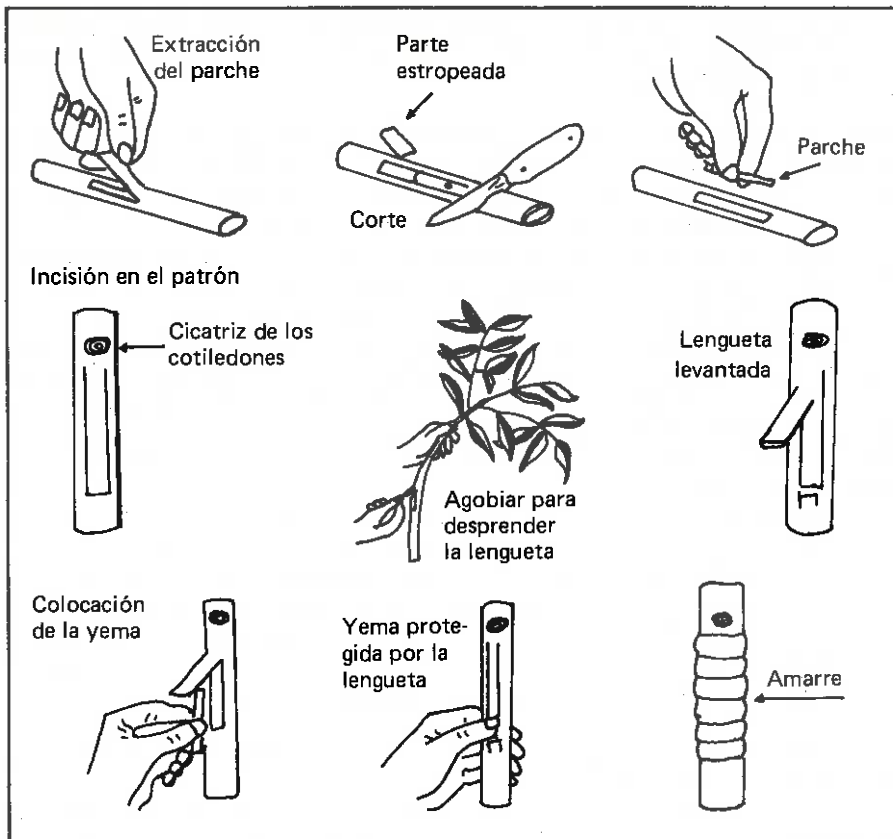


Figura 16. Etapas en el proceso de injerto de yema.

Injerto de yema en "T" invertida (injerto "Topper"). Topper (1957 y 1958) desarrolló un nuevo tipo de injerto en cacao denominado "T" invertida, aplicado a plantas de 4 meses de edad (Figura 17). La vareta porta yemas se obtiene de ramas terminales con crecimientos nuevos. Las hojas son removidas de la vareta porta yemas para ser almacenadas dejando solo una parte del pecíolo en una parte cercana a la yema. Las yemas son cortadas cuando tienen cerca de 1 1/4 pulgadas de longitud, la madera es removida de las yemas. Un corte en "T" invertida es hecho sobre la planta usada como patrón a 4 pulgadas (10.16 cm) arriba del nivel del suelo.

La yema se inserta bajo la corteza de la planta a lo largo del corte (Figura 17A). Luego se amarra con cinta plástica hasta cubrir la yema completamente. Tres semanas después se retira la cinta plástica y el patrón se corta cuatro pulgadas arriba de la unión patrón-injerto para favorecer el crecimiento de la yema.

En trabajos de investigación llevados a cabo por Ascenso (1968) en Mozambique, éste realizó el injerto de "T" invertida en plantas de cacao tipo amelonado de 10 a 12 meses de edad, con un diámetro superior a 1.2 cm y a una altura de 10 cm

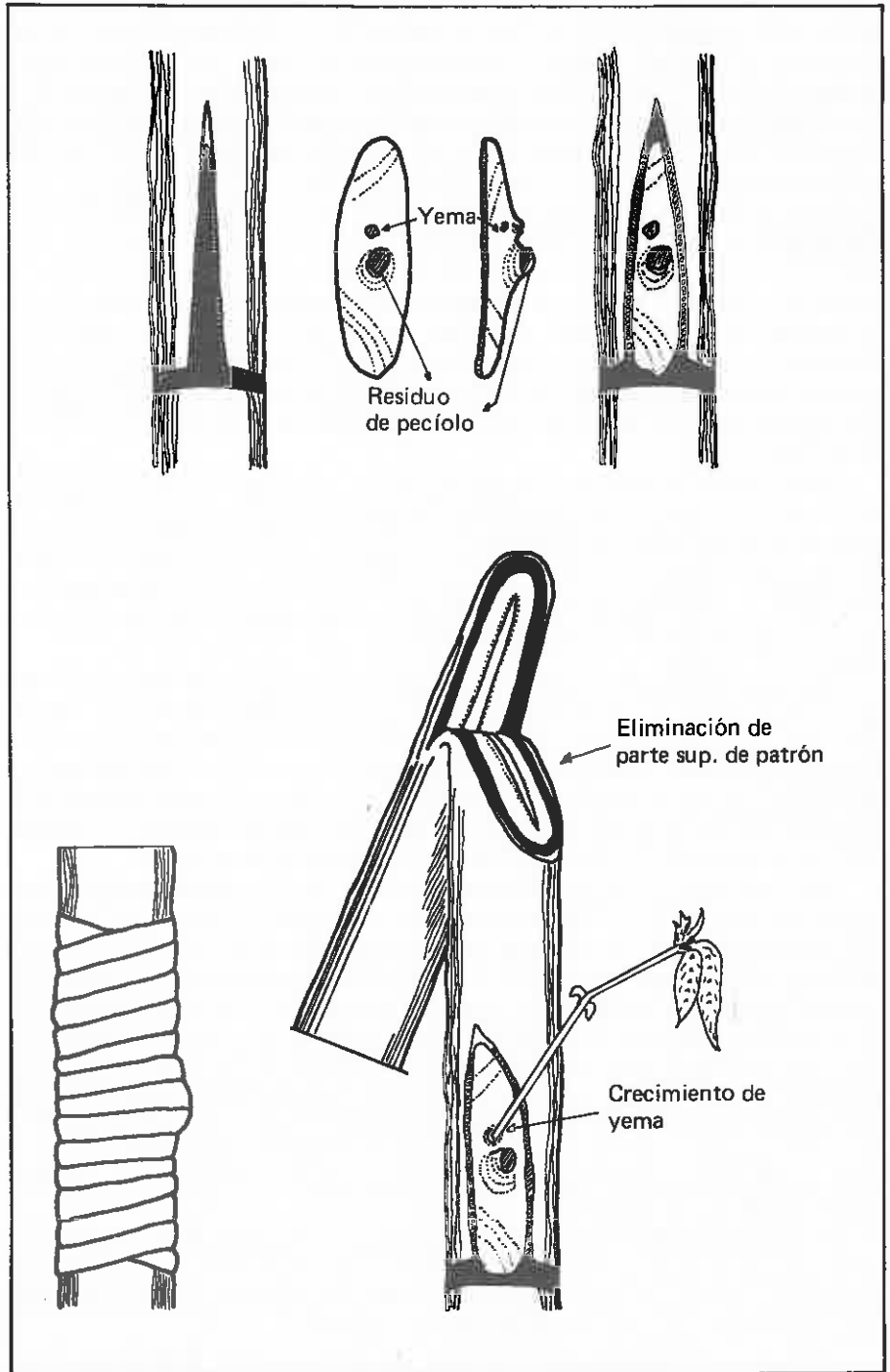


Figura 17. Injerto de yema en "T" invertida (Topper). A. Colocación de la yema. B. Amarre del injerto y crecimiento de la yema.

arriba del nivel del suelo. La incisión en "T" invertida se inicia con un corte vertical de 5 cm hacia abajo sobre la corteza sin afectar el cambium, seguido por un corte horizontal al final del vertical. Inmediatamente se separan las lengüetas que se forman en el corte vertical para posteriormente insertar la yema (Figura 17). Se debe tener cuidado de no colocar la yema en forma invertida; esto se facilita al dejar un residuo del pecíolo que debe quedar más abajo con respecto a la yema. La cinta plástica se remueve entre 10 y 12 días después del injerto y se corta el patrón a 7. 7 o 10 cm arriba del injerto para estimular su crecimiento. Los resultados son exitosos, pues se obtiene hasta un 96% de prendimiento.

Injerto de yema en "U" invertida modificado para rehabilitación. Bahaudin, Maulud y Hambali en investigaciones realizadas en el MARDI (Malaysian Agriculture Research and Development Institute) en el año de 1984, explican que con la aplicación de técnicas de injerto de yema madura se pueden rehabilitar grandes plantaciones improductivas de cacao; las técnicas más sobresalientes son: la de "remoción" y la de "tipo cerrado".

En el injerto de yema madura con la "técnica de remoción", el área de injerto en el patrón es parcialmente removida. Primero, a unos 20 cm sobre el nivel del suelo se hace un corte horizontal de 6 a 8 mm de ancho y a partir de éste, dos cortes verticales hacia abajo de 3 a 4 cm de longitud con una profundidad suficiente para llegar al cambium, sin dañarlo. La lengüeta de corteza una vez levantada se corta de manera que quede de 1 cm de longitud; esta lengüeta ayudará a mantener el parche en su lugar.

En el injerto de yema madura con la "técnica cerrada", el proceso es el mismo que el antes explicado, excepto que no hay corte de la lengüeta de corteza. Una vez que el parche con la yema es colocado contra el área expuesta del patrón (cambium), se cubre reintegrando la lengüeta de corteza a su posición original, y se fija con la ayuda de cinta para injertar. En esta técnica lo más importante es asegurarse de que en el parche, el pecíolo remanente sea más alto que la yema para que cuando se cubra el parche con la lengüeta, la yema quede protegida.

Shepherd, Chong y Taylor (1981) en investigaciones realizadas en Malasia para apoyar un programa de replantación de cacao, han obtenido excelentes resultados con una modificación a la técnica de injerto de yema verde. En esta modificación se prefieren patrones con un diámetro de 0.5 a 0.8 cm. A las ramas que servirán para proveer las yemas se les elimina su parte verde terminal y también sus hojas, dejando solo parte del pecíolo (1.5-2 cm). Sobre el patrón y por debajo de la cicatriz de los cotiledones (2-3 cm), se hace un corte horizontal de 3 a 4 mm y dos cortes verticales paralelos de 3 a 4 cm de longitud, con una navaja para injertar. La profundidad del corte debe ser suficiente para llegar al cambium, sin dañarlo (3 - 4 mm). En la parte basal de este corte se deja una lengüeta de corteza de 1 cm de longitud (el resto se elimina), que sirva para cubrir y favorecer la parte basal del parche con el injerto (Figura 18).

En la investigación efectuada por Shepherd, Chong y Taylor (1981) sobre la edad óptima del patrón para realizar el injerto de yema, se hicieron pruebas con patrones de edades que fluctuaban desde 8 días hasta 8 meses, los patrones entre 2 1/2 y 3 1/2 meses de edad dieron los mejores resultados.

Velázquez (1950) propone el método de injerto en "U" invertida de parche rectangular, como un medio para renovar plantaciones viejas de cacao en Costa Rica, técnica que ha tenido gran aceptación por los agricultores.

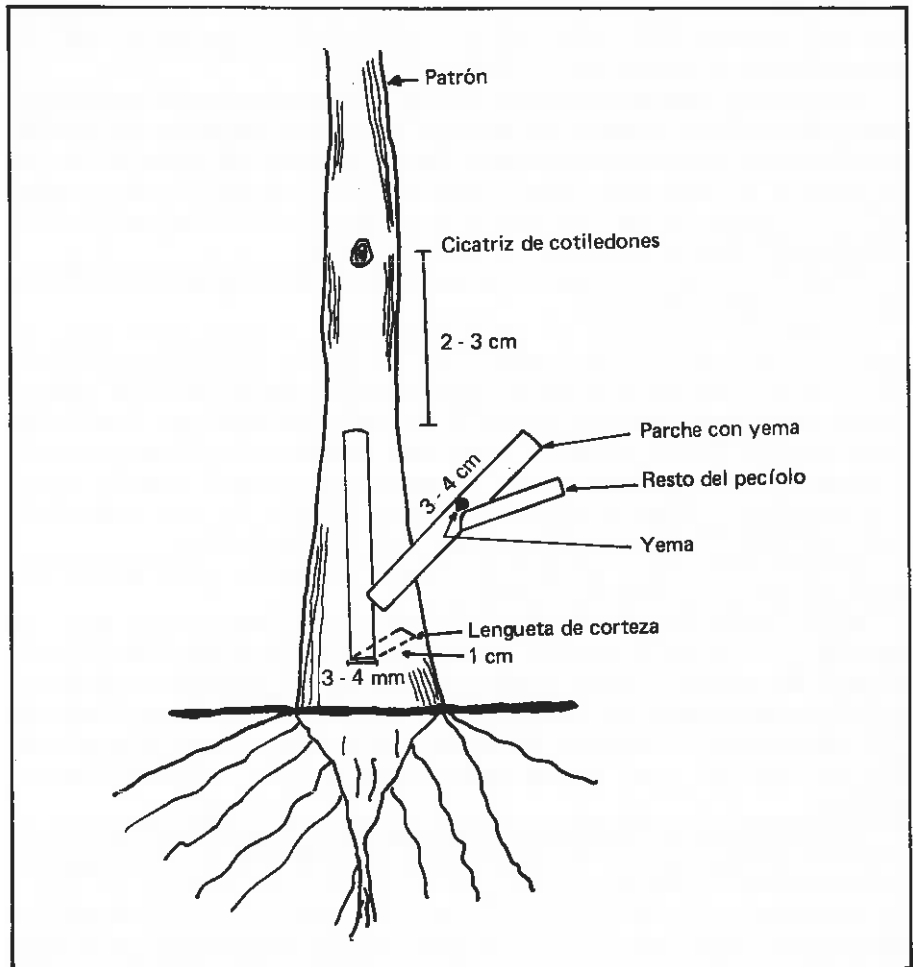


Figura 18. Injerto de yema madura.

CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA EL INJERTO DE YEMA

Burchardt citado por Erickson (1957) aconseja practicar el injerto de yema más abajo de las cicatrices de los cotiledones para evitar el desarrollo de chupones provenientes del patrón. Si bien unos autores recomiendan eliminar la lengüeta de leña que queda adherida a la yema, otros piensan que ésta le sirve de protección. Por otra parte, algunos injertadores aplican a la yema una pasta de fungicida (Fermate) antes de envolverla.

En relación a la envoltura del injerto, Calderón Medina (1950) explica que no hay diferencia en el uso de tela parafinada o de bandas elásticas; tampoco pudo comprobar diferencia alguna al cubrir todo el injerto o al dejar la yema al descubierto. Si se usa tela, ésta se prepara sumergiéndola en una mezcla con una parte de cera de abejas y dos partes de parafina. Muy a menudo se usa la rafia (fibra de palma) para proteger los injertos y algunas veces una banda adhesiva negra.

Erickson (1957) afirma que después de envuelto el injerto se debe frotar el tallo, de la envoltura hacia arriba, con un pedazo de cera; de esta manera, si llueve, el agua escurrirá sin penetrar bajo la envoltura del injerto.

El injerto de yema se puede hacer sobre plantas que crecen en el vivero o sobre plantas sembradas en macetas; sin embargo, es más fácil trasplantar un arbolito injertado de una maceta que de un vivero. Algunos prefieren injertar las plantitas ya sembradas en el campo para evitar el trasplante; ésto no es práctico, pues implica mucho movimiento del injertador para ir de una planta a otra durante el proceso y posteriormente durante su cuidado.

Pound (1935) menciona que la curvatura de escudete debe ajustarse estrictamente a la curvatura del patrón.

Enríquez (1983) informa que para la preparación de varetas porta yemas se pueden usar chupones o ramas de abanico, de 6 a 8 meses de edad y diámetros entre 1.5 y 3.0 cm, a las que se les cortan todas las hojas en los pecíolos. Una semana después se cortan en pedazos de 20 a 30 cm de longitud que contengan entre 6 y 10 yemas cada uno. Si se van a transportar a un lugar distante se deben emparafinar los extremos de las varetas, desinfectarlas con una solución a base de fungicida, envolverlas con papel periódico y empacarlas en bolsas plásticas. En estas condiciones, pueden permanecer hasta cinco días y proporcionar injertos exitosos.

Erickson (1957) indica que la edad o tamaño del patrón y de la varetta porta yemas debe ser aproximadamente la misma.

Burgos (1954) recomienda utilizar para el injerto de yema, patrones de 7 a 8 meses, de 1.5 a 2.0 cm de diámetro, con la incisión a 20 cm de altura sobre el nivel del suelo. Sin embargo, Dadaille (1950) comunica mejores resultados con patrones de 2 a 3 cm de diámetro que con aquellos de 1 a 1.5 cm. Por otra parte, Pacheco (1950) menciona que el diámetro del patrón no tiene influencia en el desarrollo de las yemas injertadas y que pueden usarse chupones desde 1.5 hasta 3.0 cm de diámetro.

Calderón Medina (1950) informa mejores resultados con injertos practicados en horas de la mañana que con los efectuados en horas de la tarde; sin embargo, no indica diferencias significativas con respecto a los practicados en días de sol, nublados o lluviosos, a pesar de lo cual, los resultados obtenidos con los practicados en días de lluvia, fueron inferiores. Por su parte Dadaille (1950) afirma que no hay relación entre lluvia y prendimiento de las yemas después de 14 días de realizado el injerto.

CUIDADOS Y PRACTICAS POSTERIORES AL INJERTO

Es muy discutido el hecho de si una vez que los injertos han prendido, el patrón debe cortarse, quebrarse o simplemente doblarse, para inducir el crecimiento de la yema; algunas autoridades favorecen un método mientras que otras prefieren otro (Figura 19).

Burgos (1954) recomienda doblar los patrones 15 a 20 días después de injertados y despuntar la planta 0.5 cm arriba del injerto, cuando la yema ha crecido unos 20 o 35 centímetros. Dadaille (1950) aconseja despuntar el patrón a los 14 días de injertado; sus investigaciones mostraron que dejar intacto el patrón, o simplemente eliminar un anillo de su corteza, no dio resultados satisfactorios, mientras que el doblado del patrón fue casi tan satisfactorio como el despuntado. Paredes (1949) recomienda despuntar el patrón a no más de 10 cm arriba del injerto, y en el mismo

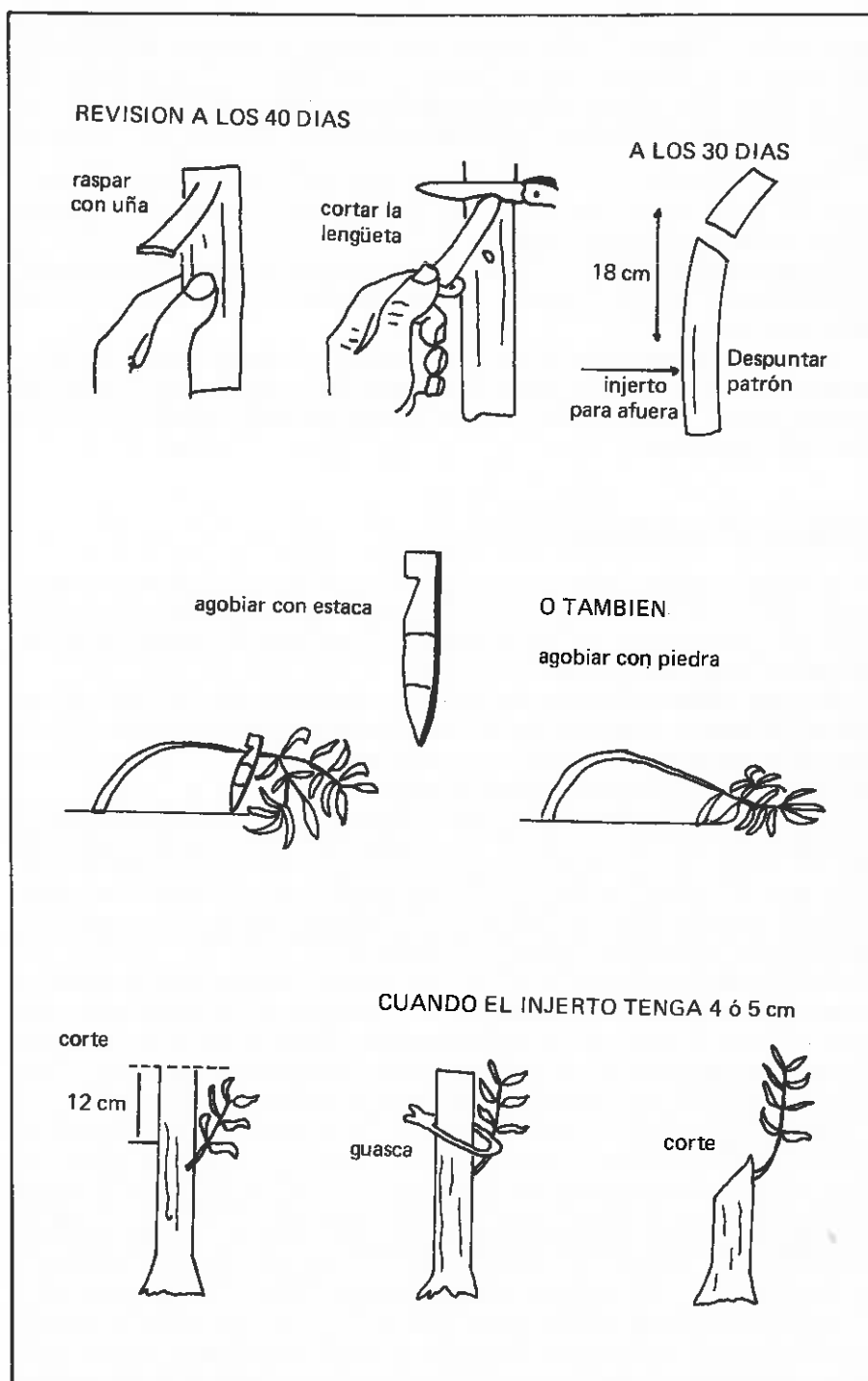


Figura 19. Cuidados y prácticas posteriores al injerto.

momento de practicarlo, para estimular el crecimiento y acelerar la formación de nuevos tejidos. Pacheco (1950) también hizo pruebas de despunte de patrón; en unos casos, inmediatamente después de practicado el injerto, y en otros, después de 14 días, haciendo el corte a cinco, diez y quince centímetros arriba del injerto. Los mejores resultados los obtuvo despuntando después de 14 días, 5 cm arriba del injerto.

Dadas las opiniones, un tanto contradictorias, en cuanto al corte, quiebra o doblez del patrón se recomienda actuar de acuerdo a los resultados que se obtengan en cada una de las condiciones locales.

Por otra parte Erickson (1957) recomienda combatir las plagas y las enfermedades de las plantas injertadas, antes de su establecimiento en el campo, y hacer una aplicación de urea al 0.5%.

Las plantas injertadas del vivero poseen una raíz pivotante larga por lo que al momento del trasplante debe tenerse el mayor cuidado para no quebrarla. Además el hueco para el trasplante debe ser suficientemente amplio para no dañar los puntos de crecimiento.

Propagación Vegetativa por Acodo

Hartmann y Kester (1972) explican que "acodar" es hacer desarrollar raíces en un tallo que está todavía unido a la planta materna. Ese tallo, una vez enraizado, se separa para convertirse en una nueva planta que crece sobre sus propias raíces. Por lo tanto a un tallo acodado se le llama acodo.

El cacao puede propagarse por medio de acodos, los que por regla general enraizan fácilmente, aunque en algunos casos resulta difícil el establecimiento de la planta en el campo. Este ha sido el principal inconveniente para el empleo en forma más extensa, de este método tan simple de propagación.

Pound (1943) describe cómo, para el buen éxito en el acodamiento, deben usarse ramas con un diámetro de 1/2 a 1 pulgada. El método consiste en quitar un anillo de corteza de unas 4 pulgadas de largo, luego la parte descubierta se cubre con un material absorbente como el musgo *Sphagnum* húmedo, y después se envuelve. Cuando salen las raíces, se corta el acodo por debajo del anillo y se siembra en una maceta, en una canasta con tierra o en el vivero.

Hardy (1961) explica que en el caso del cacao el enraizamiento de acodos se produce con mucha facilidad, especialmente si se aplica una hormona, preferiblemente en forma de pasta, en los bordes del anillo. El empleo de bolsas de polietileno ofrece perspectivas muy promisorias para la solución del problema que presenta la aclimatación de los acodos una vez que se ha producido el enraizamiento.

Pyke (1932) trabajó en Trinidad con acodos de cacao, utilizando plantas de semilla de un año de edad y chupones basales e hizo énfasis en la disposición natural de los chupones para producir raíces. Las plantas de semilla eran anilladas a poca distancia del suelo y se usó una maceta invertida para cubrir los brotes radiculares, de manera que éstos se desarrollaran en la oscuridad. Cuando crecieron los brotes, se cubrieron con arena de río; de esta manera produjeron raíces que sostuvieron bien la planta en su vida independiente. Cuando Pyke anilló chupones basales cerca del lugar de nacimiento obtuvo raíces verticales gruesas. Las ramas de abanico acodadas respondieron con pobre desarrollo de raíces horizontales y ninguna vertical; sin embargo no dio indicaciones sobre el medio sustentante ni el tipo de rama adecuados para el acodo.

Cheesman (1935) encontró que el acodo aéreo de cacao presenta algunas ventajas en Ceylán y Java, por la facilidad de su ejecución, poca atención y adaptabilidad a la rutina de la localidad. La lentitud para el establecimiento de las raíces y el espacio requerido para viveros se señalan como posibles desventajas.

Hardy (1961) explica el método de acodo de la manera siguiente: El acodo se prepara en la forma corriente, anillando una rama del grueso apropiado que tenga de 4 a 10 hojas. El anillo, de una pulgada de largo, se trata con hormona (Hormodín No. 3 en polvo); éste se cubre con musgo húmedo (aserrín o tierra) y se envuelve con un pedazo de lámina de polietileno que se amarra en los extremos con cáñamo delgado. Luego de 7 a 8 semanas se ven las raíces que se producen a través de la envoltura plástica. Entonces se procede a cortar el acodo, teniendo cuidado de dejar unas 5 pulgadas de tallo en la parte inferior, lo cual le sirve de soporte al sembrarlo en una bolsa plástica o maceta con tierra o compost.

Hann, citado por Guerra Palacios (1951), no encontró ninguna dificultad al trabajar en acodos de cacao; si bien obtuvo buenos resultados, no está de acuerdo con el método porque no forma raíz pivotante y porque el tiempo necesario para obtener raíces es muy largo.

Llano Gómez (1947), en Colombia, recomienda hacer acodos en cacao sobre ramas de chupón y de abanico; luego anillar y colocar sobre la herida, por el procedimiento más fácil, una mezcla de tierra y arena mantenida en constante humedad para provocar la salida de raíces adventicias. Cuando las raíces estén desarrolladas se cortarán las ramas abajo del lugar del anillado para transportarlas al campo.

Guerra Palacios (1951), en investigaciones realizadas con diferentes tipos de acodos de cacao, encontró mejores resultados usando talco como vehículo de hormonas —la mejor de éstas fue el ácido indolbutírico (Hormodín No. 2). El musgo fue el mejor medio enraizante y como sostén de éste los cestos de tela— red plástica. Un anillado no menor de 4 cm fue el más adecuado para la formación de callo y de raíces. Inmediatamente después de separado el acodo de la planta madre se cubrieron sus hojas con una bolsa plástica, amarrando la boca al tallo un poco más arriba del punto de anillamiento. Después de sembrados en bolsas plásticas con suelo, se les colocó en un lugar bien sombreado, bajo los mismos árboles de cacao en donde se practicó el acodamiento; allí se les dejó de 7 a 11 días para aclimatarlos, al final de los cuales se les quitó la bolsa plástica que cubría las hojas. La planta se dejó a la sombra por unos 7 días más, después de los cuales se sembró en el campo bajo sombra adecuada. Los acodos de abanico dieron los mejores resultados; ya a los 30 días habían formado raíces de 30 cm de longitud en los aclimatadores.

Con este método el tiempo necesario para producir un acodo de cacao, aclimatado y listo para el campo, varía entre 9 y 11 semanas (Figura 20).

La Nueva Propagación Vegetativa: el cultivo *in vitro*

El cultivo *in vitro* de tejidos y órganos que incluye varias técnicas, es una nueva forma de propagación de cacao que resuelve problemas muy específicos del cultivo y permite producir, en poco tiempo y espacio, grandes cantidades de plantas con características genéticas idénticas a las de la planta madre, de donde fueron tomados los tejidos u órganos para su propagación asexual.

Enríquez (1983) explica el cultivo de tejidos *in vitro* como otra técnica de propagación vegetativa de plantas útiles, que consiste en separar tejidos y órganos

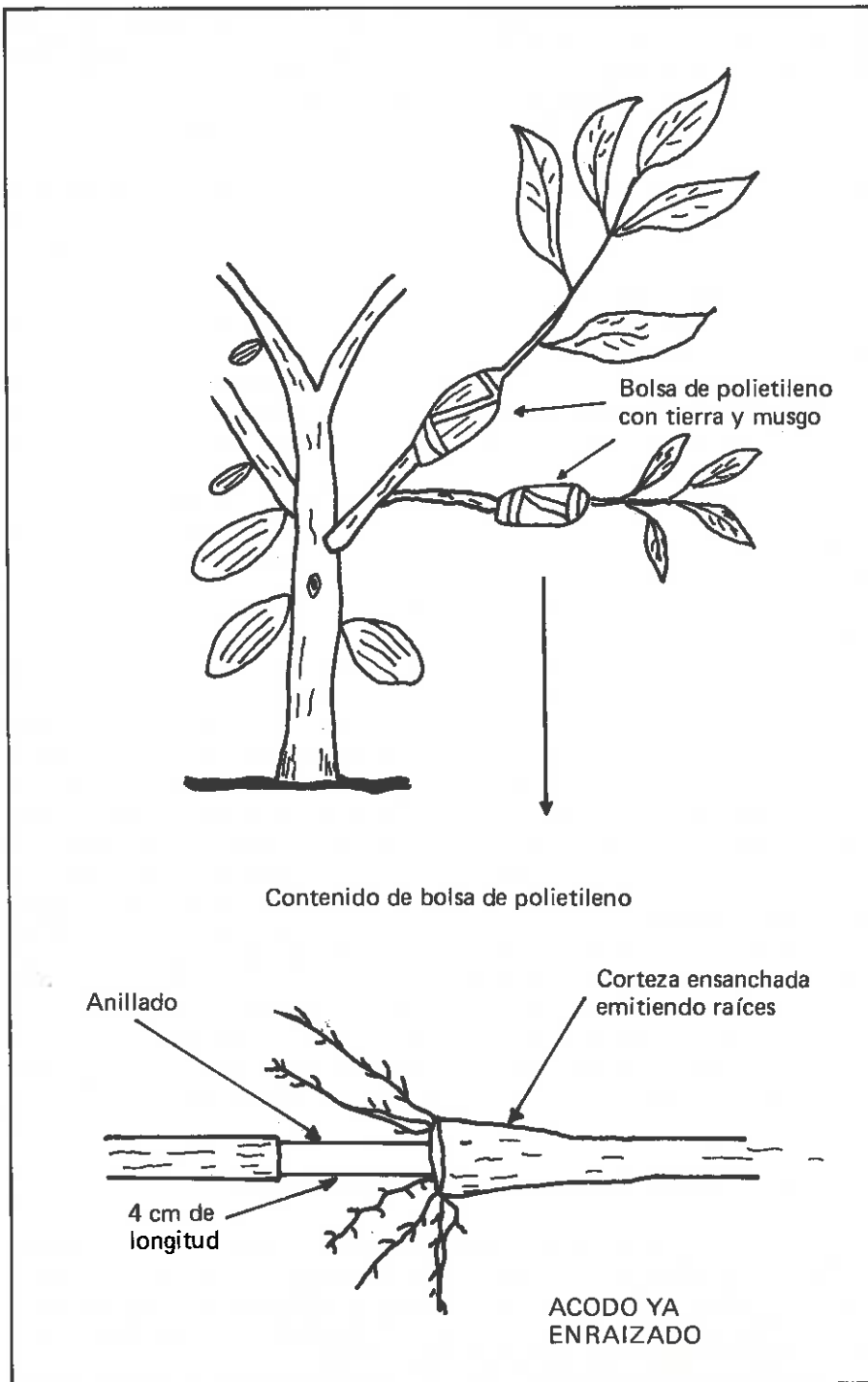


Figura 20. Acodo aéreo de cacao.

de una planta madre y colocarlos en tubos de ensayo con un medio nutritivo artificial aséptico, al que se adicionan sustancias reguladoras del crecimiento. Una vez formada, la plántula se secciona en partes y se repite el proceso hasta conseguir el número deseado de plántulas. Posteriormente, luego de un período de adaptación, se pasan del medio aséptico a macetas con arena y finalmente se llevan al campo.

Hartmann y Kester (1972) explican que la "micropropagación" (cultivo *in vitro* de tejidos y órganos) es la técnica para lograr el desarrollo de nuevas plantas en un medio artificial, en condiciones asépticas a partir de porciones muy pequeñas de plantas, tales como embriones, semillas, tallos, meristemas de tallos y raíces, células individuales y granos de polen.

Jones y Hopgood (1980) explican que los métodos de micropropagación (cultivo *in vitro*) son necesarios para la multiplicación rápida de selecciones de plantas de cacao para programas de mejoramiento, particularmente materiales libres de enfermedades. Hasta entonces, los mejores resultados para cultivo de meristemas fueron logrados sobre un medio con phloroglucinol, leche de coco y caseína hidrolizada. Los meristemas han permanecido vivos por 4 meses sobre este medio y cada uno ha producido 3 a 4 brotes laterales, pero éstos tienen menos que 0.5 cm de longitud.

Siguiendo con sus investigaciones, Jones y Hopgood (1981) encontraron resultados óptimos cuando solamente agregaron al medio básico leche de coco o caseína hidrolizada, logrando aumentar la vida de los meristemas hasta 6 meses, con los mismos resultados antes mencionados en el número de brotes laterales (3 ó 4) y en el tamaño alcanzado (menos que 0.5 cm de longitud).

Ibañez (1956) ha practicado exitosamente el cultivo *in vitro* con embriones de semillas de algunos clones de cacao que presentan problema en la germinación, posiblemente afectada por algún factor tóxico o letal dentro de los cotiledones. Para obtener buenos resultados fue necesario separar los cotiledones del embrión activo.

Esan (1982) obtuvo resultados satisfactorios con el cultivo *in vitro* de anteras de cacao. El objeto de este estudio fue identificar algunos factores que influyen en la inducción de plantas haploides; el autor concluye que con esta técnica se puede obtener callo y raíces, solamente entre los meses de abril y septiembre. El método es bastante promisorio pues asegura la propagación de materiales que conservan su pureza genética.

Aspectos económicos de la propagación vegetativa

El método de reproducción más usado es la siembra de semilla de cacao. Gran parte del cacao que se cultiva en la actualidad proviene de semilla sin seleccionar a pesar de que es esencial utilizar el método de estacas enraizadas y el de injerto, para garantizar rendimientos altos, resistencia a las enfermedades y buena calidad del producto.

Recientemente se ha renovado el interés por la propagación por semilla debido al notable comportamiento de plantas provenientes de semillas de polinización natural de clones seleccionados, —particularmente de cruzamientos simples entre clones originarios del alto Amazonas y de selecciones locales de varios países— los cuales han mostrado un alto grado de vigor híbrido en sus descendencias.

Hardy (1961) menciona que la propagación de cacao por medio de semilla no requiere fuertes inversiones en la construcción de los propagadores necesarios para

el enraizamiento de estacas, ni habilidad especial, como la necesaria para hacer injertos.

En la propagación por semilla existe siempre la dificultad de que no es posible predecirse la capacidad productiva de todas las plantas resultantes, ya que tal capacidad varía considerablemente aún entre las descendientes de un mismo fruto.

Murray citado por Erickson (1957) menciona cómo, en contestación a la pregunta ¿es posible que un agricultor recobre el valor de sus inversiones en propagadores por medio de la siembra de estacas en escala comercial? se ha expresado que en Trinidad un agricultor recobra su dinero hacia el quinto año. En lugares en que los terrenos son costosos, solamente los agricultores que siembran clones de alto rendimiento, producidos por medio de estacas, están en capacidad de recobrar el dinero que han invertido en propagadores.

Hardy (1961) explica como repetidamente se ha probado que las estacas tomadas de árboles que genéticamente son buenos productores, dan árboles con una capacidad productiva mucho mayor que los que provienen de plantas sin seleccionar.

Recientemente ha surgido la interrogante de si las estacas constituyen el mejor medio de establecer una plantación de cacao. Es conocido que las estacas tienen numerosas desventajas —como su alto costo inicial, su forma deficiente y su tendencia a volcarse. Con el interés que hoy existe por la semilla híbrida, parecen disminuir las ventajas de la estaca enraizada en lo que concierne a la producción comercial de cacao, por lo que el uso de semilla híbrida puede ser ventajoso. Pero quizá la única ventaja real que el método de estacas tiene sobre el de semillas es que, cuando se siembran en suelos de primera clase, dan un rendimiento extraordinariamente alto. Comparando las selecciones clonales con sus propias descendencias, (árboles de la misma edad y en el mismo terreno), se ha encontrado que el material clonal es muy superior al de las semillas de esos clones.

Una gran limitante que tiene la propagación vegetativa por injerto es la necesidad de utilizar mano de obra bastante calificada para obtener buenos resultados, mientras que la propagación por semilla híbrida es muy sencilla.

Cabrera Villa y Soto Rosales (1962) en estudios realizados en México sobre la propagación vegetativa de estacas, señalan el gran interés que existe en la propagación de cacao por semilla, debido a que se ha encontrado que algunos cruces simples han originado híbridos de muy buenas cualidades; pero es necesario compararlos y seleccionarlos mediante el uso de material homogéneo, por lo que deben reproducirse árboles por medios vegetativos para evitar la segregación de la descendencia. En este caso el método de estacas enraizadas es el más conveniente.

López Báez y Sandoval Gallardo (1978) en un estudio realizado en la región de Soconusco, México, —la segunda región de importancia en la producción de cacao de este país— informan que sólo el 1% de los productores de cacao han adoptado el método de propagación vegetativa, y que solo usan la propagación de estacas enraizadas para establecer nuevas plantaciones de cacao. El 99% restante propaga el cacao por semilla (no se da el dato del porcentaje de semilla seleccionada). Además, aclaran que el 83% de los productores no recibe asistencia técnica y que el 81% no recibe apoyo crediticio agrícola.

Analizando los datos anteriores y los de Cabrera Villa y Soto Rosales (1962), se puede asumir que los campesinos de la región de Soconusco, México, no han adoptado el método de propagación vegetativa —difundido desde 1962— por falta de una campaña eficiente de extensión agrícola y también por carencia de apoyo crediticio.

Shepherd, Chong y Taylor en investigaciones llevadas a cabo en Malasia, señalan algunas ventajas de los materiales propagados clonalmente por injerto, sobre las plantas provenientes de semilla híbrida, como: a) altos rendimientos de almendras por hectárea; b) almendras con tamaño y uniformidad mejorados; c) resistencia superior a enfermedades; y d) mejor adaptación a condiciones ambientales específicas.

Un inconveniente relacionado con la producción de semilla híbrida es que inicialmente se deben estudiar las características agronómicas que se quieren combinar en cada cruce frente a las que se esperan en los híbridos por obtener. Estos deben reunir principalmente características de buen rendimiento, buena calidad y resistencia a las enfermedades de una región. Para lograrlo se requiere un programa de mejoramiento bien estructurado, con personal profesional capacitado, cuya remuneración puede ser bastante alta, lo que eleva los costos de producción de la semilla híbrida. Además, para obtener información sobre los resultados de estas hibridaciones, es necesario a veces esperar demasiado tiempo.

METODO DE PROPAGACION POR SEMILLA

La forma sexual (o polinizada) más comúnmente usada y fácil para producir el cacao es por medio de semillas frescas. Gran parte del cacao cultivado en la actualidad proviene de semilla sin seleccionar.

Ultimamente se ha intensificado el interés de las siembras con semilla certificada, debido al notable comportamiento de los árboles provenientes de semilla de polinización *cruzada*, de clones seleccionados y, en especial, de cruzamientos simples entre clones originarios del Alto Amazonas y de selecciones locales, los cuales han demostrado un alto grado de vigor híbrido en sus descendencias.

Existe siempre la dificultad de que no puede predecirse la capacidad productiva de las plantas resultantes, ya que varía considerablemente, aún entre las descendencias de un mismo fruto.

Semilla común. Si el agricultor no está en condiciones de obtener semilla híbrida certificada, entonces debe proceder a seleccionar dentro de su plantación los mejores árboles, los más robustos, con mayor producción y que en lo posible estén libres de enfermedades. De estos árboles se puede tomar la semilla mezclándola para sembrarla al campo.

Semilla clonal. En las estaciones experimentales se han seleccionado clones por su alto rendimiento desde muchos años atrás; estos árboles, por lo general, dan mejor descendencia que los árboles no seleccionados previamente, puesto que han sido probados por varios años.

Semilla híbrida. Luego de varios años de estudios de híbridos interclonales, se han llegado a establecer los beneficios que se pueden obtener al usar semilla híbrida, especialmente si es certificada. Los híbridos consisten en material de cruces artificiales de dos clones que tienen buena habilidad combinatoria. En Turrialba se han seleccionado 34, los cuales se reparten al agricultor como semilla híbrida certificada.

Hay dos vías para obtener la semilla híbrida: a) aprovechando la incompatibilidad de los clones, se establecen jardines aislados y b) con polinizaciones dirigidas, con lo cual se puede certificar la exactitud del cruce.

No es conveniente usar la semilla de la siguiente generación de los híbridos, debido a la gran segregación genética que tienen. Es necesario siempre volver a la semilla original.

Polinización artificial

La polinización artificial del cacao puede hacerse con varias finalidades: producción de semilla o mazorcas para estudios científicos, como genéticos, fitopatológicos y de calidad; producción de semilla certificada de híbridos; y producción de semilla para aumentar la producción en un área determinada.

El cuidado que se ponga en el trabajo depende del objetivo para el cual se polinice. Si se hace para trabajos genéticos, requiere de mucho cuidado para el aislamiento, puesto que se necesita pureza absoluta. Si el fin es aumentar la producción, la polinización se hace en forma muy simple, casi sin ningún cuidado.

Cuando se va a usar la semilla para fines científicos, se utilizan los siguientes materiales: tubos de vidrio, plástico o gelatina, capaces de cubrir la flor sin estropearla ni impedir que se abra normalmente. Un extremo del tubo debe estar abierto, el otro cerrado. Si no tiene cierre del mismo material, debe cerrarse con una tela fina (gasa) y sostenerse con cuidado, generalmente con una liga (hule) de presión. Plasticina (plastilina); debe tenerse cuidado de que esta no afecte los tejidos del árbol. Alambre, etiquetas plásticas, lápiz especial que no se borre con el tiempo la escritura de la etiqueta. Pinzas de punta fina o un instrumento similar que garantice el manipuleo de los órganos de la flor (que son muy pequeños). Lentes de aumento (de preferencia sujetos a la frente).

Como la flor inicia su apertura durante la tarde, es conveniente tapar los botones florales maduros durante este tiempo para lo cual se hace un anillo con la plasticina; rodeando al botón en donde se ajustará el tubo protector. Si la posición del tubo es hacia abajo, será mejor sostenerlo con alambre o hilo resistente para evitar su caída.

La flor macho que servirá de padre se selecciona y se le cubre en igual forma que la femenina. Al día siguiente se colectan las flores macho temprano en la mañana, cuidando de identificar adecuadamente el material. Las flores macho se deben transportar en frascos o recipientes que contengan un algodón con un poco de agua o un poco de papel filtro o papel toalla humedecido, para conservar la turgencia de las flores, especialmente si el día es seco y brillante.

Luego de colectar las flores macho se revisan las flores hembra abiertas. Se retira con cuidado la protección de la flor y se procede a emascularla. Se eliminan los estambres, tratando de lastimar lo menos posible las otras partes de la flor y procurando no mover o golpear la flor y los estambres para evitar la salida del polen. Una vez emasculada, se procede a eliminar uno de los estaminodios, para que facilite la polinización. Se selecciona la flor padre, se retiran los pétalos y se dejan descubiertos los estambres, que se frotan lentamente contra el pistilo. Si no hubiera seguridad de la polinización, se debe pasar a otro estambre, asegurándose de que se haya depositado polen en el estigma y estilo. Para facilitar la operación, algunas personas prefieren tomar el estambre con la pinza y frotarlo contra el pistilo.

Una vez efectuada la polinización, se recubre nuevamente la flor femenina con el tubo, se asegura y se pone la etiqueta con la identificación del cruce y la fecha.

A los tres días se regresa para observar las flores. Si hubo polinización, las partes florales se secan pero el ovario queda pegado y comienza a desarrollarse. Dependiendo de la clase de tubo protector que se usó, se puede retener o dejarlo

unos días más (5 días), para que la mazorquita se desarrolle bien. Se debe también tener cuidado de retirar la plasticina.

Cuando el tubo usado es de plástico delgado o de gelatina, se puede soportar a la flor, haciendo un pequeño rollito de algodón que sujeta el tubito al pedúnculo floral. En este caso si la flor pega, el tubo permanece por más tiempo, pero si no pega el tubito puede caer al suelo con el desprendimiento (abscisión) de la flor. Si se usan tubos de gelatina, estos generalmente no soportan una lluvia fuerte.

Si el material se va a usar para semilla de venta, se puede proceder con la misma práctica, pero con menos cuidado. En una operación comercial grande, se acostumbra a no tapar la flor, por el tiempo que se toma, sino que se procede a polinizar directamente flores seleccionadas el día anterior, por medio de una eliminación de todas las flores durante la tarde; con esta operación se sabe que las flores se han abierto ese día. Con este método se ha podido observar una contaminación de 0.6 % , lo cual no representa ningún problema en las plantaciones comerciales. Si el operador es cuidadoso, observa bien el estilo y puede asegurarse que no hay contaminación, reducirá casi a 0 % este riesgo.

Si el objetivo de la polinización es aumentar la producción, se debe tener menos cuidado y polinizar toda flor que asome. El único cuidado que debe tener el polinizador es que polinice flores frescas, para lo cual debe aprender a reconocer flores nuevas, por las siguientes características:

Las flores jóvenes son de tejidos firmes, de coloración brillante, perlado. La concha (cogulla) debe estar traslúcida, permitiendo observar las tecas, que son de color blanco crema (perla). Los estaminoides generalmente aparecen cerrados, protegiendo al pistilo.

Las flores del día anterior o viejas, en cambio, tienen todos sus órganos flácidos y presentan, en general, una coloración amarillenta. La concha pierde su transparencia, las anteras se vuelven de color amarillento y las tecas se vuelven café claro. Si esta flor fue polinizada naturalmente, estará firmemente prendida al cojín floral, si no ha sido fecundada, con simplemente tocarla se desprende fácilmente, por haber iniciado la abscisión.

Cuando no se dispone de pinzas para la operación de polinización se puede hacer, con un poco de práctica, con la ayuda de las uñas y de los dedos.

En algunos trabajos las mazorcas se deben proteger contra las enfermedades para lo cual, al momento de retirar el tubo luego de la polinización, se debe cubrir con una bolsa plástica asegurándola en la parte superior de la flor pegada al tallo o a la rama.

VII

Cultivo



Existen diferentes métodos para producir árboles de cacao, pero el más fácil y de uso común consiste en la siembra de semillas.

CONSTRUCCION DEL VIVERO

Para la reproducción de cacao por semilla se requiere un vivero, en cuya construcción se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

La ubicación estará de acuerdo con el número de hectáreas que se vayan a cultivar. Si el área es grande, conviene hacer varios semilleros distribuidos de tal manera que se facilite el acarreo de las plantas al sitio definido. Debe estar cercano a una fuente de agua para aplicar riegos suplementarios a las plantas y para las fórmulas líquidas de pesticidas.

Las platabandas o eras, de 1.20 m de ancho 0.10 m de altura, por el largo que sea necesario, son fajas de terreno nivelado, separados por senderos de 0.30 - 0.40 m que sirven como camino y drenaje. El terreno debe ser plano y estar fuera de peligro de inundación. Aún así, deben construirse alrededor del área pequeñas zanjas de drenaje.

El vivero debe protegerse contra vientos fuertes y cercarlo para evitar los daños que ocasionan los animales. Debe disponer de sombra apropiada, un 50 % como mínimo. Esto se logra con hojas de palma, con caña brava o con cedazo plástico, hecho para este fin (Saran).

El beneficio de un buen sombreado en los viveros ha sido estudiado en muchas estaciones experimentales; por ejemplo, un vivero sombreado con un 75 - 80 % , logró un promedio de germinación de 98.5 % , comparado con solamente 69.5 % en viveros sin sombra.

Los viveros con 50 % de sombra dan un promedio de germinación de 94 % y cuando solamente tienen un 25 % de sombra, se consiguió 83.25 % de germinación. Estos diferentes grados de sombreado se pueden conseguir usando "casas de bambú". En todo caso, cuando se prescinde de la sombra, la germinación y la supervivencia logran porcentajes muy bajos.

En la mayoría de los casos, los viveros de cacao se usan por unos pocos años y la construcción de éstos son simples estructuras compuestas de horcones o postes, a

3 m de distancia, que sostienen reglas de madera, cañas de bambú o alambre, a 2 m sobre el suelo, para poner sobre ellas hojas de palma, musáceas, etc. y ramas o materiales de cedazo plástico, que permitan proveer sombra en el techo del vivero y también sombra lateral.

La sombra inicial puede parecer excesiva en un principio, pero si consideramos que es material fresco, dentro de una o dos semanas las hojas y ramas se secan y permiten el paso de luz en una proporción del 50 al 60 %.

En el vivero las semillas se siembran en tres formas: en cajas de germinación, en eras o semilleros y en macetas.

Las cajas de germinación deben ser hechas de madera, estar provistas de un buen estrato de aserrín (10 cm) sobre suelo suelto, con buen drenaje; es el lugar donde se colocan las semillas para que emitan sus primeras raíces, y tiene la ventaja de facilitar el proceso de germinación. Las semillas se ponen a una distancia de tres centímetros una de otra y se introducen por la parte más ancha, procurando que el extremo puntiagudo apenas se pueda notar en la superficie. Si los extremos de la semilla son aparentemente iguales, ésta se coloca en posición horizontal, cubriéndola con una capa de aserrín. El tiempo de permanencia en estas cajas es de 15 a 30 días, por cuanto las plantas de cacao tienen raíz pivotante bastante larga.

Las eras o semilleros son platabandas o fajas de terreno que han sido bien removidas y levantadas sobre el nivel general del terreno. Poseen un ancho no mayor de 1.50 m, para facilitar los trabajos de siembra, limpieza de malas hierbas y el riego, pueden tener cualquier dimensión longitudinal, siempre que estén protegidas de los vientos fuertes y dispongan de buena sombra. Para evitar daños por salpique en la época de lluvia, es aconsejable cubrir el suelo del semillero con una capa de aserrín de cinco centímetros.

La profundidad del suelo de los semilleros debe ser satisfactoria y debe facilitar un normal desarrollo de las plantas; además, al momento del trasplante, la estructura del suelo no debe permitir el menor daño al sistema radicular, en especial a la raíz pivotante.

Las macetas son formas disponibles de un recipiente hecho de cáscara de banana, abacá, papel asfaltado, bambú, bejucos o polietileno. Esta última (bolsas plásticas) es la que más se usa en la actualidad, ya que en muchos aspectos son mejores, baratas, durables, livianas y plegables. Están provistas de agujeros para drenaje tanto en la base como en los lados. Otra ventaja de las macetas es la facilidad para transportarlas de un lugar a otro. El relleno de la maceta puede ser un medio preparado a base de siete partes de suelo, tres partes de estiércol descompuesto, dos partes de arena y una onza de superfosfato.

En el vivero se deben mantener los cuidados que se enumeran a continuación:

1. En épocas de sequía el riego debe hacerse diariamente por las mañanas, tratando de mojar bien las hojas y la tierra.
2. Las malas hierbas deben eliminarse cada semana, procurando arrancarlas a mano. Se recomienda no usar herbicidas en esta etapa.
3. Las plantas enfermas o muertas deben examinarse con cuidado para determinar su grado de peligrosidad y ubicarlas en otro lugar, para su tratamiento o destrucción, según el caso.
4. Hay que fertilizar con un abono completo mensualmente, a razón de cinco gramos por planta.

5. Si hay presencia de Antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporoides* es necesario aumentar la sombra y aplicar fungicidas a base de bisditiocarbamatos de zinc y manganeso (Dithane*) de 10 a 20 g/4 litros de agua, más adherente.
6. Si los daños en el follaje se deben a *Phytophthora palmivora*, entonces el control se hace a base de cúpricos como Kocide 101*, Cobresandoz*, Cupravit*, etc., 10 a 16 g/4 litros de agua, más 2 ml de Tritón CS-7* por galón de agua.
7. La aplicación de fungicidas e insecticidas debe hacerse cada dos semanas, hasta que los síntomas de las enfermedades hayan desaparecido. Las plantas permanecen en el vivero hasta seis meses, luego están listas para el trasplante.

Debido a que la semilla es difícil de conseguir, se debe hacer el pedido o su búsqueda con bastante tiempo. Generalmente, el productor de semilla mejorada necesita unos seis meses de anticipación para poder programar su producción.

En el Cuadro 19 se presenta un cronograma de trabajo para la preparación de un vivero. En general, las plantas no deben durar en el vivero más de seis meses, pues en esta época las raíces tienden a salir de la bolsa hacia el subsuelo, dificultando el transporte y poniendo en peligro la vida de la planta al momento del trasplante.

Cuadro 19. Cronograma de actividades para la formación y cuidado del vivero.

	MESES																			
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
VIVERO																				
Solicitud de la semilla de cacao y guabo.																				
Preparación del área y de las bolsas.																				
Siembra en semilleros o en las bolsas.																				
Riegos suplementarios.																				
Abonamiento.																				
Fumigaciones.																				
Deshierbas.																				
Otros cuidados.																				

PREPARACION DEL TERRENO

Considerando los posibles lugares que existen para el establecimiento de plantaciones nuevas de cacao, podríamos citar los suelos de montaña, los de potreros y las áreas ocupadas por frutales, como es el caso de las plantaciones de coco, de palma aceitera, cítricos y otros.

* Marca registrada.

La selección del área debe concordar con las especificaciones ecológicas del cultivo en cuanto a temperatura, lluvias, viento, sombra y suelos, para concretar la ubicación del área seleccionada con su topografía y determinar si es necesario construir drenajes y aún caminos.

Cuando el área es de montaña, lo usual en Centro y Sur América es hacer la "socola" o sea la chapea de material herbáceo y arbustivo. De inmediato se practica la "tumba" o sea el corte de arbustos y árboles pequeños, débiles y también árboles grandes que sean señalados como poco útiles para sombra permanente. Si se elimina toda la vegetación, entonces hay que hacer la socola, voltea, destronca y quema que son las labores que se practican en suelos de montaña, para luego establecer sombra temporal a base de maíz y yuca, gandul o plátano y, asociado a estas plantas, sembrar el cacao.

Plantar bajo las condiciones de selva es usual en África y los países tropicales de América. El método es barato, simple y apto para establecer fincas pequeñas en relativamente corto tiempo, pero tiene sus desventajas, como que la sombra de los árboles altos es desigual y muy difícil de regular. Además, muchos de estos árboles tienen un papel muy competitivo con las plantas cultivadas y otros pueden ser magníficos hospederos de enfermedades y plagas. Antes de usar este método de elegir áreas de montaña deberían estudiarse con tiempo las ventajas y desventajas. Puede suceder que luego de plantado el cacao y queriendo manejar en óptimas condiciones el cultivo, puede llegarse a la conclusión de que los árboles de sombra permanente que se dejaron están distribuidos desordenadamente; que hay grupos de ellos en donde hay exceso de sombra y hay muchos lugares en donde ésta falta. Si se pretende cortar alguno de ellos es más el daño que el beneficio que se va a obtener, ya que con la caída de cada árbol son muchos los arbolitos de cacao que quedarán dañados y muchos jamás se recuperarán.

Selección de la sombra

La sombra es indispensable en el árbol de cacao joven. Una de las principales razones es asegurar una correcta forma de crecimiento. La cantidad de luz que reciban de manera adecuada los arbolitos tendrá vital influencia en la vida de éstos. Poca luz o demasiada sombra, darán arbolitos delgados con internudos alargados y ramas escasas y de consistencia flácida. Por el contrario, alta intensidad de luz o poca sombra, darán un efecto opuesto, con plantas de crecimiento lento y de poca altura. El exceso de luz no es deseable; es mejor un balance de luz y sombra para un crecimiento normal de las plantas que, si están bien espaciadas, pronto formarán su copa con suficientes ramas principales, secundarias, terciarias, etc., con follaje suficiente que permita que estas copas tengan influencia de su sombra sobre el crecimiento de las malas hierbas, reduciendo sustancialmente el costo de producción de la finca cacaotera.

Con plantas bien establecidas es posible cultivar cacao sin sombra, pero con la advertencia de que la ausencia de sombra debe estar compensada con dosis bien equilibradas de fertilizantes y, además, deberán estar con un distanciamiento entre plantas apropiado, por ejemplo: 2 x 3 m ó 3 x 3 m. Se debe tener permanentemente una adecuada provisión de agua y un estricto control del estado sanitario, lo cual se puede hacer con un combate integrado de plagas y enfermedades.

La recomendación usual es que el cacao puede crecer protegido con cultivos de plantas en forma escalonada, así: antes de la siembra del cacao, con plantas anuales de subsistencia, maíz, yuca, frijol; luego del primero al tercer año, cualquier tipo de

musáceas y, finalmente, árboles leguminosos o maderables y aún frutales, que se escogerán de conformidad con los mercados cercanos y con la perspectiva futura de la explotación.

Drenajes

Habiendo recorrido el área y definido su topografía, conviene determinar la hechura de vías de acceso y drenajes. La necesidad de los drenajes depende del régimen de lluvias, la gradiente, el tipo de suelo y los lugares de encharcamiento, para determinar su correcta ubicación.

Los drenajes pueden ser primarios, secundarios o terciarios, dependiendo de sus dimensiones y el papel que juegan dentro de la finca. Así, un canal colector céntrico o de periferia puede ser de 1 a 4 m de ancho por 1 a 3 m de profundidad, por largo indefinido, dependiendo del volumen de agua que va a conducir. Los drenajes secundarios podrán ser de la mitad de las dimensiones del primario y subsecuente-mente los terciarios podrán ser pequeños canales guías, que ayudarán a extraer el exceso de las aguas estancadas y a conducir con ritmo calmo las aguas de lluvia. Se debe preveer en la construcción de los drenajes que el volumen y velocidad de la escorrentía no causen erosión a los suelos del cultivo.

Caminos

Dentro de las fincas de cacao deben construirse caminos distanciados de tal manera que permiten el fácil acceso de trabajadores y equipo para realizar de manera eficiente los trabajos de mantenimiento, cosecha y acarreo del producto. En fincas de topografía regular y de más de 100 ha de superficie, un camino central, uno de periferia y caminos internos de 6 m de ancho cada 100 m, serán una buena ayuda para todas las operaciones.

Cercas

El objetivo de la existencia de las cercas es obvio y pueden ser a base de setos vivos o postes y alambre galvanizado. Tres a cuatro hilos de alambre serán suficientes para tener una buena cerca que delimite la propiedad y proteja la entrada de animales.

SIEMBRA DEL CACAO

Trazado. El óptimo espaciamento entre los árboles de cacao será aquel que permite un retorno económico por unidad de área. Esto, sin embargo, está afectado por varios factores, como el vigor de los árboles, el tipo de material plantado, las condiciones de la sombra, el suelo y el clima.

Cada país adopta ciertas distancias de siembra; así en Samoa, Sri Lanka y Papúa-Nueva Guinea, prefieren 5 x 5 m; en Trinidad, República Dominicana y América Central la distancia común es 4 x 4 m; en Sur América 3 x 4 m. En africa siembran de dos y tres semillas juntas por hoyo, separadas 1.3 m un grupo de otro y colocadas al azar, es decir, sin ningún trazado o alineamiento. De esta manera muchos árboles mueren antes de llegar a la edad de producción y finalmente quedan alrededor de 1600 árboles/ha, que tiene una equivalencia como si se hubieran sembrado a 2.5 x 2.5 m. Los finqueros no seleccionan los árboles que crecen y muchos sitios tienen dos árboles en cada sitio de siembra.

Mucha de la evidencia experimental con híbridos sugiere un espaciamiento corto como 2 x 2 m, para dar altos rendimientos. Plantaciones a 3 x 3 m tienen un espaciamiento conveniente, fácil acceso a las hileras de árboles y la posibilidad de usar equipo mecanizado, como un tractor con trailer o un jeep, donde el suelo es razonablemente plano.

El trazado o alineado puede ser al cuadrado, en tres bolillos o triángulos y, como en el caso de Colombia, el "cinco de oros" que es un trazado de 4 x 4 m, con una planta en el centro.

El alineamiento o estaquillado puede hacerse con ayuda de cañas con la longitud de la distancia determinada y con pedazos de caña de 50 a 80 cm de largo, con una punta en un extremo, para fijar los sitios de la plantación.

Hoyado. Es deseable hacer hoyos de 40 x 40 x 25 cm de hondo, mezclando el suelo del hoyo con la materia orgánica superficial y retornando este suelo al hoyo al momento de la plantación. Se pueden cavar los hoyos con suficiente anticipación para que los agentes exteriores meteoricen el suelo.

Trasplante. En general esta práctica debe coincidir con el inicio de la época lluviosa; sin embargo, donde se cuenta con riego artificial, la colocación de las plantas jóvenes en el sitio definitivo puede realizarse en cualquier tiempo. Debe recordarse que a pesar de disponer de agua para riego, las plantas jóvenes van a tener suficiente protección, principalmente contra el sol y los vientos.

Si las plantas proceden de un vivero bien sombreado y se pasan al campo, las condiciones de sombra deben ser bastante similares, para garantizar una normal adaptación y desarrollo posteriores.

La maceta o bolsa plástica en que creció la planta joven debe manejarse con cuidado; el contenido de suelo es un estrato semicompacto, en el cual, tanto la raíz pivotante como las raíces fasciculadas, están en franco crecimiento y si hay descuido en el traslado de estas macetas (ruptura de las bolsas, pérdida de suelo, ruptura de las raíces y maltrato de las plantas durante el transporte, la exposición al sol y el daño de las hojas por el viento) estos son factores determinantes en la apariencia, vigor y lozanía que deben distinguir a una plantación recién establecida.

La poca atención que se da en este punto puede ser el inicio de una plantación con problemas. No es exagerado decir que en ocasiones incluso se ha descuidado —en trabajos por contrato— la eliminación de la bolsa plástica y uno o dos años después, en vista de la clorosis del follaje y el enanismo en el crecimiento, se han dado cuenta que el trasplante al campo fue incorrecto. El tamaño del hoyo, la ausencia de piedras grandes, el tipo de suelo, la fertilización dentro del hoyo, son factores que no deben descuidarse al tiempo de llevar del vivero al lugar definitivo las plantas jóvenes de cacao. Fertilizar el hoyo con 100 g de la fórmula 10-30-10 o la 12-24-12, más 60 g de Nitrato de Amonio, que deben ser puestos en la superficie unos días después del trasplante, asegura un buen inicio en el crecimiento del cacao joven.

PODA DEL CACAO

El objetivo de la poda en cacao es eliminar las partes poco productivas o innecesarias de los árboles, para estimular el desarrollo de nuevos crecimientos vegetativos y equilibrarlos con los puntos productivos.

La poda también tiende a eliminar los chupones y las ramas mal dirigidas, controlar la altura del árbol, regular la entrada de luz a los estratos inferiores, eliminar ramas que dificultan las labores agrícolas y facilitar la visibilidad de las mazorcas, ya sea para cosechar o para practicar las aspersiones.

Para cortar los brotes terminales y ramas delgadas se utilizan la cuchilla y las tijeras de podar de mano y de mecate. Cuando se trata de ramas gruesas, son necesarios los serruchos. En lo posible, debe evitarse el uso del machete o usarlo con mucho cuidado. Cualquier herramienta que se use debe estar siempre bien afilada, los serruchos bien trabados, nunca deben estar oxidados, pues las oxidaciones provocan alteraciones fisiológicas a las plantas. Las tijeras deben permitir un corte liso, sin lastimaduras. Cuando se usa el serrucho para cortar una rama gruesa, primero se debe hacer un corte guía en la parte inferior de la rama o sea en la parte que mira al suelo, con la finalidad de que la corteza no se rasgue al momento de desprenderse la rama, que generalmente se desgarran en el último momento del corte. Los cortes que se hacen durante la poda deben cubrirse con alguna pasta cicatrizante, con el objeto de impedir la entrada de enfermedades y plagas.

El agricultor puede preparar una mezcla de fungicida e insecticida, más adherente, dejándola con consistencia de pintura. Esta mezcla se aplicará de inmediato en los cortes con la ayuda de una brocha o una espátula. Igualmente, el machete, las tijeras u otras herramientas usadas en la poda, deben ser desinfectadas con una solución de formalina del 5 al 10 %, para evitar el contagio de enfermedades.

Es buena costumbre usar dos herramientas similares, pues mientras se trabaja con una, la otra se pone a desinfectar en un recipiente adecuado. Los estuches de cuero con felpas o esponjas internas impregnadas de desinfectante, son una manera fácil y eficiente para usar y desinfectar las herramientas de poda. Luego de la desinfección debe procederse a aceitar las herramientas para prevenir la oxidación y conservarlas en óptimas condiciones, para una nueva fecha de poda.

Existen cuatro tipos de podas: la de formación o poda temprana, que se hace en los primeros años del árbol; poda de mantenimiento; la de rehabilitación, que se hace para mejorar árboles viejos, caídos o abandonados; y la de sanidad, que debe hacerse coincidir con las cosechas, para eliminar las partes enfermas.

Poda de formación

Es aquella que se efectúa desde el vivero, en plantas de un mes a un año y medio o dos de edad y consiste en dejar un solo tallo hasta la formación de la horqueta, que ocurre entre los 10 y 16 meses de edad, aproximadamente. A nivel de horqueta, el objetivo es dejar un número adecuado de ramas principales (3 a 5), que conformen o equilibren la copa del árbol.

Esta copa o verticilo será la futura armazón del árbol y las ramas primarias serán la futura madera donde se formarán la mayoría de las mazorcas, lo mismo que en el tronco principal.

En el segundo y tercer año se elijen las ramas secundarias y así sucesivamente, hasta formar la copa del árbol. Se eliminarán las ramas entrecruzadas muy juntas y aquellas que tienden a dirigirse hacia adentro.

Algunos tipos de árboles tienden a formar ramas hacia abajo; estas ramas se debilitan y caen hacia el suelo ya sea por sombreado excesivo o por caracte-

rísticas genéticas, como sucede con los tipos criollos y algunos originarios del Amazonas. En estos casos, la poda de formación debe ser mucho más cuidadosa, eliminando las ramas o partes que caen al suelo (despunta) y promoviendo el crecimiento de ramas laterales fuertes y hacia arriba.

La poda de formación y especialmente la eliminación de los chupones, debe hacerse con bastante frecuencia, pues entre más jóvenes se eliminan, menos se lastimará el tronco. Si el deschuponado se hace cada 15 días o cada mes, la labor puede ser realizada por trabajadores jóvenes, a mano o con una cuchilla bien afilada, produciendo una mínima lastimadura al árbol. En la mayoría de los casos las heridas no requieren ser protegidas con pasta cicatrizante.

Poda de mantenimiento

Después de dos o tres años de edad los árboles deben ser sometidos a una poda ligera, por la cual se mantiene una buena forma del árbol y se eliminan las ramas muertas o mal colocadas. Esa poda, por lo regular, se puede hacer una o dos veces por año y se aconseja hacerla en época seca, para que cuando vengan las lluvias se estimule el crecimiento de las ramas mejor dirigidas.

La cantidad de material que se elimina no debe ser excesiva, considerando que las mazorcas formadas en el árbol deben ser "alimentadas" por las hojas, y que las podas muy fuertes alteran la producción regular. Se deben suprimir todos los hijos o chupones que hayan crecido en el tronco y sobre las ramas primarias. También se eliminan todas las ramas defectuosas, secas, desgarradas, torcidas o cruzadas y las débiles que se presenten muy juntas. Es importante eliminar las plantas parásitas (*Lorantáceas*), como el "Mata Palo", "Pega con Pega", o "Suelda con Suelda", que crecen sobre la copa del árbol.

Poda de rehabilitación

Con el tiempo y según el plan de manejo, un cacaotal se hace improductivo, ya sea porque se descuidó la poda y creció libremente o porque fue abandonado. En esos casos se puede rehabilitar. La rehabilitación es la regeneración del árbol por medio de podas adecuadas. Estas deben ser parciales, en cuyo caso se conservan las mejores ramas o el tronco, para estimular el brotamiento de chupones basales. Los mejores chupones son seleccionados para reemplazar el árbol viejo o son injertados con yemas de clones o de híbridos sobresalientes.

En la poda parcial se eliminan las ramas mal dispuestas o caídas al suelo, dejando un 25 % de las ramas en mejor estado. La plantación, por lo general, reacciona muy bien y si se acompaña de fertilización y un buen programa de combate de plagas, enfermedades y malas hierbas, puede aumentar los rendimientos en forma permanente por varios años.

La poda completa del tronco entre 60 y 80 cm sobre el suelo, dejando crecer los chupones y seleccionando uno o dos para dar formación a una nueva planta, es un tanto brusca y se tarda más tiempo en conseguir rendimientos, pero puede ser practicada cuando la plantación está en muy malas condiciones. Al mismo tiempo, se deben sembrar plantas de híbridos en las fallas o espacios libres, para completar el número de árboles recomendable por hectárea.

El material genético existente puede rehabilitarse, haciendo injertos en los chupones y luego dejando crecer solamente los injertos de clones selectos.

Poda de sanidad

Esta poda se inicia en el vivero y consiste en eliminar, con ayuda de tijeras o cuchilla, toda rama u hoja enferma. Cuando las plantas son adultas, con la frecuencia de esta poda se elimina todo el material atacado por plagas y enfermedades, sean hojas, brotes, ramas o frutos. Dependiendo de la virulencia de la plaga o la enfermedad, todo el material de poda debe ser destruido por el fuego o enterrado, después de que se haya aplicado algún agroquímico que ayude a la destrucción.

RENOVACION DE CACAOTALES

Cuando una plantación ha sufrido una baja en su producción promedio, ya sea por enfermedades, ataque de insectos, abandono, etc., lo lógico es tratar de rehabilitarla. En muchos casos un estudio rápido de las condiciones generales de la plantación puede orientar el tipo de rehabilitación necesaria. Si las condiciones son extremas o los costos de rehabilitación son muy altos, es mejor pensar en una renovación del cacao. Si se considera la rehabilitación desde este punto de vista, vendría a ser como un rejuvenecimiento del área, por los métodos más económicos y prácticos y al mismo tiempo los más eficientes.

Si el problema de la plantación es material demasiado viejo, con sombra de árboles no convenientes, cuya rehabilitación sea peligrosa, entonces también será mejor pensar en que una renovación será más económica, especialmente si se elimina la sombra vieja para establecer una nueva.

En ocasiones la sombra puede estar en buen estado, en cuyo caso se la puede aprovechar, eliminando tan solo la parte del cacao y comenzando una nueva plantación.

Si tanto la sombra como el cacao están en buen estado, pero el cacao es improductivo por edad o por corresponder a un material genéticamente pobre, entonces se pueden aprovechar ambas sombras para instalar la nueva plantación de cacao.

En lugares donde las enfermedades sean fácilmente transmisibles de una planta a otra, como el caso de los virus o la "Escoba de Bruja", habrá que hacer algunas consideraciones, especialmente si el material que se va a plantar no es resistente a la enfermedad prevaleciente.

Cada caso tiene sus ventajas y desventajas y las condiciones y costos pueden variar considerablemente de lugar a lugar. En algunos casos, la renovación total no permitirá por algunos años (2-3), ningún retorno al agricultor; en otros casos, cuando se aprovecha la sombra del cacao, el agricultor recibe una entrada, que en muchos casos paga todos los costos y hasta le puede dejar beneficios.

En algunos lugares ha sido muy difícil hacer crecer árboles nuevos en plantaciones viejas, quizá debido a la gran competencia de los árboles adultos, tanto en espacio aéreo, como en espacio radical.

Algunos países tienen planes de renovación en gran escala y por varios años, como es el caso de Brasil, que desde 1972 lo está realizando con dos sistemas: tumba completa y renovación bajo el viejo cacao como sombra. Este programa, para 8 años, tiene 4 años de gracia, subsidio y un interés bajo para el agricultor.

En todo sistema de renovación, la principal condición que se debe establecer es que el material que se va a sembrar sea precoz y de alta producción, para poder obtener el beneficio del sistema. El material además deberá buscarse con resistencia a las principales enfermedades locales.

Esta condición en general es difícil de llenar, debido a la falta de material mejorado en las diferentes localidades y lo difícil de adquirir en algunas zonas. Otro factor negativo importante es la resistencia del agricultor a cortar su material viejo, aunque éste sea poco productivo.

En algunos lugares donde no se quiere usar sombra permanente se ha recomendado cambiarla por plátano o banano por el tiempo que se necesite la sombra temporal, pero en este caso hay que hacer un estudio cuidadoso del mercadeo del plátano o el banano, pues en muchas regiones se puede *saturar* el mercado local fácilmente, o se debe establecer previamente el mercado internacional. En otros lugares el precio de la sombra no es conveniente y puede haber más ventaja en tener cacao en lugar de plátano.

El sistema de replantar cacao bajo cacao viejo fue implantado en Nigeria, con notable beneficio para los agricultores, especialmente cuando se sembró material mejorado del Alto Amazonas.

Si la decisión es hacer una renovación completa, esta se puede hacer en varias formas:

Eliminación completa del cacao y la sombra de toda el área que se va a renovar. Plantación de nuevo cacao y nueva sombra, siguiendo el método regular descrito anteriormente. Debe cuidarse de la sombra inicial y la sombra temporal, al igual que la permanente.

Si la posición económica del agricultor no es muy buena, entonces se recomienda dividir la finca, de acuerdo a un plan establecido, en tantos lotes como sea conveniente. Por experiencia se recomienda dividirla en solamente dos partes, máximo tres. Se debe seleccionar primero, para la renovación, el lote menos productivo y practicar la tumba completa y el resto de labores adecuadas para la plantación. Para el segundo año, se procede de acuerdo a la decisión del finquero; si dividió en tres lotes, se debe trabajar el lote No. 2 de manera que el tercer lote siga produciendo. Si la decisión fue de dividir en dos partes la plantación, es preferible esperar un año más para iniciar la renovación del segundo lote; de esta manera el lote primero comenzará a producir muy pronto y al tercer año se habrá renovado toda la plantación, con una producción escalonada.

El factor más importante para cualquiera de estas decisiones es el estado económico del agricultor y si éste consigue o no financiamiento, en cuyo caso, cuanto antes se establezca la renovación, será más práctico. Cuando el agricultor tiene que hacer su propio esfuerzo sin ayuda económica externa, lo más lógico será que al dividir su plantación, inicie por lotes pequeños el primero y segundo año, hasta que éstos comiencen a producir y luego tomar la decisión de agrandar los lotes siguientes en los demás años o hacer el resto en un solo año.

Si el agricultor se decide por el método de siembra bajo cacao, debe tomar en cuenta varios factores: extensión del área; economía del agricultor; mano de obra disponible y material genético disponible.

Si las condiciones del agricultor son óptimas, se puede pensar en renovar todo el área. Si hubiera alguna limitante se procedería, como se explicó anteriormente, a dividir el área de acuerdo a lo más conveniente. En general, el procedimiento recomendado es el siguiente:

Primer año:

1. Dependiendo de la decisión tomada se deben matar los árboles viejos de sombra y sembrar la nueva o sembrarla en los claros destruidos por la sombra vieja, plantar plátano o una sombra temporal adecuada, si se hubiera tumbado la sombra vieja. Es recomendable matar el árbol de sombra para que las ramas vayan cayendo poco a poco, sin causar mucho daño (anillamiento o uso de arboricidas).
2. Limpia del área en la parte baja del cacaotal.
3. Alineamiento y estaquillado a distancias de 3 x 3 m o, en caso necesario, 2 x 3 metros.
4. Siembra del cacao, teniendo el cuidado de poner 100 g de un abono 10-30-10 ó 12-24-12 o un equivalente en cada hoyo del cacao (es de especial interés el fósforo); se debe tener cuidado de que la planta no tenga contacto directo con el abono.
5. Si fuera necesario, se deben hacer aspersiones de fungicidas (insecticidas); sólo si las condiciones lo requieren.
6. Al mes de plantado se deben sembrar las fallas o reemplazar el cacao muerto.
7. Entre cuatro y seis meses más tarde se debe hacer una poda al cacao viejo para dejarlo en 50 % de sombra, una vez que el cacao nuevo se haya establecido bien.
8. Riego de abono para cada planta, si existe un plan previo establecido o siguiendo las recomendaciones establecidas en este texto.

Segundo año:

9. Eliminación del 50 % de los árboles viejos de cacao, procurando dejar una sombra lo más uniforme posible.
10. Poda de formación del cacao nuevo.
11. Combates adecuados de malezas y continuación del plan de saneamiento, si fuera del caso.

Tercer año:

12. Eliminar al inicio del tercer año el 50 % o más de las matas de cacao viejo, dejando solamente las necesarias para evitar una acción directa del sol.
13. A mediados del tercer año, dependiendo de las condiciones generales, eliminación total del cacao viejo.
14. Manejo regular ya establecido, de la plantación.

El costo de operación para la renovación total, como para la renovación bajo cacao es similar, con la única diferencia de que en el segundo caso se obtiene una cosecha de cacao que producen los árboles al ser podados y no tener malas hierbas, o sea con el mejor manejo.

En algunas ocasiones, este aumento de la producción del cacao viejo puede ser tan alto, que el agricultor puede negarse a cortar sus árboles, pero esto no se justifica en vista de que la alta producción no se puede mantener más que por un año y luego decrecería considerablemente y perjudicaría a la nueva plantación. Al final, por lo desorganizada que quedaría ésta, no se obtendría una buena producción de ninguno de los dos materiales. Para evitar este problema, desde que se inició la operación hay que seguir los pasos dados y hacer los raleos o podas del cacao viejo a tiempo. Si no se toma muy en cuenta esto, lo más seguro es que el agricultor fracase en su intento de renovación.

MECANIZACION DEL CULTIVO

La mecanización del cultivo del cacao no ofrece más posibilidades que las de otros cultivos. La preparación inicial del terreno se puede realizar con tractores, pero no es una labor estrictamente necesaria para el cacao. Por lo general, se le cultiva en suelos sin arar.

La hoyada del terreno para la siembra del cacao es otra labor que podría realizarse con barrenos motorizados, manejados por dos hombres. Los diámetros de esos barrenos alcanzan hasta 30 cm que es lo suficiente para sembrar el plantón de cacao. Comúnmente, la hoyada del terreno se hace con pala o palines, en forma manual.

Las chapas después de la siembra del cacao se pueden hacer con segadoras mecánicas manuales. Esas segadoras poseen un pequeño motor de gasolina y pueden ser manejadas por un solo hombre. Su uso es restringido en terrenos con piedras o troncos.

La fertilización es una labor prácticamente manual, que no ofrece posibilidades de mecanización.

En las podas de árboles viejos y la poda de la sombra, el uso de motosierras de hojas pequeñas ha tenido mucha aplicación. Son manejados por un solo hombre y el trabajo realizado es de calidad muy superior, respecto al manual, en la uniformidad de los cortes y el rendimiento.

La aplicación de fungicidas e insecticidas se podría realizar con tractores pequeños, según las distancias de siembra del cacao y la sombra. Con las distancias de siembra comunes de cacao de 3 x 3 m, solo tiene posibilidades el uso de bombas de espalda con motor, para aplicaciones de bajo volumen. El uso de esas bombas tiene que ser cuidadoso porque no siempre ha resultado exitoso. Si se planificara en una finca la aspersión con bombas autopropulsadas o jaladas por tractores habría que hacer caminos cada cierto número de hileras de cacao, para lo cual hay que saber las características de la maquinaria y la posibilidad del uso de mangueras para la aspersión.

La cosecha del cacao es manual, pero el transporte de los frutos cosechados se podría realizar con vehículos o tractores pequeños a través de los callejones de la finca. Generalmente, esa labor se realiza con mulas y en un sitio determinado dentro de la plantación se amontonan los frutos y luego se procede a la quiebra. El transporte de las almendras frescas hasta el beneficio se hace por medio de las mismas mulas o caballos o, si la finca es grande, por medio de vehículos o tractores.

La quiebra de las almendras es una labor que se ha tratado de mecanizar. Para ello se han desarrollado varios modelos. Un modelo se desarrolló en Turrialba, pero no tuvo mucha aplicación. Otro modelo se desarrolló en la Costa de Marfil, por la

BNG Internacional, S. A. de España*, la cual ha dado buenos resultados y la están utilizando especialmente empresas o fincas grandes. Este tipo de maquinaria podría ser utilizado por cooperativas o centros de acopio para el beneficio del material.

En la etapa de beneficio, el secado es una labor mecanizable, según se vió en un punto anterior. Se pueden utilizar transportadoras, elevadores, tornillos sin fin, pesadores automáticos y ensacadoras.

La mecanización del cultivo del cacao se restringe así a fincas grandes, con más de 50 ó 100 hectáreas de cacao. Las pequeñas áreas (5-10 hectáreas) y los bajos volúmenes (1200-2000 kg) de cacao que manejan los cacaoteros centroamericanos, en su mayoría productores pequeños, no necesitan de mucha mecanización. Es más, las labores de cultivo y beneficio son la fuente de trabajo para la familia. Por otro lado, las máquinas pequeñas que pueden usarse en cacao funcionan con motor de gasolina, combustible escaso y muy caro y los motores requieren un buen manejo y necesitan repuestos constantemente, además de su alto costo inicial.

Aún dentro de fincas grandes, la mecanización de ciertas labores resulta complicada. Una quebradora de frutos requiere de la concentración de grandes cantidades de frutos y por lo tanto, el costo del transporte aumenta. Se debería buscar un punto de equilibrio según las condiciones específicas de cada finca y determinar la factibilidad del uso de esas máquinas.

La alternativa de mecanización en cacao debe ser estudiada por los profesionales agrícolas en cada caso, según las condiciones de la finca y de los agricultores.

COMBATE DE MALEZAS

Los efectos de las malezas sobre el cacao son varios: a) Las malezas trepadoras se enredan entre los árboles jóvenes de cacao e impiden el desarrollo de las hojas, b) Las malezas compiten con el cacao por la luz, el anhídrido carbónico, el agua y nutrimentos, puesto que los absorben con mayor rapidez que el cacao. Esos daños son muy importantes en la etapa de establecimiento del cultivo, esto es, antes de que el cacao alcance su desarrollo completo. En esa etapa, la incidencia de las malezas va a depender de varios factores, entre los que destacan la condición original del terreno (bosque, potrero, etc.), el tipo de sombra temporal y el manejo mismo del árbol de cacao (distancias de siembra, poda, fertilización, etc.).

Los métodos de combate de malezas se basan en los factores señalados en el párrafo anterior y son: por medio de sombra, por el mantenimiento de un mantillo sobre el suelo, por plantas de cobertura, por labores mecánicas y por herbicidas.

Sombra. Una sombra adecuada desde antes de trasplantar el cacao es muy efectiva para el combate de malezas, especialmente de gramíneas. Intercepta gran parte de la luz solar la cual, además de favorecer el crecimiento del árbol de cacao, reduce la germinación y el crecimiento de muchas malezas. Algunos tipos de sombra como las musáceas, producen una buena cantidad de hojas que cuando se podan cubren gran parte del suelo.

Mantillo sobre el suelo. El mantillo, además de impedir físicamente el desarrollo de las malezas, intercepta la luz solar que puede llegar hasta la superficie del suelo. Ese

* BNG Internacional, S.A. Ramblas, 140, 6^o Barcelona, 2, España (Télex 51079 bgni e).

mantillo puede ser artificial o vegetal. Los artificiales son a base de polietileno negro, láminas de aluminio y otros materiales que resultan muy caros y por lo tanto de restringida aplicación. Los mantillos de residuos vegetales sí tienen aplicación práctica. Se obtienen por las podas de la sombra, podas del cacao y esparciendo bagazo, aserrín y malezas secas sobre el suelo. Cuando el cacao y los árboles de sombra alcanzan su desarrollo completo, mantienen una capa sobre el suelo de hojas secas, flores, frutos y ramillas, que impiden el crecimiento de malezas.

Plantas de cobertura. Es una práctica aplicable en cacaotales jóvenes y con poca sombra, pues no existen muchas plantas de cobertura que puedan crecer vigorosamente bajo sombra. Existen algunas leguminosas rastreras que pueden ser utilizadas al efecto, pero tratando de mantener un círculo limpio (rueda) alrededor del árbol de cacao. El problema que existe es que algunas veces ciertas especies, como el kudzú (*Pueraria phaseoloides*) es tan agresiva que requiera mucha labor para mantener una rueda o limpia, para que no suba y dañe el cacao.

Labores mecánicas o manuales. Este método se restringe prácticamente a dos labores; la rodajea, que es el mantenimiento de un círculo de 1 a 1.5 m de diámetro alrededor del árbol de cacao y las chapias, que pueden ser manuales (machete) o con una segadora de motor pequeño de uso manual. Las chapias requieren mucha mano de obra, pues se hacen de 4 a 5 por año -20-30 jornales/ha/año.

Uso de herbicidas. El uso de herbicidas es una práctica muy generalizada hoy día ya que la industria química ha desarrollado un gran número de productos mata malezas y algunos de esos se aplican con mucho éxito en los cacaotales, como el 2,4-D, el paraquat, el diuron, el glifosato, la ametrina y otros más. Ese tipo de productos deben ser aplicados con ciertos cuidados y en dosis específicas. A continuación se señalan los aspectos principales del uso de herbicidas en las diferentes etapas de desarrollo del cacao:

Se conoce poco el efecto de herbicidas sobre la semilla germinada o las plántulas muy tiernas de cacao en semilleros y viveros, por lo que no se recomienda el uso de herbicidas en esos estados. Resulta mejor usar tierra o un medio libre de malezas o semillas y deshierbas a mano, cuando sea necesario. Por lo tanto, es importante hacer semilleros donde sea fácil andar y bajo un sombreado adecuado (50-60% de sombra). Se recomienda usar machetes o cuchillos pequeños, para no ocasionar daños a las plantas pequeñas. Los cortes o lastimaduras generalmente son la mejor puerta de entrada a enfermedades fungosas o de otra índole.

Las plantas que salen del vivero siguen siendo muy susceptibles al daño por herbicidas. En general, se recomienda no usar herbicidas durante el trasplante; sin embargo, en algunas ocasiones se hace necesario usarlos, por lo que deben ser aplicados con mucho cuidado, limpiando con anticipación una rueda alrededor de la planta en forma manual o con machete pequeño. Otra medida para evitar daños a las plantas es aplicar el herbicida alrededor de la planta, con una pantalla instalada en la boquilla aspersora de la bomba. Entre los herbicidas recomendados (Cuadro 20) están:

- Paraquat en dosis de 0.4 - 0.6 kg/ha del ingrediente activo (2-3 l/ha de los productos comerciales Gramoxone* o Radex*) más adherente.

* Marca registrada.

- MSMA en dosis de 2.0 - 4.0 kg/ha del i.a. (2.2 - 5.6 l/ha de los productos comerciales Daconate* o Weed-Hoe-6*).
- Dalapon en dosis de 2 a 3 kg/ha del i.a. (2.4 a 3.5 kg/ha de los productos comerciales Basfapon*, Dowpon*).

El tratamiento con herbicidas se debe repetir según se note el combate. Si hubiera malezas de hoja ancha, es necesario aplicar 2.4-D amina o ametrina (Gesapax*) cuando las malezas tengan de 5-12 cm de altura. No se debe usar 2.4-D ester por su volatilidad, lo cual puede dañar las flores del cacao.

Tanto el paraquat como el MSMA, se pueden mezclar con 1.0 kg/ha de diuron (1.25 kg de Karmex*), más adherente. Esa mezcla de herbicidas debe ser aplicada sobre malezas vivas y aumentarse la dosis si la altura de la hierba es mayor de 50 cm.

En plantaciones con árboles de uno a tres años se pueden aplicar los herbicidas de cualquiera de las alternativas siguientes:

- Diuron de 1.0 a 1.5 kg/ha (1.25 - 1.88 de Karmex*) sobre el suelo después de una chapia de la maleza a ras del suelo.
- Diuron + Paraquat (1.0 - 1.5 kg/ha + 0.4 kg/ha) Diuron + MSMA (1.0 - 1.5 kg/ha + 2.0 - 4.0 kg/ha), sobre malezas hasta de 40 cm de altura.
- Dalapon de 3 a 4 kg/ha (3.5 - 4.7 kg de Dowpon* o Basfapon*) sobre malezas de 7 a 70 cm de altura. Si hubiera malezas de hoja ancha, puede añadir 2.4-D amina de 1.0 a 1.5/ha).

En plantaciones con árboles de cuatro años o más se pueden utilizar estas alternativas:

- Diuron de 2.0 - 3.0 kg/ha (2.5 - 3.75 kg de Karmex*) más MSMA de 2.0 a 4.0 kg/ha (2.2 - 5.6 litros de Daconate*) más adherente, para malezas de 40-60 cm de altura.

Cuadro 20. Lista de los principales herbicidas utilizados en cacao y sus características.

Nombre técnico	Nombres comerciales	Concentración en los productos comerciales	Formulación
Paraquat	Gramoxone*, Radex*	0,24 kg de i.a./litro	líquida
Diurón	Karmex*, Diuron	0.80 kg de i.a./kg	polvo mojable
Dalapón	Dowpon*, Basfapon*	0.85 kg de i.a./kg	polvo mojable
MSMA	Daconate*, Weed-Hoe*	0.73 kg de i.a./l	líquida
2,4-D	2,4-D	0,48 y 0,72 kg i.a./l	líquida
2,4,5-T	2,4,5-T	0,48 y 0,72 kg i.a./l	líquida
Ametrina	Gesapax*	0,50 kg de i.a./l	líquida
Glifosato	Roundup*	0,36 kg de equivalente ácido/litro	líquida

- Ametrina en dosis de 2.0 kg/ha del i.a. (4.04 kg de Gesapax*) cuando haya problema con gramíneas. Puede ser que sea necesario agregar MSMA a 2.0 kg/ha a la ametrina, para ciertas malezas resistentes.

De los productos químicos recomendados en los puntos anteriores (Cuadro 20) ninguno se debe aplicar directamente sobre el follaje o los tallos del cacao; tampoco sobre los árboles de sombra, a menos que éstos se quieran eliminar. La rodajea alrededor de los árboles y el uso de la pantalla vale para los dos casos. Cuando se aplica herbicida sobre malezas establecidas, se debe agregar un adherente no iónico para mejorar la retención y penetración del herbicida en la planta.

La frecuencia de aplicación de los herbicidas depende de las condiciones específicas del cacaotal y la decide el técnico según su caso. Pero sí es importante señalar que la aplicación de los herbicidas debe dirigirse a los focos de desarrollo de malezas y no generalizada, a menos que se trate de un preemergente.

Cuando se requiere eliminar alguna sombra provisional como banano y yuca, se pueden utilizar herbicidas como 2.4-D, 2.4.5T, picloran + 2.4-D(Tordon*) o el glifosato (Roundup*). Los árboles de sombra se pueden eliminar por anillamiento o también inyectándoles herbicidas al tronco, como 2.4-D, 2.4.5-T o picloran +2.4-D. La inyección consiste en hacer un hueco con barreno o con hacha y luego depositar cierta cantidad de herbicida.

Aún cuando la aplicación correcta de los herbicidas resulte un combate exitoso de las malezas, los mejores resultados, en términos económicos y ecológicos, se obtienen con una combinación adecuada de los métodos citados, según las posibilidades en cada caso.

Para seleccionar y aplicar un herbicida, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La clase de malas hierbas presentes: hojas anchas o gramíneas.
- El tamaño y edad de las malezas.
- Las condiciones ambientales, antes y después de la aplicación. Por ejemplo, la lluvia intensa puede lavar el herbicida, los vientos fuertes al momento de la aplicación desvían el producto y algunos herbicidas como el glifosato, requieren seis horas sin lluvia después de la aplicación, para un efecto máximo.
- El tipo de equipo y la calibración que cada uno necesita para aplicar la dosis requerida.
- En el uso y manejo de los herbicidas se deben tomar en cuenta todas las medidas para la seguridad de las personas que trabajan con ellos. Nunca dejar de utilizar los guantes de hule, chalecos protectores, bañarse y cambiarse la ropa después del trabajo. No fumar ni comer cuando se están aplicando y hacer aplicaciones por períodos alternos entre operarios.
- El equipo debe ser bien lavado después de la aplicación y limpiados los filtros y boquillas cuando no se estén usando.
- Los herbicidas en sus envases originales o los residuos, deben ser guardados en lugares bien seguros, fuera del alcance de los niños y deben estar siempre bien etiquetados. Los residuos de la bomba nunca deben derramarse sobre los ríachuelos, quebradas o ríos.

PATOLOGIA DEL CACAO

La descripción de una plantación saludable es un problema bastante complicado, pues depende del sistema de cultivo empleado y éste puede y debe cambiar con el tipo o variedad de cacao utilizado y con la ecología del lugar donde se establezca. Sin embargo, y para efectos de esta publicación podríamos considerar que una hectárea de cacao que rinda alrededor de 1000 kg o más de cacao seco, es una plantación saludable. Este tipo de plantación implica que se han tomado todas las precauciones para asegurar el mantenimiento de un follaje sano y abundante, especialmente con la aplicación regular de tratamientos fitosanitarios y el uso racional de fertilizantes. La plantación responderá al método de manejo y a las condiciones ambientales en que se desarrolla, produciendo regularmente brotaciones y floraciones (cosechas) de intensidad variable a través del año.

Desafortunadamente, el desplazamiento del cacao entre diferentes zonas ecológicas y el establecimiento de cultivos intensivos iniciados en tiempo de la colonización, favoreció la aparición y el establecimiento progresivo de diversas enfermedades y plagas. Estas pueden revestir un carácter de suma gravedad, comprometiendo gran parte o la totalidad de la cosecha o la vida misma de los árboles de las plantaciones afectadas. Entre las enfermedades más importantes está, sin duda, la podredumbre por *Phytophthora*, no solo por la magnitud de las pérdidas que causa, sino por su distribución mundial. Los otros parásitos fungosos y virales del cacao están más localizados, pero constituyen no solamente el azote de una región, sino también una constante amenaza para otras áreas.

Por lo tanto es fácil concluir que el cacao, desde su implantación como cultivo económico, ha estado sometido a investigaciones organizadas con el fin de definir los progresos patológicos que lo afectan y hallar o desarrollar métodos apropiados para combatirlos. En las páginas siguientes haremos una descripción de las enfermedades del cultivo y los métodos más corrientes utilizados en su control.

Antes de entrar en detalles de las diferentes enfermedades del cacao, trataremos de dar una idea general de lo que significa una planta enferma: La enfermedad puede definirse como cualquier alteración del estado de salud de una planta o de algunos de sus órganos o partes, que interrumpen o perturban funciones vitales, presentando síntomas más marcados o efectos dañinos.

Cada planta, de modo particular, muestra cuando está sufriendo de algún mal. Los que trabajan con plantas deben familiarizarse con aquellos signos externos o síntomas que aparecen cuando las plantaciones se enferman. En la naturaleza del síntoma resultante no hay una distinción muy marcada entre enfermedades parasíticas y no parasíticas, o entre varios problemas de "insectos" o aquellos causados por hongos, bacterias o virus. En orden de importancia, lo primero que hay que hacer es detectar la presencia de la enfermedad y luego averiguar sus causas, su desarrollo posterior y, finalmente, determinar formas de combate. A continuación se ofrece una descripción de los principales síntomas que pueden observarse, con el fin no solo de que los conozcan, sino de hacer un vocabulario común entre los que trabajan con patología especializada y aquellos que trabajan, de modo más general, en diversos aspectos del cultivo.

Decoloración o cambios de color de las hojas. Pueden ser "etioladas" cuando el tono amarillento es causado por falta de luz; o "cloróticas", si es inducido por otros factores, como la falta parcial en el desarrollo de la clorofila, que puede deberse también a la falta de nutrimentos. Muchas enfermedades causan clorosis y frecuentemente la forma del área clorótica ayuda a diagnosticar la enfermedad.

También puede haber alteraciones en el verde tierno de las hojas, áreas rojizas, bronceadas o mezcladas con amarillamiento. Esto puede ocurrir en puntos o líneas bien definidas, en arcos irregulares o en secciones u órganos enteros de una planta. Algunas veces este síntoma se puede confundir con el efecto de sustancias químicas, herbicidas, que actúan sobre los cloroplastos en diversas formas.

Perforación de las hojas. La formación de lesiones localizadas en las hojas, frecuentemente es seguida por la caída del tejido muerto, dejando perforaciones circulares o irregulares, que sugieren el término "tiros de munición".

Marchitez. Pérdida de frescura, turgencia o flaccidez, que puede terminar en una caída de las hojas. Se debe a un suministro inadecuado de agua, a excesiva transpiración o a una enfermedad vascular que puede interferir con la utilización del agua, o ser producida por una toxina del organismo causante.

Necrosis. Ocurre cuando grupos localizados de células de ciertos órganos pueden morir y tomar un color café. En otros casos, órganos especiales de las plantas adoptan tonos café más o menos oscuro, característicos del tejido muerto.

Enanismo o atrofia. Es la reducción del tamaño normal de un órgano vegetal o de la planta entera. Puede deberse a factores del ambiente donde se desarrolla la planta o al efecto de varias enfermedades. Se manifiesta como la reducción o brevedad de los entrenudos, que originan el acortamiento total del tallo; el acortamiento de las ramificaciones que imprime a la planta un porte encogido; la reducción del número de hojas, su arrollamiento o su forma linear y el porte arrosado de la foliación. En algunas ocasiones, estos problemas se buscan para tener plantas pequeñas, si el defecto o problema no afecta la producción o estética de la planta.

Crecimiento anormal. Por hipertrofia que presenta un aumento de volumen de los tejidos, provocado por el agrandamiento de los componentes celulares, sin multiplicación celular.

Por hiperplasia que presenta un aumento de volumen de los tejidos vegetales, por multiplicación celular anormal, dando como resultado la formación de tumores o agallas.

Transformación o reemplazo de órganos. El término filodia se aplica al cambio de órganos florales en hojas, por ejemplo a un pecíolo dilatado y laminar, que sustituye a la lámina de la hoja. O también al cambio de las hojas ordinarias a florales.

Momificación. La transformación de frutos en estructuras plasmolizadas y secas llamadas "momias", es una fase de numerosas enfermedades de los frutos. Generalmente, el fruto se pudre primero y durante el cambio se llena de micelio del parásito, después de lo cual se encoge y se torna algo seco. Las momias pueden permanecer en los árboles o caer al suelo y más pronto o más tarde producen una cosecha de esporas.

Asimetría del crecimiento. Los órganos vegetativos pueden mostrar varias alteraciones: las hojas y los tallos pueden torcerse y deformarse y las ramificaciones aumentan o disminuyen.

Destrucción de órganos. La destrucción de órganos puede suceder por diversos factores: daños de animales, viento, insectos, hongos, bacterias u otros organismos menores. La destrucción del órgano puede ser total o parcial. Dependiendo de la intensidad del daño, éste puede afectar las funciones de ellos.

Caída de hojas, flores, frutos o ramas. La caída de estos órganos también puede deberse a diferentes factores tales como vientos, bajas o altas temperaturas, ataques de plagas o enfermedades, etc. En general, uno de los efectos más graves es la defoliación, que afecta rápidamente a la planta, desgastándola. En el caso de las flores y frutos, la caída también puede deberse a factores genéticos como esterilidad, incompatibilidad, etc.

Exudados, secreciones o malformaciones. Entre otros, de los aquí encontrados, están: a) las agallas, o alargamientos localizados en forma de pequeñas pústulas o masas de células de carácter carnoso o leñoso, en el que se mezclan tejidos del huésped y del parásito (hipertrofia o hiperplasia); b) los cánceres o lesiones que resultan en la corrosión y descascaramiento del tejido, con la producción de una herida abierta que expone o penetra la madera, a menudo rodeados de un tejido cicatrizante de la corteza; y c) la "Escoba de Bruja" o grupo de ramillas finas, generalmente arregladas de forma más o menos paralelas unas a otras y que frecuentemente se originan en un eje hinchado.

Podredumbre o gangrena de tejidos. Descomposición de los órganos carnosos de las plantas superiores, originada por microorganismos y acompañada de olores más o menos fétidos. Los tejidos se suavizan y en algunos casos toman una consistencia acuosa; generalmente se presenta una necrosis.

ENFERMEDADES DEL CACAO

A continuación se presentan las principales enfermedades del cultivo y algunas recomendaciones para su combate:

Moniliasis

La primera noticia, aunque incierta, que se tiene de la enfermedad data del año 1895 en la hacienda Maravilla, Provincia de los Ríos en Ecuador, en donde el dueño, Sr. González, describe en su diario que en su plantación cosecharon mazorcas con el mismo síntoma de Monilia y que la enfermedad pronto desapareció y no causó mucho estrago. Solamente años más tarde esta enfermedad, junto con la "Escoba de Bruja", decrecieron totalmente la producción al estado de que plantaciones que en 1916 tenían altos rendimientos, en 1918 fueron reducidas a un 30 % y para 1920, las plantaciones fueron reemplazadas con banano, porque no había suficiente producción.

La enfermedad, conocida con los nombres de Monilia, Pudrición Acuosa, Helada, Mancha Ceniza o enfermedad de Quevedo, es causada por el hongo *Monilia roreni* Cif. y Par. Se cree que esta enfermedad se originó en Ecuador y que de ahí pasó a Colombia, Perú y algunos lugares de Venezuela. En Panamá se le ha encontrado recientemente al sur del Canal. El primero en informar de la enfermedad fue

Rorer, en 1915. Por lo tanto, en un período poco mayor de 80 años su área de ocurrencia ha crecido considerablemente y es probable que en el futuro se extienda a nuevas áreas.

En diciembre de 1978 llegó al CATIE una mazorca infectada con síntomas y signos similares a la Moniliasis. Inmediatamente se efectuaron aislamientos en el laboratorio y se visitó la finca de donde provenía la mazorca enferma, encontrándose muchas más con los mismos signos de miceliación y esporulación, característicos de la Moniliasis.

Para eliminar posibles dudas se solicitó ayuda al INIAP, Ecuador, donde se han realizado la mayoría de las investigaciones relacionadas con esta enfermedad. Un examen visual y macroscópico de los cultivos efectuados por los técnicos del CATIE y de INIAP, así como síntomas y, especialmente signos en las mazorcas halladas en visitas al campo, permitieron determinar que se trata de la misma enfermedad. Sin embargo, se enviaron cultivos del hongo a organismos especializados para su identificación específica.

La enfermedad fue correctamente identificada y clasificada como *Monilia roveri* por la sección de Micología del "American Type Culture Collection", en Maryland, E.U.A.

La distribución del organismo, para 1985, es desde el Sur de Nicaragua, Costa Rica, Panamá, pequeñas áreas de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. De acuerdo con los últimos informes de Ecuador, la *Monilia* está en la zona oriental del país, es decir en la cuenca amazónica, por lo que puede haber una rápida expansión por esta área quizá hasta Bahía, Brasil.

Importancia Económica. La enfermedad ataca solamente los frutos del cacao, sin embargo, su ataque es a menudo tan severo que se considera que la enfermedad constituye uno de los factores limitantes de mayor importancia en la producción de cacao. De Ecuador y Colombia se ha informado de pérdidas que van desde el 16 hasta el 80 % y más. Su efecto dañino en la producción es por lo tanto, comparable al de la Mazorca Negra.

La severidad en el ataque de la *Monilia* varía de lugar a lugar y de año a año, de acuerdo con las condiciones del clima. El hecho de que en Ecuador la *Monilia* sea una de las enfermedades más severas del cacao, mientras que la *Phytophthora* es relativamente de poca importancia, sugiere que las condiciones de clima que favorecen a una y a otra son diferentes. Aparentemente, las temperaturas altas favorecen más la diseminación de la *Monilia*.

Sintomatología. La evidencia indica que la infección por *Monilia* ocurre principalmente en las primeras etapas del crecimiento de las mazorcas y que éstas se vuelven progresivamente más resistentes, conforme avanza su desarrollo.

Cuando logra entrar en las etapas iniciales del crecimiento, el hongo parece capaz de invadir el interior de la mazorca, mientras ésta continúa su crecimiento, sin que en su exterior aparezca ningún síntoma de la enfermedad. A menudo hay mazorcas con esas infecciones ocultas que casi alcanzan su desarrollo completo, dando la impresión de estar sanas, pero repentinamente aparecen en su superficie las manchas características de la enfermedad.

La primera señal de infección oculta es la aparición de puntos o pequeñas manchas de un color que sugiere una maduración prematura en mazorcas que aún no han alcanzado su desarrollo completo: manchas amarillas en mazorcas verdes y manchas anaranjadas en mazorcas rojas.

A menudo las mazorcas con infecciones ocultas presentan tumefacciones. Cuando tales mazorcas se abren, se encuentran más o menos podridas en su interior y parecen más pesadas que las mazorcas sanas de igual tamaño. Con el tiempo aparece en la superficie de la mazorca una mancha parda, rodeada por una zona de transición de color amarillento. Tal mancha puede crecer hasta llegar a cubrir una parte considerable y hasta la totalidad de la superficie de la mazorca. Bajo condiciones húmedas crece sobre la superficie de la mancha una especie de felpa dura y blanca de micelios de *Monilia*, pudiendo llegar a cubrir la totalidad de la mancha, y sobre la cual el hongo produce gran cantidad de esporas que dan a la masa micélica un color crema o café claro.

Las esporas se desprenden y diseminan fácilmente con el viento o al mover la mazorca y también son transportadas por los insectos. Las semillas se destruyen dentro de la mazorca infectada, produciéndose una podredumbre que se caracteriza por la acumulación de una apreciable cantidad de líquido en el interior de las mazorcas.

En Turrialba, en 1982, se encontró otro síntoma de la enfermedad que no ha sido descrito en la literatura y que consiste en un agrietamiento de la mazorca al fondo de un surco, presentando rápidamente tejido necrosado. El surco profundiza rápidamente y llega hasta la semilla. Algunos frutos permanecen con una fuerte necrosis pero no llegan a esporular, en cambio otros presentaron el típico crecimiento del estoma y luego la esporulación. Es posible que los frutos que no presentaron la esporulación, tuvieron alguna influencia de la bolsa que se usó para proteger las mazorcas inoculadas durante los estudios. No se conoce en la literatura esta descripción como un síntoma de la *Monilia*.

La *Monilia* ataca solamente a las mazorcas de plantas de los géneros *Theobroma* y *Herrania*; no se conocen ataques a otros órganos.

Ciclo de vida del patógeno. El patógeno permanece en el estado de conidia en las mazorcas infectadas entre las estaciones del año. Las esporas son diseminadas por el viento, los insectos o el agua de lluvia. No se conoce muy bien el papel que juega cada uno de estos factores. De varios trabajos efectuados en Colombia, varios autores afirman que algunos insectos juegan un papel muy importante, tanto en la diseminación de la enfermedad como en la contaminación o inoculación de las mazorcas. En Costa Rica y otros países afectados, se cree que el viento es el principal agente de diseminación del organismo.

La mejor temperatura para la germinación de las esporas es a los 22°C, temperatura a la cual se desarrolla más rápido que a 35°C. La espora germina sobre la mazorca y penetra vía intercelular directamente a través de la epidermis, a cualquier edad de la mazorca. El hongo, después de la penetración, invade el tejido de la corteza de la mazorca intercelularmente, mediante esporas producidas por conidióforos ramificados; posteriormente, el patógeno se torna intracelular, momento en el cual comienzan los síntomas de la enfermedad en forma de marchitez, necrosamiento y deformaciones en mazorcas tiernas, o como hidrosis o madurez irregular y prematura en mazorcas más desarrolladas, las cuales terminan con tejidos macerados y podridos. Finalmente a través de los estomas asoma micelio, que produce abundante cantidad de esporas a partir de conidióforos simples.

El estado sexual del organismo no ha sido encontrado en el campo o producido *in vitro*; sólo se le conoce en el estado de conidia, que es como infecta las mazorcas de cacao.

Epidemiología. Se sabe, por observaciones ocasionales y estudios especiales, que las infestaciones son favorecidas por condiciones de alta humedad y temperatura; sin embargo, es necesario conocer los rangos respectivos y la combinación más favorable de estos factores, como paso hacia la zonificación del cultivo en diferentes áreas y para explicar por qué a veces parece tener una definida localización geográfica.

Las esporas que se producen sobre mazorcas enfermas son fácilmente transportadas por el viento y otros agentes, incluido el hombre, hacia otras mazorcas, donde reproducen la infección. Durante la época lluviosa, cuando es común observar mazorcas esporuladas, esto se explica claramente; lo que ya no es tan fácil es explicar de dónde viene la cantidad de esporas que causan epifitias de la época lluviosa, si hacia el final de la época seca (5 a 7 meses en Ecuador), éstas parecen escasear notablemente.

Aunque no se ha descartado la posible existencia de una fase sexual o un huésped alternativo, recientes estudios han establecido sin lugar a dudas que las esporas que permanecen en los frutos momificados, pendientes de los árboles, conservan su viabilidad hasta ocho meses después, por lo que se considera la principal fuente de inóculo primario. En cambio, si las mencionadas mazorcas se separan del árbol, dejándolas sobre el suelo, la viabilidad disminuye rápidamente, desapareciendo en dos o tres meses.

Combate sanitario. La idea de un combate de *Monilia* mediante la remoción de frutos enfermos, data desde los mismos inicios de la enfermedad. Desafortunadamente, esta remoción sanitaria incluía la eliminación de los frutos del predio, y ambas labores combinadas consumen mucho tiempo y mano de obra. Además, hubo informes de que el manipuleo de frutos esporulados más bien agravaba el problema, haciendo la tarea aún menos popular.

A la luz de estudios de sobrevivencia, una adaptación de la práctica mencionada, consistente en cortar los frutos enfermos y dejarlos en el campo para su degradación natural, ha dado excelentes resultados ya desde el segundo año de su aplicación. Se confía que el costo adicional que implica no sea oneroso ni limitante para el agricultor. Es necesario mencionar que la práctica es de carácter acumulativo, así: mientras mayor sea el área incluida, más rápido disminuirá el inóculo; asimismo, mientras más años consecutivos se le practique, mayores serán sus beneficios puesto que al disminuir la presión del inóculo, será más factible la aplicación de otros métodos de combate. Este mismo sistema es válido para las demás enfermedades que se han que se han de mencionar.

Combate químico. Un estudio de la literatura indica resultados erráticos a nivel de campo, que pueden ser resumidos de la siguiente forma: algunos fungicidas de base cúprica y orgánicos combaten *M. royeri*; la dificultad estriba en mantener cubierta o protegida la mazorca durante su período de crecimiento rápido y con lluvias torrenciales. Donde la producción se concentra en la copa de los árboles, como en el Ecuador, la cobertura es aún más difícil.

Experiencias recientes señalan un control efectivo de la Moniliasis y la Escoba de Bruja en los frutos, utilizando Clorotalonil (1.5 kg/ha) o sulfato de cobre. Mancozeb (1 kg/ha), en aplicaciones semanales durante tres meses, a partir de los "picos" más intensos de floración, para proteger el mayor porcentaje de la cosecha. Aparentemente, el éxito que se está obteniendo con estos compuestos se debe a su mayor poder de adhesión y posterior redistribución en los frutos.

Resistencia varietal. Rorer hizo repetidas referencias a la baja incidencia de la enfermedad en el cacao Nacional y hay similares referencias en relación con el "Criollo" de Colombia. Esta observación todavía es válida en las pocas haciendas donde aún se cultivan estos tipos de cacao. De aquí se puede inferir que el hongo es indígeno del Oeste de los Andes, y que el cacao Nacional y Criollo habrían desarrollado resistencia en la evolución de esa asociación. Con la introducción del cacao foráneo en grandes cantidades se rompe el equilibrio al ofrecer un huésped muy susceptible. Se sabe que a causa del largo tiempo que la enfermedad ha estado establecida a niveles endémicos y epidémicos alternadamente, la densidad o cantidad de inóculo en el ambiente puede estar enmarcando cualquier posible resistencia. Sin embargo, se pueden apreciar ciertas diferencias de susceptibilidad dentro de las plantaciones y es posible seleccionar cultivares resistentes.

Por otra parte, las mazorcas de cualquier tipo de cacao ofrecen cierta resistencia al ataque de *Monilia*, cuando éste se produce después de los tres a tres y medio meses de edad del fruto. De los trabajos llevados a cabo en Ecuador con inoculaciones artificiales y controlando la incidencia de la enfermedad, se conoce que algunos clones tienen porcentajes de infección más bajos que otros. Lo mismo se ha encontrado en observaciones de campo. De estos resultados parece que solamente los clones 'EET-233' y 'SCA-12' pueden tener un interés práctico.

En Turrialba, usando una metodología básica similar a las de Ecuador y Colombia, pero calificando además de la incidencia, severidad interna y externa, se ha podido observar una diferencia bastante grande entre cultivares, llegándose a determinar por lo mismo cuatro clones como promisorios, con una alta resistencia. Estos clones son: 'CC-210', 'EET-59', 'EET-48' y 'CC-266'. En Ecuador, en lugares como Santo Domingo de los Colorados, donde la lluvia es de más de 3000 mm y la temperatura bastante moderada, se ha informado que el clon 'EET-48' ha sido susceptible.

Mazorca negra

Esta enfermedad es causada por hongos Phycomicetos del género *Phytophthora*. Hasta la fecha se han identificado las siguientes especies: *P. palmivora*, *P. parasitica*, *P. megasperma*, *P. siringae*, *P. citrici*. Debido a su amplia distribución en todos los países cacaoteros, ya que ataca más de 40 familias botánicas, es difícil saber exactamente dónde y cuándo se la observó por primera vez en el cacao.

Recientemente también se han identificado diferentes formas o líneas de *P. palmivora*. La forma MPI es típica de Ghana, el Caribe y Centro América. En Nigeria, la MF3 puede ser devastadora y en Brasil, la MF4 es la más importante.

Importancia Económica. Algunos autores consideran que las pérdidas promedio mundiales son del 10 %, con un rango muy amplio, variando desde casi nulo como en Ecuador o la península Malaya, hasta un 90 % en las áreas húmedas de Camerún. En las áreas más afectadas generalmente el cultivo debe ser cambiado.

La severidad del daño parece asociada o varía, directamente de acuerdo con la presencia de diferentes tipos de compatibilidad del organismo causal. Debido a la reproducción sexual de este patógeno, con la consiguiente recombinación de factores genéticos, se hace muy difícil el mejoramiento de tipos de cacao resistentes, como sucede en Nigeria y Camerún.

Con métodos más modernos de estimación de las pérdidas, otros autores aseguran que las pérdidas de mazorcas por *Phytophthora* son de alrededor del 20 y 30 %

anual. Con una producción de 1.500.000 t, quiere decir una pérdida entre 375 000 a 643 000 t, a un costo de más de US\$750 000 000 en todo el mundo.

Las pérdidas por mazorca negra varían grandemente de año a año, como de lugar a lugar. Hace algunos años, en Costa Rica, era muy fácil encontrar árboles con todas las mazorcas enfermas; en la actualidad (1982), en lugares donde se está trabajando para combatir la *Monilia*, es difícil encontrar árboles afectados de *Phytophthora*.

Sintomatología. Aunque el hongo puede atacar diversas partes del árbol (cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco y raíces), el daño más grave ocurre en las mazorcas. Estas pueden ser atacadas en cualquier etapa de desarrollo. La primera indicación de la infección es una mancha circular que progresa concéntricamente, hasta cubrir toda la mazorca. La decoloración progresa internamente a medida que el fruto se pudre. Un fruto así atacado, será completamente destruido en un máximo de dos semanas. Además de las pudriciones de la mazorca, el hongo causa lesiones cancerosas, principalmente en el tronco y las ramas.

Ciclo de vida del patógeno. Después de cuatro a seis días de aparecidos los primeros síntomas, en las mazorcas se forma una trama de micelio blanquecino y esporas del hongo. Estos constituyen la principal fuente de infección. Una mazorca continúa produciendo esporas durante unos diez años antes de que la destrucción total del fruto y el ataque de otros parásitos y predadores lo repriman. Los frutos momificados pueden permanecer en el árbol hasta que caen por causas externas.

Las esporas se diseminan por el viento, la lluvia, insectos y otros animales, llevando la infección a otras partes. Las mazorcas enfermas pueden infectar el cojinete produciendo un cáncer, y constituyéndose en una amenaza para la siguiente cosecha.

Epidemiología. Los factores que favorecen el desarrollo de una enfermedad como la Mazorca Negra, en que intervienen más de una especie del género y diferentes líneas o razas de cada especie, necesariamente va a variar de un lugar a otro, de acuerdo con sus propias circunstancias.

Generalmente, la enfermedad se ve favorecida por una humedad relativa alta, que se mantenga por varias horas y por temperaturas más bien bajas, entre 15 y 27°C. El hongo se produce mejor entre 18 y 20°C. La descomposición de un fruto, en cambio, se acelera con las temperaturas altas.

El factor más importante en la epidemia de esta enfermedad parece ser la lluvia, produciendo brotes de *Phytophthora* tres a cuatro días después. Además, la principal diseminación de esporas viables tiene lugar por el salpique del suelo causado por las gotas de lluvia, así como por el agua que corre a lo largo de troncos y ramas.

Las principales fuentes de inóculo identificadas han sido: el suelo, los cascares de cacao apilados, las mazorcas momificadas, los cojines florales, la corteza del cacao, los brotes de cacao que crecen cerca del suelo y algunos árboles de sombra.

Combate sanitario. Conociendo los principales sitios donde el patógeno sobrevive y se reproduce, es necesario atacarlos o destruirlos hasta donde sea posible, como medio de mantener bajos los niveles de infección. Sin embargo, debido a la complejidad de los sitios donde se perenniza, las medidas sanitarias de combate son contro-

vertibles. Es más razonable mantener la plantación abierta y ventilada con podas, de modo que no se favorezca la germinación de esporas.

Combate químico. Como medida general de combate se recomienda la aplicación de fungicidas a base de cobre, como óxido cuproso (cobre Sandoz, Aerial Perenox) al 3 y 4 % , para aplicaciones de alto volumen (+, 160 l . de agua). En Brasil utilizan con éxito aplicaciones a bajo volumen (+ 20 l de agua) de una mezcla de 13 l de agua +, 4.5 kg de Oxiclورو de cobre + 6.5 l de aceite mineral (Shell No. 3). Estas aplicaciones se deben hacer con bomba de motor, provista de turbina y centrífuga.

Es necesario tener en cuenta que, para el caso de *Phytophthora*, sería conveniente asperjar el producto no solamente a los frutos, sino también a los sitios donde vive el hongo, por ejemplo el tronco y ramas del cacao y los árboles de sombra, los cascarones y las hojarascas del suelo. Sin embargo, esto encarecería aún más las aplicaciones. Por lo tanto, se recomienda la aplicación solo a los frutos y en épocas en que las condiciones favorezcan especialmente la presencia de la enfermedad.

Resistencia varietal. La mayoría de los cultivares de cacao en el mundo entero son en mayor o menor grado susceptibles a *P. palmivora* y hasta ahora no se dispone de cultivares inmunes. No obstante, se conoce un número de cultivares con buena resistencia y la reposición de las plantaciones existentes con aquellos, sería una forma barata y fácil de reducir las pérdidas ocasionadas por la podredumbre de la mazorca. El uso de cultivares resistentes también reducen el costo de combate con fungicidas, ya que se emplea menos número de aplicaciones para combatir la enfermedad satisfactoriamente (Cuadro 21).

Cuadro 21. Lista de algunos clones reportados como resistentes a las principales enfermedades del cacao.

Mazorca negra (<i>P. palmivora</i>)	Escoba de Bruja (<i>C. pernicioso</i>)	Moniliasis (<i>M. rozeri</i>)	Mal del Machete (<i>C. fimbriata</i>)
Catongo	SCA - 3	EET - 233	IMC - 60
ICS - 1	SCA - 6	EET - 382	IMC - 67
ICS - 6	SCA - 12	EET - 281	PA - 12
IMC - 67	SCA - 24	SCA - 12	Pound - 12
CC - 41	Silecia 1	CC - 210	EET - 399
CC - 42	EET - 392	CC - 266	EET - 400
EET - 59	EET - 399	EET - 48	SPA - 9
EET - 376	EET - 400	EET - 59	OC - 61
Pound - 7	Playa Alta - 1		UF - 613

Continúa...

... Cuadro 21

Mazorca negra (<i>P. palmivora</i>)	Escoba de Bruja (<i>C. pernicioso</i>)	Moniliasis (<i>M. rozeri</i>)	Mal del Machete (<i>C. fimbriata</i>)
SCA - 6	Playa Alta - 2		IMC - 53
SCA - 12	Playa Alta - 4		UF - 29
UF - 11	Playa Alta - 5		
UF - 29			
UF - 29			
UF - 613			

ENRIQUEZ, G. (1980). Mejoramiento en cacao (*Theobroma cacao* L.) In "Seminario Internacional sobre el cultivo del cacao". Pichilingue, Noviembre 26 - 28, 1980.

La existencia de formas y de especies diferentes de *Phytophthora*, puede ser la causa de las discrepancias en resistencia y combate, encontradas en distintos países.

En algunos lugares, los frutos de ciertos cultivares maduran más temprano o más tarde que la mayoría. Aunque estos cultivares pueden ser básicamente susceptibles, escapan a la enfermedad debido a que sus mazorcas maduran cuando la incidencia de la enfermedad es menor. Este fenómeno, conocido como "escape", puede ser explotado con éxito como una forma muy práctica de combatir la Mazorca Negra. Los cultivares 'UF-29' y 'CC-41' muestran escape a la enfermedad en Costa Rica.

Mal del machete

Se reportó por primera vez en Ecuador en 1918 y posteriormente ha sido reportada en otros países de Centro y Sudamérica únicamente. Es causado por el hongo *Ceratocystis fimbriata*.

El hongo siempre infecta el cacao por medio de lesiones de los troncos y ramas y puede matar a un árbol más o menos rápido. Los primeros síntomas son marchitez y clorosis de las hojas, momento en que el árbol en realidad ya está muerto. En un plazo de dos a cuatro semanas la copa entera muere, permaneciendo las hojas adheridas al árbol. En realidad, el tiempo que tarda en morir un árbol depende de su grado de tolerancia y de las condiciones del medio ambiente.

La enfermedad está casi siempre asociada con ataque de *Xyleborus* spp. Estos insectos perforadores de la corteza no causan la enfermedad, pues no transmiten el hongo, pero si pueden ayudar a diseminarlo. Cuando los insectos penetran la corteza de los árboles enfermos, las esporas de *C. fimbriata*, se mezclan con el aserrín proveniente de las galerías y salen con éste al exterior para ser diseminados por el viento y otros insectos. Los escarabajos muestran una preferencia definida a atacar árboles ya infectados.

El "Mal del Machete" se disemina fácilmente por medio de herramientas contaminadas, de manera que un método de evitar la enfermedad es desinfectar todas las herramientas después de usarlas en cada árbol. Es también importante evitar daños

innecesarios a los árboles durante las labores de limpieza, poda, remoción de chupones. Es recomendable también cubrir las heridas muy grandes con pasta bordelesa o alquitrán. Las ramas infectadas o los árboles enteros muertos por la enfermedad, deben retirarse y quemarse. Hasta la fecha, el "Mal del Machete" ha sido imposible de combatir por medios químicos: la forma disponible y eficaz es utilizar cultivares o híbridos resistentes (Cuadro 21).

Bubas o agallas

La enfermedad o disturbio fue reportado por primera vez en 1940 como problema serio, aunque hay informes que la describen desde 1901. La enfermedad tiene varios nombres comunes; por ejemplo se le ha llamado verruga del cojín floral, agalla leñosa, "Yaws", "Cushion gall".

La "Buba del Cacao" es el nombre generalizado que se da a algunas hipertrofias o tumores de los cojines florales o sectores del tronco, que se manifiestan de diversas formas o tipos.

Este problema o desorden está presente en casi todos los países productores de cacao, pero sus daños no han sido bien estimados en ninguna parte. En ocasiones se presenta en una plantación con carácter epifítico, con pérdidas hasta del 60 % de producción de los árboles afectados, pero luego desaparece por algunos años. No se le considera como de mayor importancia económica general a nivel mundial, pero tiene mucha importancia a nivel local.

Etiología. La etiología de la enfermedad es muy controvertida. En la literatura se la confunde en el sentido de que es causada por hongos, bacterias, virus, insectos, factores genéticos que lo afectan, disturbios fisiológicos o nutricionales.

Las primeras bubas producidas artificialmente fueron con *Calonectria rigiduscula*, tanto en semillas como en pedúnculos de mazorcas; la parte asexual como *Fusarium*, también fue aislada. El hongo tiene varios sinónimos, pero el más común es *Fusarium decemcellulare*.

Sintomatología. Varios son los síntomas descritos en la literatura sobre las bubas; aquí presentamos los más comunes.

La buba de puntos verdes cuyo primer síntoma es la aparición de unas formas similares a brotes que aumentan rápidamente en número, adquiriendo un color verde brillante, que poco a poco se va haciendo oscuro, hasta terminar como pardo oscuro. Se puede apreciar un gran número de brotes abortados a manera de pequeños puntos verdes que sobresalen de la superficie corrugada de color café de la agalla. En general, son de forma globosa y bastante dura y se pueden separar fácilmente del tronco al que están unidas. A medida de que la agalla envejece puede morir toda o por partes, los puntos verdes de la parte muerta desaparecen, la agalla forma un color negro carbonoso y puede ser separada fácilmente. En general, las bubas solamente aparecen en los cojines florales; muy rara vez son observadas en otras regiones del tronco o de los talluelos de plántulas nuevas.

La agalla floral puede alcanzar varios tamaños, dependiendo del lugar donde aparezca. Generalmente son de forma globosa. La característica más sobresaliente de estas agallas es la enorme cantidad de flores que van saliendo de cada punto y que van cayendo. La producción puede llegar a unas cuantas flores y se puede extender a lo largo de un período floral completo. Si el ataque es severo, se puede ver todos los cojines florales afectados, incluyendo las ramas más o menos delgadas.

Algunas veces una flor puede ser polinizada normalmente, pero si se hacen polinizaciones manuales se pueden conseguir mazorcas normales. Al igual que la buba de puntos verdes, se puede separar fácilmente del tejido a que está sujeta.

Las bubas de perilla son en general pequeñas, aunque se han descrito agallas muy grandes. Son duras, redondeadas, de superficie más bien lisa y en general nacen junto al cojín, pero no presentan flores. Generalmente están en troncos viejos y rara vez se localiza una en ramas jóvenes. Pueden ser separadas del tronco con la mano, haciendo algún esfuerzo. Su ataque no es muy severo en una plantación; sin embargo se pueden encontrar árboles con varias agallas.

Las agallas de disco atacan los cojines florales, pero se diferencian muy bien de los otros tipos, por presentar una estructura de agalla plana, bastante dura, que puede alcanzar algunos centímetros de diámetro y de altura sobre el tronco. Está firmemente adherida al tronco y es bastante difícil separarla sin ayuda de un instrumento filoso. A diferencia de la agalla de perilla, cuyo punto de unión al tronco es muy pequeño en relación al diámetro de la perilla, en la agalla de disco el punto de unión con el tronco abarca casi toda la agalla, dañando todo ese tejido.

La agalla de abanico nace también en los cojines florales, como estructuras alargadas de internudos cortos, que crecen muy rápidamente. Algunas veces a lo largo de las "ramas del abanico" nacen algunas flores. Los crecimientos alargados en conjunto dan la apariencia de un abanico el que, al secarse, queda como una estructura dura pero quebradiza. También se han podido observar creciendo en pequeñas hojas o brácteas, a lo largo de las estructuras o en su base.

La agalla lobular fue descrita como otro tipo de agalla denominado lobular debido a su forma, se presenta en las ramas o los troncos. Tiene una apariencia entre agallas de puntos verdes y una agalla floral, pero de una coloración marrón claro. Su estructura es en forma de cresta o lóbulo, pegados unos con otros que, en conjunto, adquieren la estructura redondeada.

Combate de la enfermedad. Una de las formas de combatir la enfermedad ha sido la erradicación de plantas con síntomas o la cirugía de las partes afectadas.

Desde el inicio de las observaciones del problema, los autores notaron una amplia gama de susceptibilidad de los árboles en las áreas afectadas. En general, hay informes de muchos países, con amplia variación. Estudios de Venezuela dieron como resultado la clasificación de unos 16 clones como resistentes, y en los de Costa Rica se encontró que los clones 'UF-29', 'UF-242' y 'UF-273' no presentaban bubas florales.

En algunos lugares se ha recomendado el uso de insecticidas para combatir al agente transmisor, y se han probado una serie de fungicidas con la idea de prevenir la enfermedad, pero no se han obtenido buenos resultados en forma práctica y económica.

Enfermedades virosas

Las enfermedades virosas del cacao son nativas y ocurren solamente en Africa Oeste (Ghana, Costa de Marfil, Nigeria y Sierra Leona), Sri-Lanka y Trinidad. Las formas más severas existen exclusivamente en el Africa, donde se lo denomina "virus de los brotes hinchados" (CSSV), debido a la hipertrofia, que constituye el síntoma característico.

Los síntomas resultantes varían de un cultivar a otro; algunos producen poco efecto, pero la mayoría deprime la producción y algunas formas severas pueden matar los árboles en unos dos años. La hinchazón característica en brotes y a veces raíces, puede no estar presente. Es más constante el síntoma en las hojas, cuyo moteado varía con el estado de la infección. La enfermedad se disemina por insectos, no sólo a otras plantas de cacao, sino también a otras especies de *Esterculeaceas* y *Bombacaceas*.

La única forma eficaz de combate que se conoce es el corte y quemado de los árboles, práctica costosa y socialmente indeseable, pues conduce al abandono de plantaciones.

En los últimos 30 años, se han introducido al Africa algunos árboles del Amazonas, que presentan menos susceptibilidad a la enfermedad y, por lo tanto, se han realizado selecciones de padres genéticos de varios cruzamientos; se está reproduciendo descendencia sexual de esos árboles seleccionados con relativo éxito para sostener la enfermedad.

Se recomiendan estrictas medidas de cuarentena entre Africa y América, para evitar la entrada de estos patógenos.

Escoba de Bruja

Causada por un Basidiomiceto, *Crinipellis (Marasmius) pernicioso* (Stahel) Singer, se localiza únicamente en el norte de Sudamérica y en las islas del Caribe. El origen de la enfermedad ha sido por mucho tiempo objeto de especulación, siendo la teoría más aceptada y difundida la que establece que *C. pernicioso* es endémica en el valle amazónico y de ahí fue diseminada a otras áreas. La enfermedad fue primero reportada en Surinam en 1895 y en 1915 Stahel determinó su etiología y describió el patógeno. Es un parásito hemibiotrófico, que infecta solamente los géneros relacionados, *Theobroma* y *Herrania*.

Sintomatología. El síntoma más conspicuo de la enfermedad es una formación de "Escobas de Bruja". Hay, sin embargo, rangos de síntomas que incluyen hiperplasias, cuya intensidad varía con el tipo y edad del tejido involucrado, con la constitución genética de los árboles y aún con el estado nutricional de los mismos.

En el campo, además de las escobas terminales y laterales, que varían en tamaño de unos pocos centímetros a 1.5 m de largo, pueden también presentarse hinchazones localizadas en el tallo, cánceres, hojas con el pulvino hinchado, que aparecen erectas y tiesas, en contraste con hojas normales, así como callosidades y agallas asociadas a heridas, especialmente en tallos tiernos. El hongo puede también infectar cojines florales causando la producción de mazorcas anormales, frutos partenocárpicos o escobas (hiperplasia). Las mazorcas que infectan durante las primeras etapas de desarrollo maduran de modo desigual y pueden ser deformes. Las infecciones tardías resultan en pudrición de las mazorcas, y son difíciles de distinguir de las causadas por otros patógenos, aparte de su incapacidad de esporular.

Ciclo de vida del patógeno. Hasta donde sabemos actualmente, la enfermedad se produce a partir de basidiocarpos provenientes de material enfermo y muerto después de un período de latencia. A partir de la primera emisión de basidiosporas, las escobas pueden continuar produciéndolos intermitentemente, bajo condiciones favorables. La infección es producida por estas basidiosporas. La deposición de esporas se produce entre las 6 p.m. y las 4 a.m., con temperaturas entre 15.5 y 26.5°C.

No ocurre deposición en una atmósfera saturada de humedad. Solamente se infecta el tejido meristemático y parece que el hongo puede permanecer latente en un brote igual, hasta por doce semanas.

En general, no se conoce aún como ocurre la penetración, pero la expresión de síntomas no se produce sino hasta cinco o seis semanas después de la infección; el brote atacado crece primero como uno aparentemente normal. Después de tres o cuatro semanas el brote hipertrofiado y anormalmente ramificado (la Escoba Verde), empieza a tornarse necrótico. A partir de su completa necrosis, pueden pasar entre 10 y 66 semanas antes de que se formen esporóforos. Potencialmente, todos los tejidos infectados son capaces de esporular y mantener esa esporulación por lo menos durante un año, si no hay factores externos que alteren este proceso.

Los intentos realizados para infectar plántulas de cacao con micelio o artrósporas observadas y obtenidas *in vitro* han fallado completamente. Igual resultado se ha obtenido al tratar de producir basidiocarpos y esporas en medio de cultivo artificial. Para los estudios de biología y resistencia, las esporas provienen de grandes cantidades de "escobas", mantenidas en umbráculos especiales con riegos periódicos, simulando las condiciones naturales de producción.

Epidemiología. Existe correlación directa entre la cantidad de esporóforos y el número de escobas que se observan más o menos cinco semanas después. En aquellos países con épocas lluviosa y seca bien definidas, donde no se realizan riegos en cacao, se producen esporóforos en profusión a inicio de la primera; casi simultáneamente y debido a las mismas condiciones ambientales, se produce una brotación muy intensa. De esta manera el resultado es una infección a niveles excepcionalmente altos. Esto no descarta la presencia de escobas nuevas por el resto del año, pero los niveles de infección no son tan altos como al inicio de la época lluviosa.

Combate sanitario. De los métodos de combate que se han ensayado, la remoción de la escoba mediante podas de una a cuatro veces por año, ha demostrado ser efectivo para reducir la incidencia de la enfermedad. Desgraciadamente, es una práctica no muy acogida, debido a la dificultad de efectuarla en plantaciones altamente infestadas, principalmente por el costo de la mano de obra. Pero en áreas de nuevo desarrollo cacaotero, es posible y deseable que, simultáneamente con la siembra, se establezcan técnicas de cultivo capaces de asegurar una eliminación sistemática anual de la infección, para evitar llegar a niveles en que se hace imposible un combate por este u otros métodos.

Combate químico. Otra forma de combate intentada sin resultados prácticos ha sido el uso de diversos fungicidas. No tanto porque no haya químicos capaces de combatir la Escoba de Bruja, sino porque es casi imposible cubrir todos los puntos meristemáticos activos de una plantación. Sin embargo, es factible obtener una aceptable producción de mazorcas a pesar de la infección vegetativa, utilizando material tolerante a la enfermedad. Estos frutos pueden protegerse con los mismos productos actualmente efectivos para el combate de *Monilia*, antes mencionados.

Resistencia varietal. La alternativa más prometedora es el uso de material resistente o, mejor dicho en el contexto moderno, tolerante a la enfermedad. En medio de muchas discusiones y aparentes contradicciones acerca del tipo de resistencia que se puede presentar en cacao y a la posibilidad de estar involucrada más de una forma

del patógeno, subsiste un hecho incontrovertible: la diferencia de susceptibilidad entre y dentro de poblaciones cacaoteras.

Diplodia

El hongo *Diplodia theobromae*, Nowell, tiene distribución mundial y se le conoce como parásito de un número grande de hospedantes. En el caso del cacao, se le considera como un parásito débil, que ataca a los árboles que carecen de vigor. Está asociado con la "muerte regresiva" y puede también ser responsable de resultados negativos en la injertación y en el enraizamiento de estacas. Este hongo produce también una podredumbre de efectos destructivos rápidos en la mazorca, pero su ataque se reduce a las mazorcas que se dejan en el árbol después de haber madurado. La podredumbre causada por *Diplodia* se caracteriza por una lesión negra que rápidamente cubre toda la superficie de la mazorca y que, bajo condiciones húmedas, se cubre con el micelio negro del hongo y con la exudación de una gran cantidad de esporas negras, provenientes de los picnidios enclavados en los tejidos enfermos. El viento, la lluvia y los insectos fácilmente separan y diseminan estas esporas.

Combate. Una recolección oportuna de los frutos, es decir, no permitiendo que las mazorcas se queden en los árboles después de madurar, evitará las podredumbres causadas por *Diplodia*.

Si antes de injertar se cubren el patrón y la vareta de donde se toman las yemas con una suspensión densa de Ferbam, se reduce considerablemente la infección del hongo y se aumenta el porcentaje de injertos pegados. Sumergiendo las estacas de cacao en una suspensión de Ferbam o Ziram, a razón de un cuarto a media libra por 12 galones de agua, se puede reducir la infección que se presenta en los propagadores y se mejora el enraizamiento.

Antracnosis

Esta es otra enfermedad del cacao con distribución mundial. Su agente causal, el hongo *Colletotrichum gloesporioides*, Penz., tiene un número grande de hospedantes. Esta enfermedad afecta las hojas y los frutos y puede también encontrarse en ramillas con "muerte regresiva", y en estacas enfermas en las cámaras de propagación. Como podredumbre de las mazorcas es de poca importancia; sus lesiones son de color pardo, ligeramente hundidas y un poco rugosas. Bajo condiciones húmedas, sobre las manchas se forman masas rosadas de esporas del hongo. Aún cuando el crecimiento de las lesiones es lento, éstas pueden atravesar la pared de la mazorca y afectar las semillas, pero tales infecciones son por lo general poco comunes.

Un aspecto de mayor importancia de la Antracnosis es su efecto sobre el follaje del cacao. Las hojas tiernas y las estípulas de los brotes nuevos son sumamente susceptibles al ataque de *Colletotrichum*, y la infección severa del hongo frecuentemente resulta en defoliación de las ramas laterales, dejándolas desnudas. Las defoliaciones repetidas pueden a veces causar la muerte del brote, dando lugar al desarrollo de ramillas laterales que en ocasiones dan la apariencia de una Escoba de Bruja. Este fenómeno de defoliación rápida y de ramillas desnudas se presenta a menudo en las

plántulas y estacas de los viveros, por cuanto las esporas del hongo presentes en el agua que salpica del suelo durante los períodos de lluvia o durante el riego, infestan fácilmente estas plantas. De vez en cuando aparecen en las hojas viejas manchas de Antracnosis de forma irregular pero, por lo general, éstas no son suficientemente numerosas para afectar adversamente el crecimiento del árbol. Sin embargo, constituyen una fuente de infección para otros árboles, conjuntamente con las mazorcas infectadas que quedan en el árbol y las ramillas muertas en las que el hongo puede estar presente como patógeno o como saprófito. Las masas viscosas de esporas no son transportadas por el viento, pero sí por los insectos y por el agua de la lluvia al salpicar.

Combate. La remoción de mazorcas y residuos vegetales enfermos y muertos, como aspectos normales de la poda y la recolección de frutos, contribuye en mucho a la reducción de la enfermedad en los árboles adultos. Si estas operaciones se llevan a cabo simultáneamente con un buen programa de aplicación de fungicidas para el combate de las podredumbres de las mazorcas, haciendo aspersión del árbol completa y no sólo de su área de producción, se obtendrán excelentes resultados en el combate de la Antracnosis.

Para evitar el salpique de la lluvia se recomienda una capa gruesa de mantillo (mulch) en las camas de los viveros, con lo cual se reduciría la contaminación desde el suelo, que probablemente contiene espores de *Colletotrichum*. La misma protección sería recomendable para las plantitas recientemente sembradas en el campo. Cuando se usan cajas de germinación colocadas en alto, se obtienen plantas completamente sanas que no se defolian ni presentan manchas en sus hojas siempre que el suelo que se use en ellas se esterilice con cloropicrina o con formalina.

Thielaviopsis

En el Ecuador esta enfermedad se observó por primera vez en 1950 y posteriormente se le ha observado también en Costa Rica. Es una podredumbre del fruto causada por el hongo *Thielaviopsis paradoxa*, y como este organismo tiene una distribución geográfica muy extensa y un número grande de hospedantes, es probable que la enfermedad exista en otros países. El hongo es parasítico y penetra a los frutos cuando éstos han sido dañados por los pájaros. Solamente las mazorcas maduras parecen ser susceptibles y evidentemente es necesaria una herida profunda como la causada por el pico de un pájaro para que haya infección. Una vez hecho su ingreso a las heridas, la enfermedad es de efectos destructivos rápidos. Las mazorcas sin heridas son difíciles de infectar. La parte infectada presenta una coloración parda pálida que rápidamente cubre toda la mazorca, quedando su interior cubierto con una podredumbre húmeda, que presenta un abundante micelio gris y conidióforos del hongo. Bajo condiciones húmedas, pueden aparecer grupos de conidióforos y de micelio blanquecino sobre la superficie de la mazorca. Algunas veces los conidióforos de la superficie exterior de la mazorca sólo tienen microconidios blanquecinos, mientras que en la superficie interior se encuentran conidióforos que solamente producen macroconidios grises.

En el campo la enfermedad puede reconocerse por su olor característico a manzana o a piña, al hacer un corte en una mazorca suficientemente infectada y también por la relativa fragilidad de la pared del fruto. Mientras que los frutos infestados por otras enfermedades continúan relativamente firmes y duros, las pare-

des de las mazorcas atacadas por *Thielaviopsis* se debilitan rápidamente y al presionarlas con los dedos, se desmenuzan fácilmente como cáscara de huevo.

Combate. Generalmente se cree que la enfermedad es muy rara y que no necesita medidas de control. La abundancia de pájaros en las plantaciones y las recolecciones infrecuentes de los frutos favorecen la diseminación de la enfermedad, hasta un grado en que puede causar pérdidas muy considerables. En la costa Atlántica de Costa Rica se ha observado en ocasiones mucha *Thielaviopsis* en mazorcas de cacao recién recolectadas. El combate de la enfermedad no es sin embargo un problema muy serio. Una recolección oportuna, que asegura que las mazorcas una vez maduras no se dejan mucho tiempo en el árbol, y un programa de aplicación de fungicidas para combate de otras podredumbres más graves de las mazorcas, debe reducir en forma efectiva la incidencia de la enfermedad.

Koleroga

Esta enfermedad es causada por el hongo *Pellicularia koleroga* (*Corticium koleroga*) y se presenta esporádicamente en las plantaciones de cacao, pero cuando éstas están bien atendidas no resulta grave. Se ha destacado su presencia en Colombia, Costa Rica, Honduras, Trinidad, Venezuela y Nicaragua. Seguramente está extendida en todas las áreas cacaoteras, pero su poco efecto económico no lo hace de mayor importancia, especialmente pensando que al combatir otras enfermedades, se hace también un combate de esta enfermedad. En los campos se le conoce por los hilos fuertes de color pardo del micelio del hongo, que se extiende a lo largo de las ramas del árbol. De estos hilos salen hebras del micelio a las hojas; éstas mueren y luego se desprenden de las ramas, pero no caen por cuanto quedan suspendidas por el micelio del hongo. Puede haber una seria defoliación de las ramas, que puede llegar a causar su muerte.

Combate. Como parte normal de la poda, debe hacerse la remoción de las ramillas enfermas. Por lo general, el micelio puede arrancarse fácilmente de las ramas grandes. Un buen programa de aspersiones destinado al combate de podredumbre de las mazorcas debe combatir satisfactoriamente esta enfermedad.

Mal rosado

La enfermedad, que deriva su nombre de la apariencia que presenta el hongo al crecer sobre el tronco y las ramas del árbol atacado, se parece al mal de hilachas o koleroga. Se ha registrado en Sur América, Antillas, Camerún, Samoa Occidental y Nueva Guinea, atacando numerosas plantas. En Colombia se ha encontrado en el Valle del Cauca (región de Dagua), en Antioquia, Nariño y Chocó.

El agente causal es el hongo *Corticium salmonicolor* Br. y Br., el cual necesita condiciones excepcionalmente húmedas para desarrollarse. El exceso de sombra y la falta de drenaje, son factores que contribuyen grandemente a su propagación, la cual ocurre normalmente por contacto.

El *Corticium* ataca los retoños y las ramas pequeñas, actuando siempre bajo condiciones de alta humedad. Es visible sobre la corteza, variando su apariencia de acuerdo con la edad y el estado en que se presenta.

Sobre las ramas afectadas se observa una incrustación rosada pálida que puede cubrir toda la rama. En el margen del parche rosado, el hongo se desarrolla superfi-

cialmente sin penetrar en la corteza; en cambio, en el centro del mismo, sí penetra dentro de los tejidos. La corteza se raja y se separa de la madera.

La capa rosada es delgada y a medida que envejece, desarrolla numerosas hendiduras que se muestran más o menos en ángulo recto unas con otras. Cuando está viejo el *Corticium* pierde su color rosado y se vuelve blanco grisáceo. Las ramas infectadas se defolian y mueren.

El hongo puede manifestarse en otras formas, como las lesiones en forma de ojo, que brotan de la corteza y muestran un micelio algodonoso.

Cuando sobreviene un tiempo seco, el hongo generalmente suspende su crecimiento y pierde su color; pero si viene el invierno reaparece la coloración rosada, el hongo revive y continúa extendiéndose por el interior de la corteza.

Combate. Como primera medida se deben eliminar o por lo menos reducir las causas predisponentes de la enfermedad, tales como el ambiente húmedo por el exceso de sombra y falta de drenaje.

Como generalmente el daño causado por el mal rosado se limita a unas pocas ramas, éstas se deben eliminar mediante podas. También con la aplicación de caldo bordelés de la concentración 4-4-50, se obtiene un combate satisfactorio.

Pudrición harinosa de la mazorca

La enfermedad es causada por el hongo *Trachysphaera fructigena* Tab. y Bunt., y se presenta en el Africa Occidental, donde resulta de escasa importancia en comparación con la pudrición negra. El primer síntoma de la enfermedad es una zona parda en el punto de infección, que se extiende y oscurece rápidamente. La superficie del fruto queda cubierta por la masa harinosa de esporas, blancas al principio pero que después se vuelve rosada. Si el fruto es muy joven es a veces destruido por el hongo, mientras que si es un poco mayor, puede salvarse la semilla. Los bordes de los síntomas son generalmente difusos, en comparación con los síntomas de la mazorca negra, cuyos bordes son bien diferenciados. No hay buen acuerdo entre si el parásito necesita o no una herida para atacar las mazorcas. Cosechas regulares y eliminación de los materiales enfermos pueden asegurar el combate de este mal. Puesto que la humedad favorece la diseminación de la enfermedad, todas las labores que reduzcan la humedad excesiva reducen también la enfermedad. No se dispone de datos acerca de la acción del cobre u otros fungicidas rociados.

Pudrición negra de la mazorca

La pudrición negra de las mazorcas ("charcoal pod rot") debida a *Botryodiplodia theobromae* Pat., se caracteriza por manchas negras que van recubriendo poco a poco la totalidad del fruto, que aparece entonces como recubierto de hollín. El parásito parece ser más bien consecuencia de la debilidad, pues los ataques a las mazorcas son posteriores a heridas o picaduras de insectos o muy a menudo a ataques de *Phytophthora palmivora*. Finalmente, aparece sobre todo en las mazorcas no cosechadas que persisten en los árboles tras la madurez. Aunque es parásito secundario, su acción es importante debido al hecho de su progresión rapidísima en los tejidos de la mazorca. *Botryodiplodia theobromae*, muy extendido por toda la zona tropical, puede asimismo atacar los tejidos heridos de las ramas jóvenes, provocando daños.

Enfermedad del hilo blanco

La enfermedad del hilo blanco, debida a *Marasmius scandens* Massée, se caracteriza por la presencia de filamentos micelianos de color blanco, adheridos a las ramas y a los pecíolos de las hojas y ramificaciones en finas redes por la superficie inferior de las hojas. Las ramas jóvenes y las hojas se desecan, pero las hojas muertas permanecen prendidas por los cordones micelianos. Esta enfermedad está bastante extendida pero sólo causa daños de poca importancia.

Enfermedad del hilo negro

La enfermedad del hilo negro, debida a *Marasmius trichorrhizus* Speg. (*Marasmius equicrinis* Muell), se caracteriza por filamentos micelianos negros, que llevan a menudo fructificaciones de color blanco crema, que se vuelven pardos-anaranjadas, sostenidas por un pie, cuya longitud puede alcanzar varios centímetros. Este hongo es más bien un saprófito molesto, que acompaña generalmente a *Marasmius scandens*.

Estriado vascular

El estriado vascular (*Ancobarideum theobromae* Talbot y Keane) es una enfermedad que ataca y mata las ramas y tallos del cacao. Puede llegar a matar un árbol de cacao joven y causar severos daños en los árboles viejos. La enfermedad está presente en Malasia, Filipinas y en varios de los distritos o provincias productoras de cacao de Papúa, Nueva Guinea.

Cuando una rama ha sido atacada por el organismo, el primer síntoma que se observa es una o dos hojas amarillentas en la parte central de la rama. Esta hoja se hace luego de coloración bronceada parda, aunque una pequeña área de la hoja permanezca verde; luego la hoja se desprende y cae. Tan pronto la hoja ha caído, se puede observar en el punto de inserción una mancha café en la corteza, algo que cuando una hoja normal cae no se puede observar. En los puntos de caída de las hojas enfermas se presentan pequeñas tumefacciones duras. Si los brotes vegetativos se desarrollan en esos lugares, mueren rápidamente antes de alcanzar cinco o seis centímetros.

Después de la caída de las primeras hojas, algunas de las más cercanas van cayendo, hasta que la rama quede completamente sin ellas. Cuando se afecta un brote joven, todas las hojas se ponen bronceadas entre las venas, luego se vuelven oscuras, se agranda la mancha y muere todo el brote.

Al hacer un corte en la parte afectada del tallo se puede ver claramente un anillo que causa el estriado vascular. El organismo crece a lo largo del Xilema y llega a bloquear el paso de los líquidos, razón por la cual la planta no puede hacer llegar agua ni nutrimentos a las hojas.

Bajo condiciones de abundante humedad, se puede notar en las ramas exteriormente el crecimiento blanquecino del hongo, que va creciendo junto a los puntos donde han caído las hojas. En este crecimiento del hongo se forman las esporas, que se desprenden durante la noche y que pueden provocar una nueva infección al caer sobre otras hojas sanas. Las esporas mueren fácilmente a la luz del día. Las esporas que germinan tardan aproximadamente cuatro meses hasta provocar los síntomas nuevamente.

El mejor método de combate de esta enfermedad es la poda de las partes afectadas asegurándose que el corte elimine todas esas partes. No se requiere la quema del material podado, en vista de que el hongo muere rápidamente al morir la rama de cacao.

No se ha podido aún encontrar un buen método químico para combatir la enfermedad. Parece que el método de usar material resistente es prometedor. En programas iniciados en Malasia y Papúa Nueva Guinea, parecería que el material amazónico presenta más tolerancia al problema que los tipos amelonados locales.

Fusariosis o podredumbre de la mazorca

En las plantaciones del cacao y banano de América Central es común encontrar el saprófito *Fusarium roseum* G. Si el hongo encuentra una herida o un camino fácil, puede penetrar en las mazorcas de cacao e iniciar una podredumbre rápida del fruto. La herida puede ser provocada por insectos, ardillas o pájaros carpinteros.

Esta enfermedad es de poca importancia económica en general, puesto que el ataque de estos agentes no es severo en todas las regiones. En Turrialba y La Lola, se considera que se puede perder un 1 % en condiciones normales, pero en otros lugares como República Dominicana, donde el daño de ratas y pájaros es bastante agudo, el porcentaje de pérdidas puede subir considerablemente.

La podredumbre que penetra en la mazorca afectada continúa al endocarpio, pero no al mesocarpio. La pulpa que rodea a la semilla, pero no la semilla, se pudre rápidamente. Al abrir una mazorca afectada, se puede notar un crecimiento del hongo, tanto en la superficie de las semillas como en el resto de la cavidad del fruto.

Podredumbre negra

Las podredumbres de las raíces del cacao no constituyen en América un problema tan serio como en otras partes del mundo. La más seria parece ser la podredumbre negra de la raíz causada por *Rosellinia bunodes* y por otras especies de *Rosellinia*, como *R. pepo* y *R. meatrix*. Estos hongos se encuentran generalmente en los suelos de los bosques y es probable que cuando éste se corta se trasladen de las raíces de los árboles a las raíces del cacao. Comúnmente aparecen varios árboles de cacao infectados simultáneamente, en un área determinada. Si se hace un examen cuidadoso es probable encontrar que el hongo llega desde las raíces de un tronco viejo a las raíces de los árboles de cacao, al entrelazarse las de ambos. Las plantas infectadas se marchitan, sus hojas mueren y luego muere toda la planta. Si se examinan las raíces se encontrarán los rizomorfos del hongo y, debajo de su corteza, se notará el micelio en placas, con figura de abanico.

Combate. Las plantas que mueren en la forma descrita en el párrafo anterior deben examinarse para ver si hay *Rosellinia* en sus raíces. Las raíces afectadas deben sacarse cuidadosamente y debe hacerse todo lo posible por identificar la fuente de infección, la cual puede ser un tronco viejo o las raíces de un árbol del bosque. Una vez localizada esa fuente de infección, debe procederse a su remoción y destrucción; una vez destruida pueden ponerse nuevas plantitas pero se les mantendrá en constante observación, para ver si aparecen nuevos síntomas de infección. Las mismas

precauciones se deben aplicar cuando se trate de otras podredumbres de las raíces del cacao. Existen en la actualidad varios fungicidas de suelo relativamente baratos, que podrían usarse para la esterilización de éste antes de la resiembra.

Armellaria

Esta enfermedad se encuentra poco en América, pero es muy dañina en África Occidental. Ataca árboles de cacao en cualquier edad. Su ataque generalmente termina con la muerte del árbol. En general, se desarrolla muy bien cuando está bajo condiciones pantanosas.

La enfermedad es causada por el hongo *Armellaria (Armellariella) mellea*. El micelio progresa entre la madera y la corteza y penetra en la madera, donde forma cojines miceliáceos que, al ensancharse, pueden provocar la reventazón del cuello del árbol. El hongo, en general, forma crecimientos compactos en la base del árbol, de una coloración gris clara, que luego se hace amarillenta, terminando por hacerse negra. Los micelios más tarde invaden todo el árbol, especialmente por el centro del xilema. Las hinchazones que provoca con sus respectivos agrietamientos, pueden extenderse hasta por dos metros de largo. El progreso de la enfermedad es rápido. El árbol puede caer en poco tiempo y luego desarrollar un amarillamiento de las hojas.

La enfermedad se parece bastante a la causada por *Rosellinea*, de la cual se puede diferenciar porque no hay un micelio externo en forma de flores, no posee fase conídica, no forma esclerosis y tiene forma de basidiomiceto.

El contagio de esta enfermedad se hace más bien por medio del contacto del sistema radical. Bajo condiciones pantanosas, el árbol puede estar más predispuesto al ataque del hongo. La fuente inicial del inóculo está en los árboles de maderas duras, cuyas raíces enfermas pueden durar vivas e infectadas por algunos años.

Fomes

Estas enfermedades están muy distribuidas en África y se les encuentra en Centroamérica en forma esporádica.

La más conocida es la causada por el hongo *Fomes lignosus*, que en la actualidad se le conoce más como *Rigidosporus lignosus* Kl. o *Leptoporus lignosus* (Kl) Heins y Pat. Esta especie tiene mucha importancia como parásito del caucho o hule, en el Extremo Oriente. La zona más afectada por esta enfermedad en el cacao es África, en donde puede adquirir importancia económica.

Una de las características más importantes es que cuando ataca al cacao clonal, cuyo sistema radical no es profundo, el árbol se inclina, rompiendo algunas raíces. Tanto el amarillamiento de las hojas, como la caída del árbol, pueden suceder rápidamente. Las raíces enfermas se recubren de un micelio blanquecino (rizomórfico), que se adhiere fuertemente a la raíz. Al madurar adquiere una coloración anaranjada-rojiza. Algunos cuerpos fructifican y se pueden ver después de la muerte del árbol, en el cuello de la raíz, con una coloración anaranjada amarillenta en la parte superior y de color anaranjado-rojizo en la parte interior.

La manera de infectarse una planta es igualmente por contacto directo. También pueden infectarse heridas frescas del árbol, por medio de esporas que pueden ser transportadas por el viento.

La otra enfermedad es la causada por *F. noxius* C., actualmente conocida como *Phellinus noxius*, muy común en África Occidental y algunas áreas cacaoteras del

Pacífico Sur. Se ha notado su presencia en Turrialba, Costa Rica. Una de las principales características del hongo son las incrustaciones duras y brillantes alrededor de las raíces, que provienen de exudados de las formas rizomórficas, de coloraciones pardas. Los rizomorfos se desarrollan como una verdadera piel sobre el suelo, que pronto puede llegar a hacerse negra. Al inicio de la infección, el micelio es de color amarillento (dorado), llegando a tomar la madera una coloración gris. Luego se ven una serie de líneas finas unidas, dando la idea de un peine. Rara vez se ven los campos fructíferos.

La infección ocurre por contacto directo con raíces contaminadas, que generalmente vienen de árboles viejos del lugar. También puede penetrar por heridas.

Combate. El combate de estas enfermedades del tronco y la raíz del cacao se puede hacer siguiendo recomendaciones simples, como las siguientes:

Aislar los árboles enfermos por medio de una zanja, de unos 50 - 60 cm de profundidad; la tierra que sale de la zanja debe ser cuidadosamente colocada hacia el lugar de los árboles enfermos. Se debe hacer un estudio cuidadoso de las raíces afectadas durante esta operación.

Los árboles muertos deben ser dejados y destruidos en el mismo sitio o retirados con mucho cuidado, por cuanto un trozo de raíz infectada que caiga, puede producir un nuevo brote de la enfermedad. Si ésta es descubierta a tiempo puede ayudar mucho una cirugía y una buena protección con alguna pasta con cobre.

Se deben aplicar fumigaciones fuertes al suelo, especialmente en el sitio donde estuvo el tronco enfermo y además hacer aplicaciones de cal.

Marchitamiento temprano de los frutos

Existe un límite en la capacidad de fructificar del cacao, controlado por lo que se conoce como un desorden de funciones fisiológicas, denominado "Marchitamiento Prematuro" ("Cherelle wilt"). Este fenómeno de los frutos jóvenes se caracteriza por un amarillamiento prematuro y secamiento o momificación del fruto, que permanece pegado al tronco por mucho tiempo. Parece ser un fenómeno bastante parecido al que ofrecen muchos otros frutales, como un mecanismo fisiológico de auto control de la fructificación. Aunque en cacao se aumenta la fecundación y fructificación, esto conlleva a aumentar la pasmazón o marchitamiento de los frutos pequeños.

De los estudios realizados en Trinidad y Costa Rica, parece que la mayor competencia de las sustancias nutritivas o de los fotosintetizados, se realiza entre las mazorcas que están en crecimiento y con los nuevos brotamientos. Una mayor actividad fotosintética de la planta ayuda a disminuir el problema; con disminuir la sombra de un cacaotal se aumenta la fertilidad del suelo y mejora la disponibilidad de agua. En cambio, algún fenómeno que prolongue una deficiencia en el árbol ("stress"), aumenta la incidencia del marchitamiento.

El problema de la marchitez se presenta en los frutos jóvenes hasta los 70-80 días, época en la cual los frutos tienen una diferente fase de su desarrollo. Corresponde al segundo período de crecimiento del fruto, o sea el de los embriones que crecen rápidamente, aumentando especialmente el tamaño de las células. Cuando los frutos pasan esta época crítica (80-100 días) ya no se provoca este fenómeno. También se ha demostrado una clara competencia de los frutos pequeños con los brotes de ramas nuevas.

En algunos lugares, los frutos marchitos inclusive llegan a controlar la estacionalidad de la producción, como sucede en Bahía, Brasil.

También se asocia el marchitamiento de los frutos a diferentes infecciones por hongo o efecto de insectos, pero nunca se ha podido reproducir el daño y no hay evidencia de que ninguna enfermedad sea la razón primaria. Se ha encontrado toda clase de organismos al inicio del proceso de marchitamiento, sin embargo, parece que todos ellos son secundarios.

Muerte regresiva o descendente

La "Muerte Regresiva" es atribuida frecuentemente a las condiciones del clima, aún cuando hay numerosos factores que contribuyen a producirla; no debería probablemente considerarse como una enfermedad fungosa, sino principalmente como resultado del ataque de insectos. Se le menciona aquí porque cuando se presenta en las plantaciones de cacao puede tomar proporciones de desastre e imponerse a la atención del fitopatólogo, aún cuando éste tratara de restarle importancia. A menudo la situación se complica por la intervención de distintos factores interdependientes, especialmente la infestación de una especie de *Monalonia*, ataques de trips, defoliación originada o activada por ciertos hongos que incluyen a algunas especies de *Colletotrichum*, *Diplodia* y *Nectria*, y las interrelaciones entre fertilidad del suelo, sombra y drenaje.

Numerosos insectos y hongos, además de los citados, pueden también presentarse y complicar la situación. Por lo tanto, el síndrome de la "muerte regresiva" es mejor considerarlo como un complejo de efectos más que como un fenómeno simple.

Importancia económica. No es posible evaluar el efecto de este disturbio y en la mayoría de los países cacaoteros no se ha intentado esa estimación. Los agricultores se acostumbran a considerar la "muerte regresiva" como algo natural que no se puede evitar. Una estimación conservadora podría revelar que los casos en que esa perturbación se presenta en forma severa, reduce la producción de cacao en un 50%.

Sintomatología. Una plantación de cacao seriamente afectada por la "muerte regresiva" presenta una defoliación severa. Las hojas se tornan amarillas y caen, quedando desnudas las ramas y ramillas. Las ramillas mueren de su ápice hacia la base cuando el ataque se repite, seguidamente adquieren una forma de escoba o de cuernos de venado, como resultado de las ramificaciones frecuentes y del acortamiento de los internodos. Los árboles a pleno sol se afectan en alto grado mientras que los árboles circunvecinos que tienen sombra, pueden estar sanos y normales. Los árboles afectados en forma muy severa pueden morir.

Agentes causales. En Costa Rica, entre los agentes principales de la "muerte regresiva", se destacan los cápsidos del género *Monalonia*. En Centro y Sur América se han identificado varias especies de estos insectos chupadores. El daño que causa una infestación grande de *Monalonia* es muy similar al causado por las especies africanas de cápsidos. Los insectos se alimentan y ponen sus huevos en las mazorcas y brotes jóvenes; se cree que al comer inyectan dentro de los tejidos una toxina que acelera la muerte de los brotes atacados. Las cicatrices que el *Monalonia* deja en las mazorcas de cacao son características y se parecen a las de los cápsidos *Helopeltis* del Africa. El ataque de los insectos parece tener poco efecto en las mazorcas

grandes, pero probablemente causa considerable pérdida de frutos pequeños, ya sea produciéndoles la muerte directamente o abriendo paso a los hongos causantes de podredumbre del fruto. Aparentemente, sin embargo el daño mayor es el causado a las ramillas y brotes jóvenes.

Una infestación grande de *Monalonia* resulta de defoliación severa y produce la "Muerte Regresiva" en los brotes jóvenes. Los brotes afectados son entonces invadidos por hongos que normalmente son de acción débil, entre los que se incluyen especies de *Nectria*, *Diplodia* y *Colletotrichum*. Los aislamientos de esta clase de material generalmente producen especies de *Fusarium*, las cuales pueden representar estados imperfectos de una especie de *Nectria*.

En los árboles de cacao con "Muerte Regresiva" es posible encontrar trips, y algunas veces equivocadamente se considera a éstos causantes del daño, cuando *Monalonia* es en realidad el agente principal. Debemos admitir que los trips causan considerable daño a los árboles de cacao, pero hay poca probabilidad de que puedan constituirse en agentes primarios de "la Muerte Regresiva" y de la defoliación. Una investigación (no publicada) llevada a cabo en 1952-53 por entomólogos de la Estación Experimental de Pichilingue, Ecuador, no logró demostrar que los trips fueran la causa primaria de la defoliación del cacao. Parece probable que la presencia de grandes poblaciones de trips fuera un síntoma, más que una causa, de una condición malsana de los árboles.

A menudo, los árboles de cacao que carecen de sombra permanente, presentan marcada "Muerte Regresiva" y defoliación. Cuando se pregunta si en tales plantaciones se han usado fertilizantes, la contestación es generalmente negativa, de manera que el estado de las plantas puede atribuirse a una mala nutrición, agravada por la falta de sombra. Generalmente, aunque no siempre, se encuentra *Monalonia* y trips atacando los árboles expuestos al sol, pero no a los que están bien sombreados. Otro factor de mucha importancia, directamente relacionado con la productividad del suelo, es el drenaje, por cuanto afecta la aereación y el espacio radical de que disponen los árboles.

Combate. Fácilmente se comprenderá que cuando se descubre que el *Monalonia* es la causa principal de la "Muerte Regresiva" del cacao, el combate de esos insectos debe recibir prioridad en cualquier programa de combate. La aparición de este insecto es cíclica, íntimamente relacionada con la lluvia.

En Africa se logró un combate satisfactorio de los cápsidos con dos aplicaciones anuales del Isómero Gamma BHC y se obtuvieron aumentos de rendimiento del 100 % durante períodos mayores de dos años. La primera aplicación se hizo coincidir con la llegada de los cápsidos y como el insecticida no tiene efecto sobre los huevos del insecto, se hizo una segunda aplicación un mes más tarde, con el fin de matar los insectos nacidos después de la primera. Es evidente que se podría adoptar un programa similar para el combate de *Monalonia* en América, combinando un programa de aplicaciones de fungicidas con un programa general de aplicaciones de insecticidas, pero aún se hace necesario un estudio detallado de los hábitos de vida del insecto, antes de que pueda formularse un procedimiento adecuado.

Se ha observado que las aspersiones con sólo fungicidas, cuando se hacen debidamente y en forma sistemática, reducen la "Muerte Regresiva", aún cuando no la elimina por completo y que los árboles atomizados poseen un follaje mucho más denso que los que no se atomizan. Este es un efecto secundario, resultante de una atomización cuya finalidad principal es el combate de las enfermedades de las

mazorcas, e indudablemente es consecuencia del combate de algunos de los hongos de importancia secundaria, asociada con la "Muerte Regresiva", tales como *Nectria*, *Diplodia* y *Colletotrichum*. Cuando el *Colletotrichum* ataca las hojas jóvenes del cacao causa una defoliación muy severa. Otro efecto posible de tales aspersiones con fungicidas es su acción repelente contra el *Monalonia*, trips y otros insectos.

El agricultor que encuentre que sus árboles de cacao han sido notoriamente debilitados por "Muerte Regresiva" y defoliación, y que están demasiado expuestos al sol, debe recurrir inmediatamente a la aplicación de fertilizantes. Conviene hacer un análisis completo del suelo para determinar la disponibilidad de nutrimentos mayores y menores, el cual servirá de guía para la fertilización. Debe también proceder a la corrección de las deficiencias de drenaje que puedan existir.

Como parte normal de la poda deben eliminar los tejidos muertos y enfermos, así como también todas las partes mal formadas de la planta.

Aún cuando la aplicación de uno solo de los medios de combate que se han mencionado, como por ejemplo aspersiones con insecticidas destinados a combatir el *Monalonia*, pueden dar resultados significativos, es más probable que para conseguir resultados más efectivos y más rápidos se haga necesario un programa que abarque todos los aspectos anteriormente sugeridos, combinado con un programa de aplicación de fungicidas dirigido al combate de la podredumbre de las mazorcas.

PLAGAS DEL CACAO

Muchas de las plagas del cacao en América Central aparentemente no constituyen problemas económicos. En otros casos no hay suficiente información para conocer qué tan graves son. En general, los insectos y ácaros son más importantes cuando atacan plantas de viveros o que están recién sembradas en el campo. Un descuido en su combate durante estos períodos críticos puede ocasionar que lleguen a constituir un problema desastroso. Las mismas plagas, que normalmente causan daños insignificantes en plantaciones ya establecidas por unos años, a menudo son económicamente importantes durante los primeros meses. Entre estas plagas se incluyen: ácaros, cortadores, gusanos defoliadores y barrenadores de tallitos.

El manejo de las plagas en las plantaciones que están en producción implica consideraciones diferentes a las del período de establecimiento. Las plagas más dañinas que generalmente se encuentran en las plantaciones en producción son: *Monalonia*, gusanos defoliadores, hormigas defoliadoras y trips.

Existen también insectos que transmiten enfermedades como en el caso de los pequeños abejones (*Xyleborus*), que pueden transmitir o propagar la enfermedad llamada "Mal de Machete". En Africa, algunos de los chinches harinosos (*Pseudococcus*) o cochinillas, transmiten algunos tipos de virus que afortunadamente todavía no los hay en América Central. En algunos lugares se considera que los chinches pueden transmitir la Monilia.

La siguiente lista de plagas, agrupadas de acuerdo al daño que causan, representa los considerados como más importantes. La información presentada se basa en varias fuentes, que se enumeran al final. Cabe mencionar que la mayoría de estos trabajos no son recientes y es probable que existan errores, especialmente en la taxonomía. La necesidad de hacer revisiones y renovar la investigación que trate con plagas de cacao es eminente.

Comederos de hojas y retoños

INSECTOS DEL ORDEN COLEOPTERA

Chrysomelidae. Los crisomélidos son pequeños escarabajos de varios géneros incluyendo *Diabrotica*, *Nodonata*, *Colaspis* y otros. Son de muchos colores, a menudo brillantes o con patrones de manchas o rayas en la elitra. La mayoría son plagas nocturnas de las hojas tiernas, en las que hacen unos pequeños huecos; también pueden causar daño en las frutas formando lesiones superficiales, que en todo caso pueden ser puertas de entrada a enfermedades. Por sí mismos estos insectos no causan pérdidas de mazorcas.

Curculionidae. Los picudos son fácilmente identificados por tener sus mandíbulas pequeñas al final de un "pico" alargado de la cabeza. Los adultos comen los bordes de las hojas tiernas, a las cuales generalmente causan pocos daños; también se comen la superficie de los frutos y algunos se comen el pecíolo, lo cual puede ocasionar la muerte y caída de la hoja. Por lo general, no se sabe dónde viven ni qué comen las larvas.

Scarabaeiade Los abejones son escarabajos, usualmente de color café, de tamaño mediano a grande. Los adultos de los géneros más comunes *Phyllophaga* y *Anomala*, son plagas nocturnas y causan pocos daños. Las larvas serán discutidas en más detalle posteriormente, bajo la categoría de plagas de las raíces.

MASTICADORES DEL ORDEN LEPIDOPTERA

Phaloniidae. Las larvas de *Catephoides zuelana* se encuentran entre las orugas más comunes del cacao y causan algunos daños. El color varía con la edad de la larva y la ecología, pero siempre son con patrones de rayas alternas negras, amarillas, anaranjadas y blancas. Las larvas se alimentan de hojas tiernas por unos 20 días y llegan a un largo de 3 cm, después empupan en el suelo. Aparecen por épocas, siendo más abundantes durante las épocas de grandes emisiones de hojas nuevas. Las pequeñas hacen huecos y las grandes devoran toda la hoja.

Noctuidae. Las orugas defoliadoras y cortadoras de esta familia son principalmente plagas pequeñas en el vivero o en plantas recién trasplantadas. Varias especies de los géneros *Agrotis* y *Spodoptera* se esconden en el suelo y causan daños severos antes de que se sospeche que existen en el área. Usualmente son nocturnas y muy esporádicas.

Pyralidae. Las larvas de los enrolladores de hojas son de color verde a rojizo claro y de forma alargada. Se identifican fácilmente en el campo por su tendencia a enrollar las hojas a veces pegando unas hojas con otras, formando un refugio desde el cual se alimentan de las mismas hojas. Una de las más comunes es *Bacchoropsis paraxalis*.

Stenomidae. Las larvas son esqueletinizadoras de hojas, generalmente maduras o viejas, pegan las hojas una con la otra, fabrican galerías y viven en colonias. Comen toda la hoja, menos las venas.

Existen muchas otras especies de Lepidóptera que devoran el follaje de cacao,

pero, a pesar del gran número de ellas, es raro que alcancen niveles económicamente dañinos, excepto en el caso de almácigos o de plantaciones jóvenes.

MASTICADORES DEL ORDEN HYMENOPTERA

Formicidae. Las hormigas que se alimentan o que están asociadas con el cacao en otras formas, son extremadamente numerosas. Las más conocidas por sus daños directos son las hormigas cortahojas, principalmente del género *Atta*. Son polífitas y aparecen de pronto, a veces destruyendo un área considerable de follaje; pero no comen las hojas, sino que las amontonan en sus nidos, para cultivar hongos que son su verdadero alimento. También cortan las flores y mazorcas muy pequeñas y se las llevan al nido.

La mayoría de las otras especies de hormigas asociadas con el cacao viven en simbiosis con varios Homópteros o son depredadoras.

Apidae. Varias abejas pequeñas, generalmente negras o café oscuro, cortan pedazos pequeños de los bordes de las hojas pero no llegan a causar daños económicos. Algunas pertenecen al género *Trigona*. Ocasionalmente atacan las mazorcas.

CHUPADORES DEL ORDEN HOMOPTERA

Aphidae. El áfido más común que afecta el cacao es la especie *Toxoptera aurantii*, que vive principalmente en la cara inferior de las hojas tiernas, pero a veces también infesta las flores y frutas tiernas. Causa enroscamiento de las hojas y, a menudo, suspende el desarrollo de las hojas y flores. Produce sustancias azucaradas (excrementos), que sirven de alimento para varias especies de hormigas que viven de manera simbiótica con los áfidos. Este áfido también ataca cítricos, café y otros hospederos.

Cicadellidae. Muchas especies de chicharritas, saltahojas (tales como las de los géneros *Paloma*, *Gupona*, *Tettigella*, *Agallia*, *Colpoptera* y otros) abundan en el cacao. La mayoría se encuentra en las hojas tiernas, especialmente en los chupones; algunas también afectan flores y frutas pequeñas. Son delgadas y puntiagudas hacia atrás, con un tamaño promedio de 0.6 cm, pero variable, dependiendo de la especie. Los colores son variados: verde, roja, azul, amarilla, café, etc., de varios tonos y están dispuestos en patrones de rayas, manchas y bandas. Son muy activas y usualmente saltan cuando son perturbadas. Su importancia en las plantaciones de cacao es poco entendida, de importancia económica mínima.

Pseudococcidae. Varias especies de cochinillas atacan el envés de las hojas tiernas y pecíolos. Otras, como el *Pseudococcus* ataca la fruta. La especie *Pseudococcus citri* es cosmopolita y entre las más comunes en el cacao. Son de forma oval, de 2.5 a 5 mm de largo, según las especies. Están recubiertas de un polvo harinoso blancuzco, llevan alrededor del cuerpo una franja de filamentos aéreos. En colonias grandes pueden debilitar la planta por extracción de savia, pero su amenaza principal es su capacidad para transmitir enfermedades virósicas del cacao, las cuales afortunadamente todavía no hay en América Central.

Membracidae. Los membrácidos o “periquitos de los árboles” que atacan el cacao pertenecen a numerosos géneros tales como: *Horiola*, *Boethoos*, *Balbonota*, *Amastris*, *Vestistiluz* y *Spongophorus*. La mayoría son grotescos, de formas raras y variables, con el protórax alargado, inflado y prolongado en formas inverosímiles. Aunque los adultos de unas especies (p.e. *Amastris obtegens*) atacan las frutas, la mayoría afecta las hojas tiernas o cojines florales, debilitando estas partes de la planta. Hay muchas especies de periquitos sin identificar. Son atendidos por hormigas de varios géneros tales como *Ectatoma*, *Monacis*, *Chematogaster* y otros.

La hembra de la especie *Horiola anuata* pone los huevos en las hojas; sus ninfas se sitúan en el envés de las mismas y en los cojines florales. Las ninfas y adultos son de color café oscuro, con franjas blancas. Son más comunes en la zona atlántica de Costa Rica en mayo y la población baja en noviembre.

Las ninfas de la especie *Balbonata insignis* son blancas, con los espiráculos negros, cambiando a negro en el estado adulto. Se colocan sobre la nervadura central del envés de las hojas tiernas.

CHUPADORES DEL ORDEN THYSANOPTERA

Thripidae. El trips de banda roja *Selenothrips rubrocinctus*, es casi cosmopolita y su ataque al cacao parece estar ligado a años de fuerte sequía; pero hay informes contradictorios en algunos lugares. El adulto es negro y las ninfas son amarillento pálido y poseen una banda roja que rodea la base del abdomen. Los huevos los pone debajo de la cutícula de las mazorcas y del envés de las hojas. Los insectos inmaduros son gregarios y las numerosas picaduras que forman manchas necróticas, pueden llegar a matar las hojas y causar defoliación severa, especialmente en el caso de plantaciones mal sombreadas. Debido a la forma de alimentación de las mazorcas, hay formación de manchas irregulares de color pardo grisáceo, que dificultan la estimación de su estado de madurez.

El trips *Frankliniella* sp. también ataca el envés de las hojas tiernas y causa enroscamientos parecidos a los causados por los áfidos. La descripción de este insecto se incluye en la parte dedicada a flores.

ORDEN ACARINA

Tetranychidae. Las arañas rojas o arañuelas ciertamente son arácnidos y no insectos, pero se incluyen aquí por lo parecido en el daño causado. Son diminutas, de color café o rojizo y se localizan en el envés de la hoja, donde su alimentación causa manchas amarillas o café. Atacan los brotes, especialmente en el vivero y producen atrofia, malformación y defoliación de los brotes terminales, lo cual puede terminar como una muerte regresiva.

Comedores de flores y frutos sanos

MASTICADORES DEL ORDEN HYMENOPTERA

Formicidae. Las hormigas deshojadoras fueron discutidas anteriormente bajo los masticadores de follaje. También cortan y acarrear las flores y botones florales.

ORDEN COLEOPTERA

Chrysomelidae y *Curculionidae*. Discutidos anteriormente bajo los masticadores de follaje.

ORDEN LEPIDOPTERA

Gracillariidae. Las larvas de *Marmara* spp, son minadoras en la epidermis de los frutos. El daño generalmente es benigno. La hembra, una microlepidóptera, pone sus huevos en la corteza de los frutos inmaduros.

CHUPADORES DEL ORDEN HEMIPTERA

Miridae. Varias especies de chinches (Míridos = cápsidos) del género *Monolanion*, constituyen plagas de importancia primaria en América Central. Son ágiles, de apariencia delicada y unos 10 mm de longitud cuando adultos. Generalmente la cabeza, alas y a veces las patas son oscuras, con el tórax y abdomen de varios tonos de rojo o amarillo mezclados con negro. La especie *M. braconoides* parece ser la más común en Costa Rica.

Las ninfas y adultos prefieren las mazorcas tiernas o maduras, pero también afectan las ramas tiernas causando daños. Cuando se alimentan, inyectan saliva tóxica que causa la formación de ampollitas alrededor del punto de succión, que después se transforman en unas lesiones necróticas. Si el ataque es intenso, las ramitas se secan y las hojas se caen, resultando en la condición conocida con el nombre de "muerte descendente". Pueden provocar el marchitamiento de mazorcas pequeñas, su deformación o la deformación de las mazorcas que alcanzan la madurez. El ataque a frutos grandes por lo general parece no afectar el rendimiento.

La población aparentemente fluctúa durante períodos de varios años y los brotes locales son afectados por el clima y la sombra. Bajo buenas condiciones de sombra hay menos peligro de ataques fuertes.

Pentatomidae. Los chinches apestosos tienen cuerpos en forma de escudo, son planos, anchos y de muchos colores. Uno de los más comunes en Costa Rica es el *Mecistorhinus* sp., que ataca la base de los frutos. Existe el peligro que puedan transmitir esporas de *Monilia* de una planta enferma e introducirlas en tejidos sanos de otras. Las hembras son de color café y los machos negros; tienen un tamaño promedio de 12 mm. La hembra pone los huevos en las hojas o frutos, ordenados en filas y los protege hasta la salida de las ninfas. A veces también se alimentan de los retoños y hojas tiernas.

CHUPADORES DEL ORDEN HOMOPTERA

Membracidae. Aunque los periquitos fueron discutidos en la sección correspondiente a los chupadores de hojas, cabe mencionar que muchos, especialmente en la forma adulta, atacan ocasionalmente los frutos. Una especie que se encuentra con mayor frecuencia en las frutas es la *Amastris obtegens*, de color verde en forma adulta y con el pronoto grandemente desarrollado, hasta tapar el abdomen.

Cercopidae. El salivazo, *Clastoptera globosa*, es tan prevalente que casi todas las plantas de cacao sufren ataques. Las ninfas, de color blanco con pronoto café, se alimentan de los jugos de las plantas en la zona en que nace la flor. En casos de ataque intenso, las bases de casi todas las flores en una rama tienen las formaciones espumosas o salivazo, lo cual protege la ninfa que se encuentra en sus bases. Las flores atacadas se secan y caen.

Aphidae. El *Aphis gossypii*, una especie cosmopolita, ataca principalmente los pedúnculos de las flores, lo cual puede causar el aborto de estos órganos.

ORDEN THYSANOPTERA

Thripidae. Trips del género *Frankliniella*, se alimentan de las partes florales. Son muy pequeños, 0.75 mm de largo por 0.125 mm de ancho, de color negro y muy activos. Su importancia como plaga o como posible agente de polinización es poco entendida. A veces dañan las hojas como se discutió anteriormente.

Comedores de troncos y ramas

MASTICADORES DEL ORDEN COLEOPTERA

Cerambycidae. La mayoría del gran número de cerambícidos o cornilargos, que se encuentran en el cacao son secundarios, atacando ramas o troncos enfermos o muertos. Los adultos, largos y cilíndricos, son coloreados, rayados, o manchados. Las antenas frecuentemente miden varias veces la longitud del cuerpo. Las larvas, blancas y redondas, barrenan en la madera sólida.

El ataque de esta especie puede matar a las plantas jóvenes, usualmente menores de un año de edad, pero también puede atacar tallitos de plantas maduras. La hembra raspa la corteza tierna de la parte terminal en forma helicoidal y ahí ponen los huevos. La larva penetra y barrena en el tallito matándolo.

Scolytidae. Los escolítidos o abejones de ambrosía son muy pequeños, cilíndricos, con antenas cortas. Son de colores café, rojizo y negro. Hay varias docenas de especies que atacan al cacao, pero la mayoría son secundarias, atacando plantas enfermas o muertas. La especie *Xyleborus ferrugineus* ataca la base del tronco de árboles sanos y puede servir de agente transmisor de *Ceratocystis fimbriata*. Las hembras hacen túneles ramificados por todas partes del tronco y ahí ponen sus huevos. Las larvas comen hongos "ambrosía", que crecen en los túneles. Estos insectos abundan todo el año y pueden tener un ciclo de vida de un mes.

Una especie de escolítido diminuto frecuentemente ataca y mata las plantas jóvenes, especialmente en el vivero. La hembra oviposita en los tallitos después de haber hecho sus galerías de cría; es entonces cuando se seca la parte apical del tallito de las plantas muy grandes, o toda la planta si es pequeña.

ORDEN ISOPTERA

Termitidae. Las termitas destruyen la corteza de los árboles de cacao y los de sombra. Sus nidos, usualmente encontrados en las horquetas, alcanzan un diámetro de hasta 50 cm. Los túneles se extienden por todas partes del árbol. Son muy frecuentes en el cacaotal y pueden ser muy perjudiciales.

Comedores de raíces

MASTICADORES DEL ORDEN COLEOPTERA

Scarabacidae. Las larvas del abejón de mayo, llamado también gallina ciega o joboto, en algunos lugares pueden ser problema económico, especialmente cuando

se hace un vivero en el suelo y este lugar fue previamente cultivado con gramíneas. Las larvas son voraces y pueden destruir el sistema radicular de las plantas jóvenes. También atacan los árboles grandes, pero en éstos se conoce poco de la severidad de consecuencias del daño. Los más comunes son de los géneros *Phyllophaga* y *Anomala*.

Combate de plagas

El combate de los insectos se debe hacer únicamente en el semillero y en el vivero, pues en estos lugares tienen poca importancia los insectos beneficiosos y como el área de aplicación es restringida, no afecta las zonas de producción. Las plantitas deben salir al campo libres de insectos o daños ocasionados por ellos. Para combatir las plagas en el vivero es recomendable establecer un programa preventivo de sanidad. Quizás lo más práctico es hacer tratamientos semanales o, si no hay problemas severos, pueden distanciarse los tratamientos a dos o tres semanas. Los problemas con defoliadores, escoltídos, áfidos y trips, se pueden combatir aplicando químicos de amplio espectro, tales como methomyl (Lannate), endosulfan (Thiodan), oxydemeton-methyl (Metasystox-R), malathion u otros productos. Se debe tomar la precaución de alternar productos de vez en cuando, para no favorecer el aumento de una plaga menos susceptible a uno de los productos y para bajar la posibilidad de crear resistencia. Si aparecen problemas con arañitas, es recomendable incluir un acaricida como dicofol (Kelthane), tetradifon (Tedion) u otro producto específico para *Tetranychidae*.

De la misma manera, si aparecen problemas graves de cortadores y otras plagas en el suelo, hay que aplicar insecticida al suelo alrededor de las plantas. Los productos utilizados para combatir cortadores son: aldrin, phoxim, (Volaton), carbofuran (Furadan), methomyl (Lannate) y otros insecticidas usados para combatir este tipo de plagas.

Las mismas plagas pueden atacar plantas jóvenes en el campo y a veces es necesario combatirlas, especialmente durante las primeras etapas de establecimiento. Los mismos productos y métodos anteriormente descritos pueden ser utilizados.

Normalmente, en las plantaciones en producción no es recomendable aplicar insecticidas. Todavía falta el suficiente entendimiento de los factores biológicos y ecológicos, sobre los cuales se base un buen programa de manejo de plagas. Aún así, hay casos, especialmente en las plagas que dependen del clima, en los cuales sí amerita el combate con sustancias químicas, como por ejemplo algunas especies de *Monalonion*, trips (*Selenothrips rubrocinctus*) y ocasionalmente otros. Los productos BHC, malathion, lindano y Metasystox-R, han sido tradicionalmente utilizados para combatir estos insectos. Existen otros productos que podrían efectuar un combate adecuado.

Otros animales que atacan al cacao

El cacao común atrae a los monos, las ardillas y las ratas, los cuales muerden las mazorcas y extraen las almendras. Estos animales chupan el mucílago y botan las semillas, las cuales no comen posiblemente por su sabor amargo. De esta manera el cacao se disemina en forma natural, pues de no ser así, normalmente las mazorcas no caen al suelo ni arrojan sus semillas por dehiscencia. Cuando esos animales se

presentan en cantidades grandes, constituyen plagas muy serias, haciendo necesario su control por medio de armas de fuego, de trampas o de venenos tales como "Warfarin" (1 parte de una concentración de 5 %, mezclada con 20 partes de harina de maíz). También se puede usar Racumín o cualquier otro rodenticida local. En muchas partes los finqueros adiestran a los perros para que maten estos animales.

En algunos informes se considera a las taltusas, como animales que provocan daños en el sistema radical de la planta, a tal punto que ésta puede morir. Su daño en algunos lugares de Costa Rica puede llegar hasta un 10 % de árboles muertos.

Aunque no muy extendido, se conocen daños causados en los viveros por conejos, especialmente en los primeros días cuando las semillas están germinando.

Los loros, los pájaros carpinteros y otras aves, de vez en cuando ocasionan daños a las mazorcas de cacao, al producirles heridas que permiten la entrada de hongos patógenos.

En Ceilán, las babosas, cuando se presentan en grandes cantidades, causan daño en las plantaciones jóvenes de cacao.

VIII

Beneficio



Se entiende por beneficio o cura del cacao el proceso por el cual las semillas, después de ser extraídas del fruto, son colocadas en depósitos especiales y en condiciones apropiadas para que las transformaciones físicas y químicas, mejoren su calidad, se facilite el secado y su conservación y se logre una mejor presentación del producto comercial.

Desde hace mucho tiempo se descubrió que cuando las almendras de cacao recién extraídas de las mazorcas, se dejan por varios días en un montón, pronto comienzan a *sudar*, liberando considerable cantidad de líquido (exudaciones) y desprendiendo mucho calor. Al mismo tiempo, las células de la pulpa se desintegran rápidamente y las almendras se vuelven menos viscosas y más fáciles de manejar. Pueden entonces secarse fácilmente al almacenarse antes de su embarque, con menos posibilidades de daño a causa de mohos o de insectos. Los líquidos exudados al principio contienen alcohol, pero luego éste es reemplazado por ácido acético, formado por la oxidación de aquél. Durante la etapa de fermentación alcohólica se produce mucho anhídrido carbónico, atrayendo grandes cantidades de moscas de las frutas a los montones, las cuales infectan las almendras con bacterias acéticas y con otros microorganismos.

Los componentes de los cotiledones de las almendras sufren profundos cambios durante la oxidación. Estos cambios están acompañados por pérdidas de astringencia y por la difusión del pigmento púrpura hacia el exterior de las células y de los cotiledones hacia los tejidos incolores adyacentes, incluyendo la radícula y la plúmula. Al mismo tiempo, la coloración púrpura gradualmente se torna parda, particularmente después de secarse las almendras. El cambio más importante de todos, sin embargo, es el que produce el precursor del sabor a chocolate, el que se manifiesta especialmente cuando las almendras secas son tostadas. Este cambio esencial no ocurre a menos que se cuente con ciertas condiciones exactas y solamente en los últimos años se ha determinado con precisión cuáles son esas condiciones. Sin embargo, por medio de ensayos en varios países se han desarrollado ciertos procedimientos corrientes para el beneficio de las almendras de cacao y éstos se describirán brevemente, antes de entrar a considerar los aspectos bio-químicos de la cura del cacao.

Esos procesos se han designado con los nombres de “fermentación”, “preparación”, “beneficio” y “cura”. También incluyen el “secado”, mediante el cual las almendras finalmente se estabilizan.

En realidad, solo las etapas iniciales deberían llamarse "fermentación", ya que solo ellas dependen de la actividad de organismos vivos, principalmente levaduras en la etapa alcohólica y bacterias acéticas en la etapa acética. Por lo tanto, se usará el término "cura" para el proceso completo y se considerará bajo dos encabezamientos, a saber, (i) fermentación, mayormente controlada por microorganismos, y (ii) actividad enzimática interna, que no incluye directamente vida microorgánica.

Objetivos del beneficio

1. Descomposición y remoción del mucílago azucarado que cubre el grano fresco, para facilitar el secado y la conservación o almacenamiento.
2. Elevar la temperatura que mata el embrión, para facilitar el desarrollo del sabor a chocolate.
3. Mejorar el sabor y aroma de las almendras.
4. Facilitar la separación final del cotiledón y la cutícula que los recubren.
5. Dar una buena apariencia para el mercado.

Resultados de la investigación sobre la cura del cacao

En 1948 se publicó un resumen de los primeros resultados obtenidos por unos 27 investigadores, quienes esporádicamente habían estudiado la cura del cacao. En esa época se había llegado a las siguientes conclusiones principales:

- Los cambios importantes que ocurren dentro de la almendra de cacao durante la cura, no comienzan sino hasta después de muerto el embrión.
- Los cambios principales comprenden la oxidación enzimática de los componentes de los polifenoles del tejido del cotiledón.
- Por lo tanto, las almendras de cacao no deben someterse a temperaturas superiores a las de la inactivación de la enzima oxidasa, que es probablemente alrededor de 90°C (194°F).
- Por consiguiente, debe suministrarse una aireación adecuada durante la cura.
- La cura da lugar a otros cambios importantes, además de simplemente eliminar la pulpa y matar el embrión.
- El ácido acético producido durante la fermentación penetra a la testa (cutícula) de la almendra y contribuye a la muerte del embrión.
- Ciertas sustancias menores que se forman durante la fermentación pueden ser de importancia para determinar el sabor final de la almendra tostada. (No todos los investigadores sostenían esta opinión).
- Las etapas iniciales de la cura (o sea la fermentación) pueden mejorarse mediante la inoculación de las almendras con ciertas clases de levaduras. (No todos los investigadores compartían este punto de vista).

Con posterioridad a estas conclusiones, se ha despertado nuevamente el interés por la cura del cacao, principalmente mediante el intercambio de ideas que ha sido posible gracias a la celebración de conferencias de "The Cocoa, Chocolate and Confectionery alliance Ltd.", en Londres, en las cuales los fabricantes de chocolates

han discutido sus problemas con los investigadores que realizan trabajos en los principales institutos de investigación en cacao, especialmente el Colegio Imperial de Agricultura Tropical y el Instituto Colonial de Investigación Microbiológica, ambos en Trinidad, el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en Turrialba, Costa Rica, el Instituto de Investigación de Cacao del Africa Occidental, en Tafo, Ghana, Africa Occidental y la Asociación Británica de Investigación de las Industrias Alimenticias en Londres. Además, con miembros de los Departamentos de Agricultura de varios de los países del mundo productores de cacao.

Hay varios criterios que se consideran para la muerte del embrión, paso previo y necesario para el inicio de las transformaciones de algunas sustancias que luego del secado, determinan el sabor a chocolate, deseado por los fabricantes y los consumidores.

A principios de siglo (1929) Busse y sus colaboradores consideraron que el alcohol que se formaba al iniciar la fermentación era el responsable de la muerte del embrión. Más tarde, en 1937, Knapp consideró que la temperatura por sobre los 40°C, por determinado tiempo, era la responsable de la muerte del embrión. En 1958, Roelofsen determinó que el responsable de la muerte del embrión era el ácido acético, ayudado por la temperatura y el alcohol que se produce en la masa que se está fermentando. El 1% del ácido acético es suficiente para matar el embrión.

INFLUENCIA DE LA VARIEDAD EN EL BENEFICIO

La calidad del chocolate depende de las variedades genéticas del cacao. Los tipos criollos son los que dan mejor calidad de chocolate; los Forasteros dan calidades inferiores del material.

Los híbridos que se usan actualmente son en su mayoría descendientes de cruza de clones Trinitarios x Amazónicos (Forasteros), razón por la cual la calidad del cacao es diferente a la antigua centroamericana, dependiendo del grado de acriollamiento que tenga el Trinitario.

Las almendras de cacao siempre serán mejores dentro de su grupo, cuando se fermente adecuadamente.

En resumen, hay tres factores importantes en la calidad del grano: El factor hereditario, el medio o ambiente donde está el árbol y la manipulación de la semilla durante el proceso de fermentación. Los dos primeros aspectos están parcial o totalmente fuera del control del agricultor, pero el tercer aspecto es de competencia completa del finquero y denotará su habilidad para poder manejar correctamente el material.

LA COSECHA

Generalmente, la madurez de la mazorca se aprecia por su cambio de color: del verde pasa al amarillo y del rojo al anaranjado. No obstante, para ciertos frutos que tienen una pigmentación roja-violeta muy marcada, este cambio de color puede no ser muy aparente y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que han alcanzado su plena madurez. Debido a esto, los recolectores no se fían del color de las mazorcas del clon 'ICS-95', sino únicamente del sonido que emiten cuando las golpean con el dedo.

No se debe aguardar mucho tiempo para recolectar una mazorca madura por los riesgos de podredumbre y germinación de los granos. Pero todavía es más grave recolectar las mazorcas antes de su madurez, pues influyen desfavorablemente sobre la fermentación, dan un porcentaje elevado de almendras violetas y apizarradas y reducen de manera sensible el rendimiento en cacao seco.

La cosecha debe ser efectuada a intervalos regulares que deberían ser en término medio de 10 a 15 días y no deberían en ningún caso exceder de las tres semanas.

Allá donde hacen estragos la pudrición negra y la monilia, es necesaria una recolección más frecuente para limitar la diseminación de las enfermedades. Recordemos a este respecto que deben ser recogidas todas las mazorcas enfermas, éstas deben ser necesariamente eliminadas si no están maduras o, si lo están y presentan síntomas de pudrición interna que afecte las almendras; sólo en caso contrario pueden ser añadidas a la cosecha.

La recolección se hace casi siempre con ayuda de un cuchillo o machete bien afilado, cuando las mazorcas están accesibles directamente; para las mazorcas más altas se utiliza un dispositivo especial, enmangado en el extremo de una larga pértiga, fabricado la mayoría de las veces localmente y que debe tener unos bordes muy cortantes que permitan seccionar el pedúnculo del fruto sin dañar el tronco del árbol que lo sostiene. Figura 21.

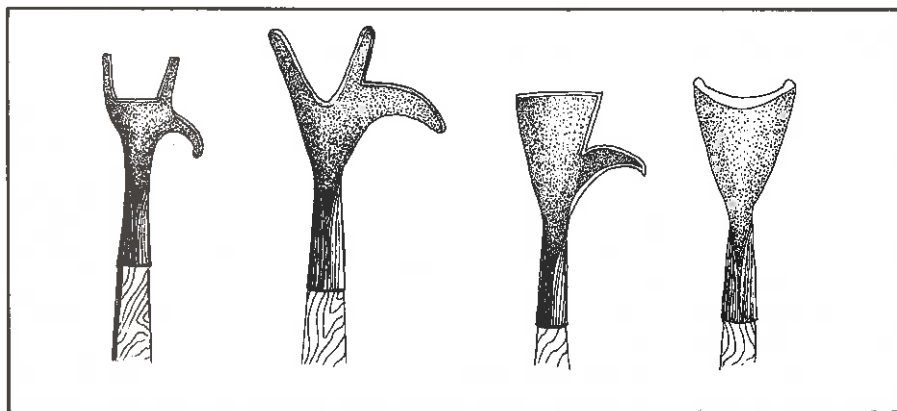


Figura 21. Herramientas para la cosecha de mazorcas de cacao.

Es importante, no herir el cojín floral que producirá las fructificaciones siguientes y para no favorecer la penetración de hongos parásitos en los tejidos del árbol.

Tras la recolección, las mazorcas son transportadas al lugar donde deben ser fermentadas las almendras. En algunos países, las mazorcas se abren en el mismo lugar de la recolección y las almendras solas son transportadas en sacos hacia el lugar de tratamiento, pero esto sólo queda justificado en el caso de grandes plantaciones, donde cada día pueden ser cosechadas y puestas a fermentar cantidades importantes de almendras. En las pequeñas explotaciones familiares, que son las más numerosas, el desgrane debe hacerse después de la recolección, de manera que se puede reunir en un mismo día una masa suficiente de almendras, para obtener una fermentación homogénea. El tiempo entre el desgrane y la puesta en fermentación no debe en todo caso superar las 24 horas. Es posible, no obstante, conservar

las mazorcas recolectadas durante los tres o cuatro días antes de proceder al desgrane.

Se llama desgrane la operación que consiste en partir las mazorcas y extraer los granos o almendras, los cuales, separados de la placenta, se someterán seguidamente a la fermentación.

El desgrane se efectúa, por regla general, a mano. Lo más sencillo es golpear la mazorca con ayuda de un pedazo de madera para así romper la cáscara perpendicularmente, al mayor diámetro de la mazorca. Se puede obtener el mismo resultado golpeando secamente la mazorca contra una piedra o un pilar de madera. La parte inferior de la cáscara es eliminada entonces con facilidad, mientras que las almendras permanecen unidas a la placenta, que ha quedado unida a la parte superior de la mazorca. La extracción de las almendras y su separación de la placenta se hace fácilmente con ayuda de dos dedos, deslizándolos a lo largo de la placenta.

Este método es preferible al que se utiliza a menudo en Ghana y que consiste en abrir la mazorca en sentido longitudinal, con ayuda de un machete, se dan dos golpes sobre la concha, en caras opuestas, acompañando el segundo golpe por un movimiento de torsión, que permita abrir la mazorca. Las almendras son extraídas con la punta del machete, pero en este caso quedan casi siempre adheridas a la placenta. La utilización del machete compromete la integridad de los granos, pero el inconveniente más grave de este método consiste en no eliminar la placenta, que luego costará más retirar. Además, cualquier fragmento de placenta hace menos regular el secado y perjudica la presentación del producto.

El desgrane, cuando la cosecha es abundante, requiere mano de obra en cantidad. Si se admite que un hombre puede recoger diariamente 1.500 mazorcas, debe contarse también con otra jornada de trabajo para la apertura de estas 1.500 mazorcas.

Desde hace tiempo se ha intentado mecanizar esta operación, y numerosos tipos de máquinas de desgranar han sido construidos, pero su uso no se ha generalizado nunca, pues ninguno de ellos proporciona realmente las ventajas requeridas. En la actualidad, una máquina ha sido contruida en Costa Rica por W. Zinke, y los ensayos efectuados en el Centro Interamericano del Cacao de Turrialba, demuestran que puede permitir una economía de las tres cuartas partes de la mano de obra necesaria para el desgrane. Otros tipos están asimismo en vías de estudio en el Camerún y es de esperar que en un futuro próximo se habrá hallado una solución satisfactoria a este problema, que preocupa a la mayoría de los países productores.

En España, el taller "Miguel" (Avenida del Puerto 49, Valencia) ha desarrollado varios modelos (Zumex M-10 y Zumex M-35), con una capacidad de extracción de siete y trece metros cúbicos de almendras, (3.500 y 10.000 mazorcas por hora, respectivamente), que pueden ser fijas o montables para fácil transporte, y su trabajo ha sido de buena aceptación en la separación de la cáscara. Estas máquinas se están usando mucho en Costa de Marfil, Brasil y otros países.

FERMENTACION

En el proceso bioquímico interno de la fermentación, se presentan algunos cambios, como los que se detallan a continuación:

- La destrucción de las células pigmentadas o cambios en la pigmentación interna del cotiledón.

- La oxidación o transformación del sabor astringente de los cotiledones.
- El desarrollo del sabor y del aroma del chocolate.

Varios autores consideran que los pigmentos de antocianina son transformados, a través de procesos enzimáticos, en sustancias incoloras que más tarde, durante los pasos siguientes, por medio de la actividad de las oxidasas, toman la coloración café, bajo condiciones aeróbicas.

El desarrollo del sabor debe estar regido por una serie de pasos, no muy bien comprendidos aún, que transforman, una vez muerto el embrión, algunas sustancias y que completan sus transformaciones al momento que las semillas son tostadas para el procesamiento, habiendo pasado por los pasos de un secado más o menos lento.

Durante la cura del cacao, los azúcares de la pulpa mucilaginosa que rodea las almendras frescas, son los fermentados a alcohol por levaduras y éste convertido en ácido acético y otros ácidos, por las bacterias acéticas.

Considerable calor se desarrolla durante la fermentación mientras que la pulpa se desintegra. La mayor parte de la humedad fluye en forma de exudaciones. Dentro de las almendras se produce un buen número de cambios, siendo los más notorios e importantes, la muerte del embrión, el cambio de color púrpura o violeta al chocolate (café), una disminución del sabor amargo, desarrollo del sabor básico a chocolate, la separación de los cotiledones de la testa o cutícula de la almendra, etc.

Desde comienzos del siglo, los investigadores se dieron cuenta del importante papel que tiene la temperatura, sobre todo con la muerte del embrión, paso previo necesario para los subsiguientes cambios dentro del cotiledón, para desarrollar el sabor a chocolate.

Actualmente, en América Central no se practica el fermentado en la mayoría de las zonas cacaoteras donde se hace una especie de fermentado parcial, más con la finalidad de mejorar la separación de la pulpa, que en realidad mejora la calidad intrínseca del chocolate. Esta falta de fermentación se debe principalmente a los pocos incentivos que los agricultores han tenido al fermentar sus almendras de cacao. Es muy importante también tener en cuenta el concepto que de la calidad tengan cada uno de los comerciantes del cacao o los intermediarios, ya que algunos tienen ideas completamente contrapuestas, lo que se presta para la confusión del agricultor respecto a esta práctica.

La cura o fermentación de las semillas es un proceso necesario, puesto que todas las fábricas están de acuerdo en que el "verdadero aroma no se desarrolla en el tostado, a menos que las almendras hayan sido fermentadas correctamente".

Para la cura del cacao no es necesaria la presencia de microorganismos, sino el ascenso de la temperatura, puesto que se puede conseguir un buen desarrollo del sabor si se ponen almendras de cacao entre 40 y 60°C por 3 a 6 días, sin haber provocado la fermentación verdaderamente.

La fermentación alcohólica se inicia tan pronto como se abren las mazorcas y se extraen las almendras, y alcanza su punto máximo durante las primeras 48 horas y su máxima actividad depende de la temperatura que puede alcanzar. Tan pronto como se consume la mayoría de los azúcares, se termina la fermentación alcohólica, dando paso a la fermentación acética.

Los procesos que tienen lugar durante la fermentación comprenden dos fases definidas y distintas. La fermentación propiamente dicha o hidrólisis y la oxidación.

Fase 1: Fermentación e hidrólisis

La pregunta de si la fermentación de la pulpa azucarada del cacao, que incluye levaduras y bacterias acéticas, es esencial para el desarrollo final del completo sabor de chocolate, en el sentido de que la fermentación pueda posiblemente agregar a las almendras ciertas sustancias aromáticas, ha tenido contestación negativa con los resultados de ciertos experimentos en que la pulpa se esterilizó, asperjando las almendras frescas con soluciones antisépticas antes de curar y de tostar, en la forma en que se hace normalmente.

El sabor final no difería apreciablemente del de almendras sin esterilizar, curadas y tostadas por medio del proceso normal. Sin embargo, es razonable suponer que los organismos de la fermentación, aún cuando no estén necesariamente contribuyendo al desarrollo del sabor de chocolate, pueden por lo menos agregar pequeñas cantidades de sustancias auxiliares que pueden tener influencia en la calidad final de las almendras curadas.

En la actualidad, en general, se cree que los efectos realmente importantes de la fermentación propiamente dicha, además de la eliminación de la pulpa mucilaginosa con lo cual se facilita el manipuleo y secamiento de la almendra, son la producción de ácido acético y el generar calor. Estos dos agentes unidos causan la muerte de las almendras y preparan el camino para la etapa siguiente en el proceso de la cura.

La cantidad limitada de aire en la masa inicial de semillas mucilaginosas hace que se desarrollen principalmente levaduras y no mohos. Las levaduras convierten el azúcar de la pulpa en alcohol y anhídrido carbónico. Conforme se produce el colapso de las células de la pulpa, entra aire y la condición favorece entonces la rápida oxidación del alcohol a ácido acético, a través de las bacterias acéticas que llegan a la masa en fermentación, por medio de las moscas de las frutas. Hacia el tercer día del proceso de cura, se ha establecido el equilibrio entre las bacterias acéticas y las levaduras. Durante el segundo día se produce la muerte de las almendras, principalmente por la penetración del ácido acético en los tejidos de los cotiledones. La muerte de las almendras está acompañada de un aumento en la permeabilidad de las paredes celulares, lo cual permite la interdifusión de los componentes del jugo celular. En esa forma, las enzimas se ponen en contacto con los polifenoles y las proteínas. Esto inicia ciertas reacciones hidrolíticas en que los pigmentos púrpuras cianidínglucósidos sufren un cambio profundo y se cree que se produce el precursor del sabor característico de chocolate. Esta es quizás la reacción esencial más importante de todo el proceso de la cura del cacao. Además, las proteínas se hidrolizan a aminoácidos.

Posteriormente, las leucocianidinas y las proteínas o los productos de su degradación se combinan durante esta etapa. Después de transcurrido un día y medio comienzan a desaparecer los pigmentos de cianidina, y de los 3 1/2 a 5 1/2 días han desaparecido por completo. Las leucocianidinas parecen aumentar al principio, por 2 1/2 ó 3 1/2 días, pero luego desaparecen como tales al combinarse con las proteínas. La epicatequina permanece inalterada durante los dos primeros días, y luego desaparece lentamente. Ninguna de estas reacciones incluye oxígeno. En realidad, la presencia del oxígeno en esta fase resultaría perjudicial ya que podría dar origen a productos intermedios de oxidación polifenólica, que se sabe destruyen las enzimas hidrolíticas. Por lo tanto, una vez muertas las almendras por efecto de la penetración del ácido acético y del ascenso de temperatura, la parte esencial de la fase de fermentación es estrictamente anaeróbica y, por consiguiente, se le ha

designado como fase anaeróbica hidrolítica de la cura del cacao. La hidrólisis de los polifenoles del cacao, por la enzima glicosidasa, ocurre a una temperatura de 45°C (113°F) y con un pH de 4.0 - 4.5.

Durante la fase de fermentación debe mantenerse una aireación que no sea muy escasa, porque impediría la multiplicación de las levaduras y bacterias acéticas, y que estaría acompañada de una reducción en la cantidad de ácido acético y de calor generado, ni tampoco excesiva, por cuanto en este caso no solamente daría lugar al desarrollo de mohos, sino que también impediría la formación del precursor del sabor. En la práctica, este equilibrio se consigue compactando debidamente las almendras en el montón o en la caja, cuidando de que haya drenaje adecuado y evitando la pérdida de calor por medio del empleo de cajas debidamente aisladas y con perforaciones, o cubriendo el montón con un material aislante tal como hojas de banano o sacos. El tiempo que se requiere para que las almendras mueran a consecuencia de la penetración del ácido acético y de la elevación de temperaturas, varía de dos a cinco días, dependiendo de las condiciones en que se encuentran las almendras.

Fase II: oxidación

Esta fase sigue a la anaeróbica hidrolítica, y frecuentemente se sobrepone a ella. Las dos fases pueden ocurrir en diferentes almendras en momentos distintos, y en un mismo momento en diferentes partes de una almendra, según la forma en que se manipula la masa en fermentación. Además, la oxidación continúa en la fase del secado, después de haber sacado las almendras de la caja de fermentación o del montón y de haber sido extendidas en las plataformas de secado al sol, o después de ser colocadas en la secadora artificial. La segunda fase consiste esencialmente en la oxidación y la condensación química de los compuestos polifenólicos en productos complejos insolubles, que tienen poco o ningún sabor. Ha sido llamada por tanto, 'fase de condensación oxidativa', ésta continúa hasta que el contenido de humedad se reduce hasta el punto que impide que prosiga la actividad enzimática.

Los cambios bioquímicos de las dos fases de la cura del cacao que han sido descritos, están acompañados de cambios conspicuos en el color de los cotiledones. La superficie de los cotiledones de almendras púrpuras frescas no es uniforme, sino que tiene especie de puntitos, por que el pigmento lo contiene solamente una célula de cada diez del tejido del cotiledón. Después de que la almendra ha muerto, sólo la parte central tiene puntitos, siendo la parte exterior de color púrpura uniforme, por razón de la difusión del pigmento en las células que inicialmente no lo contenía. Con el tiempo la apariencia de puntitos se desvanece y el color general se vuelve más pálido por la descomposición gradual de los cianidínglucósidos púrpuras, por la influencia de la enzima anaeróbica hidrolítica.

Cuando el oxígeno tiene acceso a las células de los cotiledones, durante la fase de condensación oxidativa, el color de la superficie se vuelve pardo y posteriormente toda la almendra se vuelve parda, conforme se reduce el contenido de humedad con el secado y el aire penetra con mayor facilidad al interior del tejido del cotiledón. Por lo tanto, la aparición del color pardo señala la transición entre la primera y la segunda fase de la cura. De acuerdo con los hechos anteriores, la presencia de una proporción grande de almendras púrpuras en cacao comercial curado, debe claramente interpretarse como un defecto serio, a pesar de que se sostiene que no parece tener efecto adverso sobre la calidad, opinión que, sin embargo, no está aceptada en forma general. Aún cuando el pigmento púrpura por sí mismo puede que no afecte

el sabor, su presencia indica que es probable que existan otros defectos resultantes de una cura imperfecta o incompleta. En el cacao comercial curado del Africa Occidental, el límite superior permisible de concentración residual de pigmento púrpura es del 10% de la cantidad presente en almendras frescas y sin curar. Cuando hay esa cantidad, la concentración de las otras sustancias polifenólicas, especialmente catequinas, taninos y leucocianidinas, varía entre el 10 y el 60% de su concentración original.

La condición muy importante y necesaria para evitar la conservación o sobrevivencia del color púrpura, parece ser una temperatura alta, la que no debe permitirse que baje a menos de 45°C (113°F) durante los 5 ó 7 días del proceso de la cura. La caída de la temperatura puede evitarse regulando el tamaño del montón o de la caja de fermentación y asegurando aislamiento por medio de cobertores o paredes adecuadas.

Un índice de fermentación satisfactorio con base en todas estas consideraciones, y que sea una prueba útil para saber si se ha completado la primera fase de la cura, y que podría servir para decidir cuándo debe iniciarse el secado, es la presencia de un anillo color pardo periférico, bien marcado, en la superficie de un corte de, por ejemplo, el 50% de una muestra representativa de las almendras. Cuando la cura se hace en una caja típica de fermentación, tal situación debe presentarse hacia el quinto o sexto día.

Aún no se conoce la identidad de la sustancia o sustancias aromáticas que dan al chocolate su sabor característico, y las cuales sólo existen en pequeña cantidad en almendras curadas y tostadas. Se cree que sea una resina aromática y no un aceite esencia volátil, en cuyo caso debería ser posible aislarla por medio de cromatografía. La opinión actual atribuye su origen al componente de la leucocianidina de los polifenoles en los cotiledones.

Aspectos generales de la fermentación

En una buena fermentación según el sistema de Trinidad, la mayoría de las almendras ya han muerto hacia el principio del tercer día. Un corte seccional de la almendra poco antes de su muerte presenta una zona de tejido pigmentado en el cual ha penetrado ácido acético y destruido la semipermeabilidad de las membranas de las células. Pronto todo el tejido del cotiledón, incluyendo radícula y plúmula, se ponen de color púrpura uniforme.

Las almendras se ponen entonces hinchadas y rollizas y están llenas de jugo púrpura. De ahí en adelante el color del tejido se vuelve progresivamente más pálido y finalmente pardo canela. Hacia principios del quinto día, las células de la pulpa se han desintegrado y la masa de almendras se ha vuelto pegajosa. Por este tiempo ha disminuído rápidamente la flora microorgánica y no se genera más anhídrido carbónico, aún cuando algo de él puede ser liberado por la oxidación de carbohidratos en los cotiledones. Los cambios físicos y químicos obvios, posteriores que ocurren dentro de la almendra son pérdida de humedad, pérdida de astringencia, coloración parda más pronunciada, contracción de los cotiledones, separándose de la testa y su división en mitades. También tiene lugar un desarrollo gradual del aroma y del sabor. Estos cambios continúan, intensificándose, cuando las almendras se secan al sol o en una secadora artificial. Las almendras secas poseen una consistencia quebradiza y las testas se separan de los cotiledones.

Numerosos factores afectan la celeridad y finalización de la cura del cacao; por ejemplo, madurez de la mazorca, tiempo transcurrido desde que se recoge la

mazorca hasta que se abre, y desde la quiebra de la mazorca hasta que las almendras se ponen en el montón o en la caja, el grado de aislamiento del calor que presentan las paredes de la caja o la cobertura del montón, la duración de la cura, la frecuencia con que se revuelven las almendras y el método y el tiempo del secado. Algunos de los factores pueden variarse dentro de límites amplios, sin que se afecten apreciablemente los caracteres del producto final, pero otros ejercen profunda influencia cuando se alteran, por ejemplo, el tiempo transcurrido desde la apertura de la mazorca y la colocación de las almendras en la caja o el montón, el cual no debe ser mucho mayor de 2 días, si se desean los mejores resultados. La duración de la cura en cajas puede variar de 4 a 9 días, sin que haya mucha alteración en las propiedades del producto; para tipos Forasteros no se recomienda períodos mayores de 9 días por la marcada deterioración que tiene lugar, emitiendo las almendras un olor a amoníaco. Las variaciones de temperatura son mayores en los montones que en las cajas, posiblemente por la variabilidad en el grado de aireación, debida a la compactación irregular y, por esta razón, la cura en cajas es preferible a la cura en montones.

En el método de cura en cajas de fermentación, las dos variables principales son la profundidad de la masa de almendras y la duración de la fermentación. No se recomienda la práctica de llenar poco a poco, durante varios días, cajas de fermentación muy grandes. Cuando la cantidad de almendras es limitada, es mejor usar una caja pequeña o subdividir con tabiques una caja grande. La profundidad óptima para una caja de fermentación es alrededor de 75 a 90 cms, aún cuando se han sugerido profundidades de 10 cm, para la caja tipo Rohan, pero en pilas de hasta 12 cajas, lo que le da una profundidad mayor. Una sola caja Rohan no fermenta en forma óptima si no se tiene ciertos cuidados como veremos más adelante.

Microorganismos de la fermentación

Las levaduras (*Saccharomyces* sp. y *Bitabacterium* sp.) actúan durante la primera etapa de fermentación (24-28 horas), atacando los azúcares para transformarlos en anhídrido carbónico y alcohol, con desprendimiento de temperatura. Las levaduras requieren aire todo el tiempo. En diferentes países se han aislado otras levaduras, que no siempre se pueden encontrar en otros lugares. Algunos ejemplos son: *Candida krusei*, *Kloechera apiculata*, *Pichia fermentans*, *Hansehula anomala*, *Schizosaccharomyces pombe*. También se han aislado hongos—cuyo papel no se ha podido determinar bien— que seguramente se inoculan al momento de la apertura de las mazorcas, como los de los géneros *Aspergillus*, *Mucro*, *Penicillium* y *Rhizopus*.

Las bacterias aeróbicas (*Acetobacter* sp.), producen fermentación acética, consumen el alcohol, necesitan oxígeno y desarrollan algo de temperatura.

Las bacterias anaeróbicas producen una fermentación butírica, cuando no hay buena oxigenación o aireación, que puede terminar en una putrefacción de los granos.

Las levaduras predominan en la primera parte del proceso (24 horas), debido quizá a la presencia de un pH muy bajo de la pulpa (menor de 4), lo que permite el crecimiento de las levaduras y algunos hongos solamente. Cuando el pH sube de 4 (al 3er. día), las bacterias lácticas deben ser favorecidas tanto por la falta de oxígeno, como por la alta temperatura. Más tarde, con la formación de alcohol, se favorece el desarrollo de las bacterias acéticas.

Jugos de la fermentación

Durante las primeras horas de la fermentación hay una fuerte emisión de jugos azucarados de las almendras de cacao, que proceden del inicio de la descomposición de la pulpa que rodea las semillas o hilio de la mazorca.

En general, la máxima emisión del jugo se obtiene durante las primeras 5 horas después de abierta la mazorca, con una producción, aproximadamente, de 4 a 6 litros por cada 100 kg de masa. Durante las 6 horas siguientes, se obtiene un poco menos de la mitad (casi 3 l por 100 kg de masa) de jugos. Cada 100 litros de jugos obtenidos durante las primeras 5 horas de fermentación contienen 1.7 kg de azúcares reductores. La emisión de jugos de la masa cesa casi completamente cuando han transcurrido 24 horas.

Factores de la fermentación

Temperatura. Se puede afirmar que los volteos sirven para homogenizar el desarrollo de los procesos bioquímicos que se manifiestan en el curso de la fermentación, cuya consecuencia inmediata es la uniformidad de la temperatura en la masa del cacao en fermentación.

La temperatura sube rápidamente durante las primeras 48 horas del proceso de fermentación (34 - 40°C en promedio). Pasadas las 48 horas hay pequeños cambios de temperatura (42 - 45°C) hasta completar la fermentación (6 - 8 días); luego la temperatura cae rápidamente para adquirir el valor promedio ambiental. Se estima que temperaturas superiores a 43 - 44°C matan la mayoría de los organismos. El punto crítico para el cacao parece estar alrededor de los 45°C, lo que ocurre al fin del segundo día o comienzo del tercer día, después de remover el material por segunda vez.

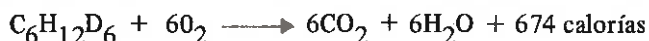
Los cambios de temperatura que se han anotado en ciertas cajas de fermentación varían apreciablemente en magnitud y en su rango. En el Cuadro 22 se presenta un ejemplo típico de fermentación (Finca San Juan Trinidad).

Cuadro 22. Temperaturas obtenidas en cajas de fermentación en la finca San Juan Trinidad.

Período Principios del día	Temperatura		Condición de las almendras
	Grados C.	Grados F.	
Primera caja	33	92	Vivas
Primera caja	35	95	Algunas muriendo
Primera caja	49	120	La mayoría muerta
Segunda caja	47.5	117.5	La mayoría muerta
Segunda caja	50	122	Todas muertas
Segunda caja	48	118.5	Todas muertas
Tercera caja	47	117	Todas muertas
Tercera caja	46	115	Todas muertas

Nota: Otras series dieron temperaturas máximas de 49,5°C (121°F), 50,3°C (122,5°F), 51°C (123,5°F). Generalmente, la temperatura de la masa de la caja de fermentación permanece alrededor de 50°C (122°F) después de comenzado el tercer día y hasta el principio del sexto o séptimo, después de los cuales desciende rápidamente.

El alza de temperatura se debe a varios factores: en primer lugar por el calor producido por la respiración de las almendras cuando están vivas. Esta contribución debe ser muy importante, especialmente durante las primeras horas del proceso, hasta que los azúcares inicien su clásica alza de temperatura, dada por la fórmula siguiente:



La acumulación de temperatura se inicia lentamente debido a la poca contaminación del material, lo que hace necesario una mezcla de las almendras con el mucílago fermentado de toda la masa, que al airearse convenientemente, produce un efecto directo positivo en todo el proceso de fermentación; de ahí la necesidad de remover el material a las 24 horas de iniciado.

Humedad del grano. Los cambios en el contenido de humedad en las almendras durante la fermentación son pequeños, comparados con los cambios en el secado. Las almendras (cotiledones) al iniciar la fermentación tienen entre 35 y 38 % de humedad. Este valor puede cambiar ligeramente, dependiendo de la época de cosecha o el tiempo que transcurra desde la cosecha de la mazorca hasta su apertura. Durante el proceso de fermentación, el cotiledón aumenta su contenido de humedad hasta que al salir, al secado contiene entre 40 y 45%. La masa total del fermentado, es decir, el grano más los residuos de la pulpa, contienen aproximadamente entre 60 - 55% de humedad. Durante el secado dependiendo del método, el grano pierde rápidamente la humedad, hasta llegar a 6 u 8%.

Durante un secado promedio de ocho días al sol, los cambios son aproximadamente así: al primer día la humedad baja a 38%, al segundo 35% al tercer día 24 - 25%, cuarto día 14 - 15%, de aquí la variación es lenta, llegando al octavo día de 8 a 10%, aproximadamente.

En un secador mecánico que fluctúe la temperatura entre 65 y 75°C el secado completo puede terminar en 36 horas aproximadamente.

La pérdida de humedad varía considerablemente, dependiendo de la época de la fermentación (tiempo seco, menos pérdida), o la estación de cosecha. Generalmente durante la época lluviosa, las almendras contienen inicialmente un mayor contenido de agua.

También puede hacer variar el contenido de agua, el tiempo que transcurra desde el momento de la cosecha hasta el momento de la apertura de la mazorca. Mientras más tarde en abrirse, menor será la pérdida, por contener menos agua la masa inicial.

Las almendras no fermentadas son difíciles de secar y al ser almacenadas son capaces de absorber rápidamente humedad, lo que casi imposibilita un buen almacenamiento.

El pH durante la fermentación

Tanto la pulpa como los cotiledones tienen cambios muy importantes en el pH. En general, los cotiledones tienen un pH inicial de 6,6. Durante el primer día de fermentación decrece lentamente (hasta 6,3), pero durante el tercer y cuarto día decrece rápidamente, hasta alcanzar un valor de 4,75 aproximadamente; este valor

sufre muy pocos cambios hasta que se termina la fermentación. Luego, durante el secado, va subiendo en forma lenta, llegando hasta 5.4.

El pH de la pulpa, en cambio, se inicia muy bajo, favoreciendo cierto tipo específico de microorganismos; su valor fluctúa alrededor de 3.8. Durante los tres primeros días de fermentación, su valor sube lentamente hasta llegar a 4, pero durante el tercer día este valor sube rápido, hasta igualar al comienzo del cuarto día el valor del pH del cotiledón, 4.75. Durante el resto de la fermentación y hasta medio día (menos de 12 horas) de secado, tienen un aumento lento, que termina alrededor de 5.2.

Contenido de nitrógeno

Los cambios del contenido de nitrógeno de la semilla son bastante notables. Se ha estudiado tanto el nitrógeno soluble como insoluble, así como la proteína. Los cambios más importantes ocurren durante el segundo y tercer día de fermentación. Estos cambios parecen estar relacionados con la muerte del embrión, cuando se hace evidente que para algunas sustancias es posible ponerse en contacto con los cotiledones e iniciar algunas reacciones. Esto también parece estar relacionado con las altas temperaturas que se desarrollan durante este período.

Calculado en base fresca, el contenido total de nitrógeno cae de 1.3 a 0.9%, durante la fermentación; de esto casi el 49% del total se pierde durante el segundo día del proceso. Lo mismo sucede con algunos compuestos relacionados con la proteína, como la teobromina, la cual se supone que pasa del cotiledón hacia la testa de la semilla, al momento de iniciarse su reducción.

La disminución de los compuestos nitrogenados parece ser constante a través del proceso de fermentación y deberse al rápido rompimiento de las proteínas.

Contenido de antocianinas.

La destrucción de la antocianina es rápida y comienza poco después de que el embrión ha muerto. La liberación de los polifenoles de las células que lo almacenan parece no ocurrir muy rápido y puede tardar algunas horas en completarse. El contenido de antocianina debe reducirse a un 10% del total original para que las almendras tengan aceptabilidad; esto puede ocurrir seis horas después que muere el embrión. Una almendra que contenga entre 10 y 20% de antocianina es de dudosa aceptabilidad; más de 20% del valor original, no es aceptable.

Algunos de los otros compuestos polifenólicos parecen no tener tanta influencia en la calidad de las almendras como la antocianina, puesto que aunque tenga un 60% de su cantidad original, no causa mayor problema.

Contenido de taninos

Estas sustancias son muy movibles durante la fermentación, pues al iniciarse ésta, se mueven de los cotiledones hacia la cutícula, seguramente debido al fenómeno de la Osmosis. Durante el secado, el proceso es inverso, los taninos se mueven de la cutícula hacia los cotiledones, cambiando sensiblemente sus valores relativos, lo cual indica poca pérdida de la sustancia en sí; sino que más bien hay una redistribución, puesto que la cutícula gana un poco de los taninos durante todo el proceso.

El Cuadro 23 es una demostración de los cambios que suceden al momento de la fermentación, en una muestra de cacao tipo Calabacillo.

Métodos de fermentación

En general, hay varias maneras de fermentar el cacao. Los métodos más comunes son en montón y en cajones, pero también se pueden fermentar de otras maneras, como veremos más adelante.

Cura en montones. La fermentación en montones varía mucho de país a país y de agricultor a agricultor. En general, se pueden hacer montones que varían de unos pocos kilogramos (10) a unos 2.000 kg. El tiempo de fermentación también puede variar mucho, dependiendo del material genético y del lugar. En algunos lugares de Ecuador, la fermentación es muy simple.

El cacao cultivado en Ecuador bajo el nombre de cacao "Nacional", fue clasificado en el grupo de los Forasteros. Se distingue, sin embargo, de todos los Forasteros cultivados en el mundo. Los granos que produce son rechonchos, tienen unos cotiledones de color violeta más claro y desarrollan un sabor particular, muy apreciado por los usuarios.

Este cacao de Ecuador no está sometido a los métodos clásicos de fermentación. Las mazorcas recolectadas son abiertas generalmente en las plantaciones y las almendras frescas metidas en sacos, son transportadas el mismo día, a lomo de mula, hacia el área de secado. El secadero está constituido algunas veces por una plataforma de cemento, ligeramente en pendiente para permitir la evacuación de los jugos.

Cuadro 23. Cambios en el contenido de algunas sustancias en las almendras de cacao al ser fermentado. Porcentaje de peso seco.

Calabacillo Constituyentes	en Cacao	
	Fresco	Curado
Grasa	29.25	29.25
Tanino	5.50	3.61
Rojo de Cacao	2.95	1.39
Teobroma	1.35	1.00
Cafeína	0.11	0.03
Almidón	3.76	3.22
Glucosa	0.99	0.60
Hemicelulosa	5.11	3.74
Fibra cruda	3.03	2.78
Proteína	6.69	4.42
Amidas (varios)	0.53	2.06

Otras veces está hecho sencillamente de listones de bambú yuxtapuestos encima de una capa de arena. Las almendras frescas que vienen de la plantación son colocadas en montones alargados sobre el secador y guarecidas, sea por hojas de plátano o por un pequeño techo móvil, formado por dos chapas fijas sobre una armazón de madera. Después de haber pasado así la noche, las almendras son extendidas sobre el secadero a la mañana siguiente. Durante un día, un hombre se pasea de uno a otro extremo del secadero arrastrando los pies, o halando un pequeño rastrillo de madera; de este modo queda asegurada una remoción continua del cacao. Al atardecer, las almendras son agrupadas en el montón alargado y abrigadas para ser desplegadas otra vez al día siguiente. En dos o tres días, con buen sol, se considera al cacao lo bastante seco para ser ensacado y transportado, generalmente por vía fluvial, hacia el mercado, donde los industriales o los exportadores han de completar de manera habitual el secado, exponiendo el cacao al sol.

El cacao "Nacional" tratado por este método proporciona un producto de excelente calidad, que es la responsable de la reputación de los cacaos designados comercialmente con el nombre de "Arriba", pues así se llama la principal región productora. Pero desde comienzos de este siglo, el cacao "Nacional" no es el único cultivado en Ecuador, ya que se han hecho introducciones de Forasteros y Trinitarios, principalmente, de procedencia venezolana. En los últimos años, han sido introducidas selecciones de Forastero alto amazónico para realizar plantaciones de híbridos resistentes a *Crinipellis pernicioso*. Todos estos tipos de cacaos, cuando se les aplican los métodos tradicionales de preparación adaptados al cacao "Nacional", proporcionan un producto de calidad mediocre.

El cacao "Nacional" tiene la particularidad de dar una sola cosecha por año, durante la estación de marzo a abril, mientras que los Trinitarios proporcionan su principal cosecha durante la estación seca. Debido a ello, en la actualidad en Ecuador, únicamente los cacaos producidos de marzo a mayo, que contengan un porcentaje elevado de cacao "Nacional", pueden ser clasificados entre los "Arriba Superior Summer", que son bonificados con una prima en el mercado.

En otros países la fermentación puede durar hasta nueve días, como en algunos lugares del Africa Central.

Es muy importante la remoción del montón durante la fermentación, la cual también puede variar mucho de lugar a lugar dependiendo del material genético y la cantidad. En montones grandes, lo más indicado es remover el cacao cada 24 horas, con el objetivo de airear la masa para una buena fermentación total, de lo contrario fermentará bien solo la capa superior o donde pueda penetrar aire, quedando la parte central y la de abajo sin fermentar. Al remover el montón, además de airear las semillas, se mezclan los microorganismos que están provocando la fermentación. Al hacer este movimiento, se consigue el alza de la temperatura rápidamente.

Un factor importante en el montón es la situación del piso. Este debe permitir un drenaje fácil y fluído de los líquidos que desprenden las almendras en su primera fase de la cura. Se estima que el mejor piso es el de madera con canales o perforado para el escurrimiento de los jugos. Cuando no se tiene éste, puede ser reemplazado por caña de bambú picada como "tabla". Los pisos de cemento son buenos si permiten un buen escurrimiento.

En general, el piso de tierra no es recomendable para la fermentación, debido a que el grano puede adquirir malos olores y perder su valor comercial. Si el agricultor no tuviera un piso adecuado, se recomienda fermentar cacao en el suelo, pero sobre hojas de plátano o banano; para esto se puede hacer un doble piso con trozos de rama para ayudar al drenaje, es decir, poner las hojas como una capa

inferior que aisle el suelo, luego unas pocas ramas en forma radial, luego otras hojas perforadas de Musáceas y luego las almendras. Si se puede dar un volteo a las almendras en este tipo de montón, la fermentación resulta muy buena.

El montón fermentado debe estar cubierto; de esta manera no se pierde calor y se protege contra la lluvia o el sol. Si el montón está dentro de un edificio, este debe ser bien aireado, pero sin permitir corrientes fuertes de viento.

Cura en sacos. Es muy común que el pequeño agricultor abra sus mazorcas de cacao en el campo durante la cosecha y llene sacos de plástico o yute con las almendras frescas, en los que las transporta hacia el centro de fermentación y deja las almendras en dichos sacos de 4 a 6 días fermentando. Estos sacos en ocasiones son colgados de tal manera que tengan mejor aireación y sufran menos ataques de animales dañinos.

También es costumbre entre los agricultores, cambiar de sacos cada dos días o día de por medio, de tal manera que se mezcle bien la masa; quizá este hecho es el más importante para obtener alguna fermentación. Si las almendras se dejan en el saco sin remover por más de tres días, la fermentación es deficiente y la mayoría de las semillas en el centro del saco no sufren ninguna fermentación.

Cura en canastos. En algunos lugares de Venezuela y Ghana, se fermenta en canastos hechos de diferentes materiales, pero en general leñosos. Los canastos pueden tener una capacidad de hasta 140 kg. En el pasado, los canastos fueron bastante profundos, hasta 50 cm de alto, hoy en día se recomienda construir estos canastos con muy poca profundidad (10 cm). Este tipo de fermentador tiene la ventaja de que hay mucha aireación por todo lado y que el drenaje tanto por el fondo, como lateralmente, es bueno. Es necesario, sin embargo, hacer remociones del material, especialmente si la profundidad de la canasta supera los 10 cm. Es un sistema muy recomendable para fincas pequeñas o cuando hay una cantidad muy pequeña de semillas para fermentar.

Si se trata de un solo canasto, se debe cubrir convenientemente. En algunos lugares se puede poner canasto sobre canasto, teniendo cuidado de separarlos con algún material absorbente para evitar contaminación de jugos de una canasta a otra. En los mismos recipientes se puede hacer el secado del material, reduciendo la capa a unos 5-6 cm de espesor.

Cura en cajas. La primera noticia de la fermentación en cajas data del año 1775, y es dada por el botánico francés Aublet. Este es el método comúnmente usado en la mayoría de las regiones cacaoteras bien establecidas de Centro y Sur América, Ceilán e Indonesia. Como ejemplo, puede describirse el sistema usado en Trinidad. Consiste en colocar las almendras frescas, en partidas que varían de 400 a 2.000 kg, en cajas de madera fuerte con fondo perforado para el drenaje de las exudaciones. Después de permanecer en una caja por uno o dos días, las almendras se trasladan a una segunda caja; durante esta operación, que se efectúa con palas de madera, hay escape de anhídrido carbónico y la temperatura desciende apreciablemente. La temperatura vuelve a subir pronto y prosigue la cura. Después de uno, dos o tres días más, las almendras se ponen en una tercera caja y se mantienen allí hasta completar unos 6 días, generalmente no más de 8.

El tamaño y forma de las cajas puede variar considerablemente. En la mayoría de los lugares se fermenta en cajas largas divididas, cada una tiene un ancho que varía de 80 a 120 cm, con una altura de 90 cm; el largo varía mucho y está en

función de la cantidad de almendras que se puede obtener durante una cosecha.

Para efectuar el cálculo de las necesidades hay que hacer algunas consideraciones: El potencial de producción de la finca o fincas que se fermentará en las cajas y la época en la cual se concentra la mayor producción. Se debe estimar también, la cantidad máxima que se puede cosechar durante un día y la capacidad de la apertura de las mazorcas, es decir, se debe tener una idea clara de la cantidad máxima que se puede cosechar en un momento determinado y el volumen que produce esa cosecha.

Se estima que en un metro cúbico de caja, se puede poner de 800 a 850 kg, dependiendo del clima y del material genético. En todo caso, si hubiera duda será mejor hacer una estimación práctica cuando se tiene la oportunidad. Una vez obtenida esa cifra, se debe estimar el tamaño del cajón o las cajas necesarias para esa cantidad. Si se toma en cuenta el sistema de fermentación y el número de días que se va a fermentar, entonces se pueden calcular las necesidades básicas para la fermentación.

Hay otras formas de cajas; la más común es la caja en cuadro, que consiste en un cajón grande cuadrado, con las divisiones suficientes para contener el material fermentado, que debe ser pasado todos los días de un lugar a otro. El número de cajas puede variar de 4 a 8, dependiendo del número de días de la fermentación. Esta caja tiene la ventaja que la descarga de la última se hace por el mismo lugar de carga y no hay que hacer ambas instalaciones.

Otro sistema es el de cajas en escalera; en este caso, las cajas están sobrepuestas de tal manera que se facilita mucho el paso de una a otra, sin hacer mayor esfuerzo. Este sistema tiene la ventaja de aprovechar un desnivel en el suelo y reducir el esfuerzo para la labor.

Algunos detalles deben ser considerados para la construcción de las cajas. La primera caja debe tener un buen sistema de drenaje, para una rápida eliminación de los exudados, durante los primeros días. Si se planea recolectar los jugos, habrá que tener un dispositivo tal que se puedan recolectar y sacar fácilmente por un costado, lo cual es especialmente fácil en los cajones en escalera. Para las cajas largas hay que preveer convenientemente este dispositivo.

El piso debe de estar sobre algo impermeable y no debe descansar directamente sobre el suelo, si es de madera; por el contrario, debe estar construido por lo menos a 20 cm por encima del suelo. Las cajas deben estar bajo techo, en un lugar bien aireado, donde no corran vientos fuertes. La separación entre cajas debe ser hecha en secciones, de tal manera que al momento de pasar las almendras de una caja a otra, el material que estuvo en la parte superior, quede en la parte baja de la próxima caja, es decir, se puede hacer que las secciones o compuertas para pasar el material se vayan retirando en partes separadas. El primer y segundo trozos pueden medir unos 20-30 cm cada uno y el tercero el resto; este último por lo general no se puede mover cuando se está pasando en cajas planas, pero sí, si lo está separando a cajas en escalera.

Si se dispone de un solo cajón para la fermentación, hay que tener mucho cuidado al momento de remover las almendras, para que el lote quede bien mezclado; generalmente este proceso es bastante molesto y requiere algún esfuerzo adicional para hacer un buen trabajo. Tanto los cajones largos como los en cuadro o los de escalera, facilitan mucho esta operación.

Tambores giratorios para fermentar. Se sabe que el aspecto más importante al iniciarse la fermentación y en el alza de la temperatura, es la correcta aireación de la

masa. Se sabe también que, al mismo tiempo, en la zona central de una masa fermentada no se consigue un 100% de almendras fermentadas, pues siempre hay un grupo de almendras (15-20%) que no alcanzan una buena fermentación, especialmente si se usan cajas grandes para ello. Para evitar esto se han ideado los tambores giratorios para la fermentación, de tal manera que la masa se airea permanentemente. Con estos tambores, contruidos de madera, puede conseguirse la mezcla completa de la masa, con un simple movimiento de palanca. De esta manera se eliminan los volteos de las almendras y no se pierde temperatura por tener que sacar la masa en fermentación. Será necesario hacer un estudio cuidadoso del número de giros y el tiempo para hacerlo en cada localidad, dependiendo del material. En Brasil se ha probado con buen éxito un mecanismo de reloj para mover un tanque muy grande, en forma de barril, pero es muy costosa la inversión inicial.

Fermentación en cajas pequeñas. En varias localidades de América y Africa, los pequeños agricultores cacaoteros han fermentado su cacao en pequeñas cajas de madera, las que se acoplan bien al animal que las transporta o al mecanismo de transporte (vehículo, ferrocarril, etc.). Estas cajas por lo general son rectangulares, con una profundidad que puede variar de 30 a 60 cm.

En algunos lugares se han utilizado cajones hechos de troncos de árboles grandes, perforados de tal manera que su durabilidad es bastante larga. En estas cajas más o menos grandes, con poca profundidad, el mayor problema es el revolver el material, lo cual no siempre es fácil; sin embargo, se obtienen buenos resultados con cacao de mejor calidad que con otros sistemas.

Método de Rohan. En este método se hacen bandejas que deben medir 120 cm de largo, 80 cm de ancho y 10 cm de profundidad. Esas bandejas se colocan unas sobre otras formando una pila, con un máximo de 12 bandejas. El factor clave en la bandeja de Rohan es el grosor de la capa de almendras. La máxima fermentación se produce en los primeros 10 cm de profundidad. El fondo de la bandeja debe llevar rendijas de 5 mm cada 5 cm, para permitir la salida de los exudados de las almendras (Figura 22). No es necesario estar removiendo las almendras, pero sí es recomendable poner las bandejas en montones de 12 como máximo y rotar diariamente, por tres días, la posición de las bandejas en el conjunto.

El método de Rohan permite sacar el cacao en la misma bandeja, disminuyendo a la mitad la cantidad de las almendras fermentadas por caja.

Existen muchas otras variantes en los sistemas de fermentación, pero en todo caso son pequeñas variaciones de los métodos generales descritos y corresponden a costumbres locales o tradicionales, que sólo tiene importancia local.

Además de los métodos descritos, en algunos países se hace la fermentación en canastas de bambú o de algunos otros materiales, dando un aspecto algo similar al uso de la bandeja de Rohan; cuando han pasado unos cuatro o cinco días se comienza a secar.

Tendales. Un tipo de fermentación especial es el de Ecuador, donde prácticamente no se fermenta sino que se amontonan las almendras durante la noche, cubriendo los montones para protegerlos del frío. Al día siguiente se le extiende para que siga el secado. Este proceso se repite por varios días hasta que el material está completamente seco. El piso de este fermentador es de bambú (caña guadúa).

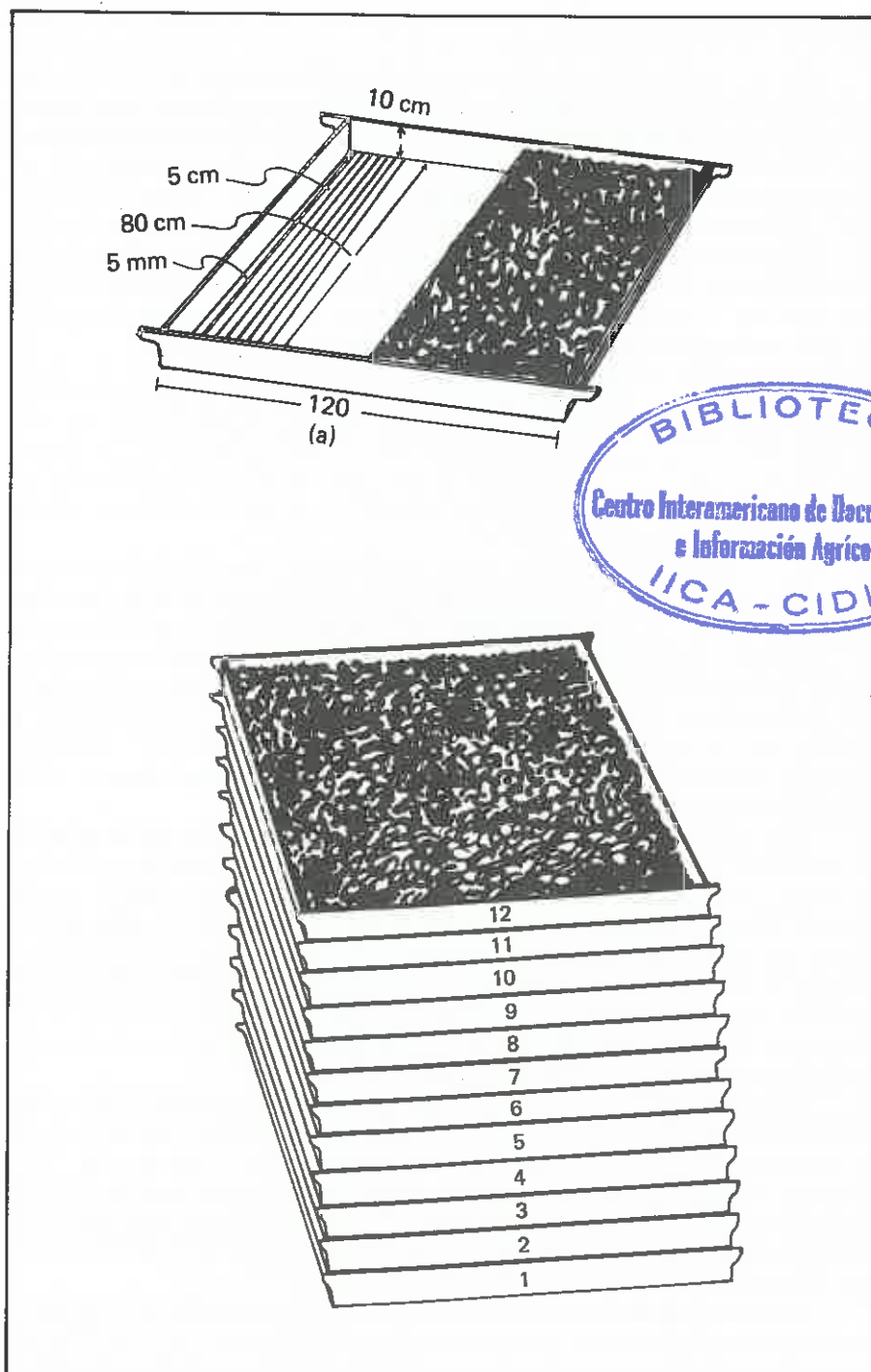


Figura 22. Diagrama de la bandeja Rohan (a) y pila de fermentación de 12 bandejas (b) cuya posición se invierte diariamente por 3 días. Tomado de Rohan (2).

Término de la fermentación

Los cambios bioquímicos están acompañados por cambios obvios en el color de los cotiledones. La descripción que sigue se refiere a una almendra con cotiledones púrpura, en una parte de la caja de fermentación donde los cambios en temperatura y pH son los del conjunto de todas las almendras y representativos de los cambios que se encuentran en la práctica, en una plantación en Trinidad. El término "día" significa períodos de 24 horas, medidos desde el momento de cerrar las cajas.

Un examen detenido de la superficie de un cotiledón fresco mostrará que el color púrpura no se distribuye uniformemente, sino que aparece en pequeños parches, que dan al contenido una apariencia moteada. Esto es así porque los pigmentos están contenidos dentro de células especiales que apenas constituyen el 10% del total de las células. En una buena fermentación la mayoría, sino todas las almendras, mueren hacia el final del segundo día. En esta etapa si nuestra almendra "típica" fuere cortada, mostraría una superficie moteada solamente en el interior y un anillo externo de tejido uniformemente púrpura. Esta apariencia es causada por la penetración del ácido acético dentro de las "capas" externas de la almendra, con la consiguiente muerte de las células y la difusión de los pigmentos entre las células incoloras de los alrededores.

Un contraste aún más fuerte entre células vivas y muertas puede obtenerse tratando el corte con una solución de ácido crómico. Conforme las células interiores mueren, el interior de la almendra pierde su apariencia moteada y para el tercer día los cotiledones aparecen de un color púrpura uniforme, el cual palidece progresivamente, conforme avanza la fermentación. La pérdida de color se debe principalmente a la destrucción de los pigmentos por hidrólisis enzimática, un proceso que no requiere aire. En esta etapa el oxígeno es perjudicial y en la práctica es incluido el cotiledón porque los micro-organismos, que han mermado drásticamente en número, no pueden ya usar todo el oxígeno.

El oxígeno entonces comienza a penetrar la testa, haciendo que la superficie del cotiledón se ponga de color pardo. Para el sexto día, el oxígeno ha penetrado a tal punto, que la superficie del corte de nuestra almendra típica muestra un anillo externo de color pardo, de 1 a 2 mm de ancho y un corazón de color púrpura pálido. De aquí en adelante la extensión e intensidad del color pardo aumentan. Cuando las almendras son transferidas a la plataforma de secamiento, este proceso continúa hasta que la almendra se seque; será entonces de un color pardo uniforme. En el caso de las almendras blancas no hay cambios notorios en color, hasta que el cotiledón comienza a tornarse pardo al cuarto día.

Podrá verse por la descripción anterior, que la fase de oxidación y de condensación están caracterizadas por el matizado pardo de la almendra y que este matizado comienza antes de que las almendras sean normalmente puestas a secar. Desde un punto de vista bioquímico, la aparición del anillo pardo significa el fin de la fase hidrolítica anaeróbica y el comienzo de la fase oxidativa y de condensación, es decir, significa el término de las reacciones típicas del proceso de fermentación y el comienzo de las reacciones típicas de la etapa de secamiento.

Las causas bioquímicas de las almendras púrpuras no han sido aún claramente comprendidas. No se conoce el por qué las almendras fallan en tomar la coloración parda, pero existe la certeza de que el pigmento púrpura residual es antocianina inalterada y que la hidrólisis es incompleta, debido al fracaso en mantener condiciones favorables para la actividad enzimática.

Con tal que las condiciones enzimáticas para la cura existan, el problema esencial es, entonces, determinar el punto en el proceso de curado cuando las condiciones deben ser cambiadas, de las que favorecen la fase hidrolítica anaeróbica a aquellas que favorecen la fase de oxidación y de condensación, es decir, cuando es oportuno transferir las almendras a la plataforma de secado. Juzgando con base en las reacciones bioquímicas y los cambios en color que ocurren durante un buen curado, las almendras deben ponerse a secar cuando apenas aparece el anillo pardo en el cotiledón cortado. Debido a que todas las almendras no son exactamente iguales y a desviaciones de las condiciones ideales, todas las almendras dentro de una caja no estarán en el mismo estado en algún momento dado. Se convierte, por lo tanto, en asunto de un simple experimento: decidir según las condiciones prevalentes en cualquier etapa, qué porcentaje de almendras mostrarán el anillo pardo al momento de transferirlas a la plataforma de secado, para obtener así un producto final que estará substancialmente libre de almendras púrpuras. Este porcentaje parece ser de 50 y se logra alrededor del sexto día. Sin embargo, es conveniente dar énfasis a que las condiciones que favorecen la formación de almendras púrpuras deben ser eliminadas, antes de que este índice pueda ser aplicado con una cierta seguridad de éxito.

Recuperación en peso del grano

Hay algunos datos experimentales sobre el porcentaje de recuperación de las semillas, con respecto al peso original al momento de salir de la mazorca abierta.

Hay dos factores importantes de variabilidad: el origen genético, y la época de cosecha. También puede tener influencia el hecho de fermentar o no el grano, pero este hecho lo descartamos, asumiendo que la tecnología moderna exige la fermentación del grano para obtener un mejor sabor y mejorar la calidad comercial.

Se sabe que los cacaos amelonados, como el africano o brasileño, recuperan hasta el 44% del peso durante la cosecha más importante, mientras que los cacaos amazónicos (Forasteros) recuperan un 38% del peso.

En algunos países, la recuperación del peso del grano durante la época seca alcanza el 45% mientras que durante la época lluviosa la recuperación puede llegar al 35%. Para efectos de investigación, la mayoría de las estaciones experimentales consideran un promedio equivalente a 40% en peso seco.

Pasos para una buena fermentación en cacao

1. Es preferible reunir por varios días mazorcas en montones, antes que reunir varios días almendras, en el mismo fermentador,
2. Cosecha y material maduro uniforme,
3. Abrir las mazorcas en el lugar de la fermentación o en el campo, cerca del beneficio. Las mazorcas pueden dejarse en pilas o montones por un espacio de hasta 3 días como máximo,
4. No mezclar material enfermo, tierno o sobremaduro (almendras germinadas),
5. Ponga las almendras en un fermentador limpio, libre de insectos o materiales que perjudiquen la fermentación,

6. Dependiendo del fermentador, tape adecuadamente con hoja de plátano o sacos (gangoche) para no perder temperatura y mantener aireación,
7. Voltee o remueva las almendras cada 24 horas con una pala de madera, de manera uniforme, para tener una mejor fermentación,
8. Cuide (limpie) los drenajes de los dos o tres primeros cajones, para que los jugos escurran normalmente,
9. Mantenga las almendras en el fermentador por 5-7 días, experimentando con su propio material fermentado,
10. Haga pruebas de calidad permanente, para verificar que su fermentación sea correcta o si no, para corregir errores.

LAVADO

Por muchos años, varios países americanos y algunos africanos han usado la costumbre de lavar las almendras antes del secado, con el propósito de remover todo o casi todos los residuos de la pulpa, que normalmente quedan adheridos a las semillas luego de la fermentación y de los secados normales.

En otros lugares como en Trinidad y Colombia, este proceso es parcialmente reemplazado por el "bailado o pisoteado" que se le da a la almendra luego de la fermentación, pero debido a que es una práctica en la que hay que invertir varias horas-hombre, se ha venido eliminando paulatinamente.

La principal ventaja del lavado es la de dar al cacao una buena apariencia comercial. Cuando el secado se realiza correctamente y con mucho cuidado, entonces las almendras adquieren un color café-amarillento (color oro) muy brillante y atractivo a la vista, en lugar de las tiras café oscuras que presentan los remanentes de la pulpa sobre la almendra.

Otra importante ventaja es que se remuevan estos residuos de la pulpa, que son higroscópicos y que absorben rápidamente agua. Este material se convierte en un punto ideal para criadero de microorganismos, que más tarde pueden perjudicar la almendra. Como consecuencia, también se facilita el secado de la almendra, aunque éste se haya tenido que interrumpir momentáneamente.

La almendra seca y limpia es más fácil de calificar exteriormente, puesto que enseña su verdadera forma y permite también la calificación interna al facilitar su apertura.

Entre las desventajas del lavado se puede mencionar la pérdida de peso comercial del material lavado, debido a la eliminación del residuo de la pulpa; sin embargo, esta pérdida no siempre es compensada por la mejora del precio que la buena presentación pudiera tener. Algunos agricultores estiman que la pérdida puede llegar hasta un 15% del peso total. Sin embargo, se puede estimar que fluctúa entre 2 y 7% con un promedio de 4,7%. Si en el mercado se puede conseguir un precio mayor del 5% será recompensado, pero no sólo se debe considerar esto, sino otras facilidades, como el gasto del secado que es menor, la seguridad del almacenaje y el mejor y más fácil manejo del material. Hay que tomar en cuenta también el costo de la práctica.

Otra desventaja que se ha establecido es que durante el proceso de tostado en las fábricas, hay una tendencia a sobretostar el material con sus funestas consecuen-

cias sobre el sabor. También algunos investigadores han encontrado que puede perder el olor típico y el sabor de chocolate, pero la literatura es muy contradictoria en cuanto a estas opiniones.

En general, se puede concluir que este método para tratar de mejorar la presentación del cacao, debe ser estudiado con cuidado con el finquero, tomando en cuenta: 1) el costo; 2) el aumento de precios; y 3) la aceptación del mercado.

El costo de la operación puede estar en función del material genético, pues aquellos cacaos que fermentan rápido (Criollos), requieren de más mano de obra, pero aquellos que tardan (Forasteros) casi no la requieren, porque la mayor parte de la pulpa desaparece en el proceso mismo de la fermentación o es más fácil eliminar.

Con respecto al aumento del precio, depende mucho del mercado. Algunos países compradores como los Estados Unidos no le ponen atención al lavado, en cambio los europeos si pueden dar un precio mayor. También hay que tomar en cuenta que el exceso de manipuleo quiebra algunas almendras y esto puede perjudicar la calificación final del valor comercial.

Hay varios métodos para lavar cacao. Si la operación es de finca grande o centro de acopio, entonces se requieren instalaciones costosas que deben ser movidas por electricidad u otro tipo de fuerza motriz. Generalmente, se hace en cajones de hierro galvanizado o de cemento.

Los pequeños finqueros, tienen instalaciones muy rudimentarias. El lavado se puede hacer con la fuerza del agua potable, en canastas o pequeños tanques contruidos a propósito, que pueden ser manejados por un hombre sin mayor problema.

PULIDO

Para pulir las almendras, se amontonan en el centro del patio, teniendo el cuidado de que el día sea bien soleado y, si es necesario, se debe mojar ligeramente el material para que resbalen adecuadamente. La cantidad de agua que se pone depende del estado de la semilla; esto se aprende con la experiencia. Debe cuidarse de no poner agua en exceso, pues puede perjudicar el escurrimiento de la semilla y tardar un poco en la operación.

Los pulidores dan la vuelta alrededor del montón dando pequeños brincos o pisoteos; éstos no deben ser bruscos y generalmente los hacen con pequeños giros o movimientos laterales de los pies, de tal manera que las semillas se escapan y no se aplastan por el peso del obrero.

La operación puede durar tiempos variables y es necesario que una persona aprenda a distinguir el momento adecuado para suspenderla. La duración es de una hora aproximadamente. Las almendras que se van pisando (puliendo) deben ser amontonadas continuamente para reiniciar el pisoteo o el bailado, como lo llaman en algunos lugares.

SECADO

Al final de la fermentación, en que ocurren los cambios químicos principales a los cuales se debe el sabor de chocolate, el contenido de humedad de las almendras es alrededor del 56% por peso. Durante el secado subsiguiente, continúan los cambios químicos, mientras que el contenido de humedad baja lentamente, hasta alrededor del 6%. Si el contenido de humedad baja a menos de ese nivel, las

almendras se vuelven demasiado quebradizas, pero si no se secan hasta ese punto, se vuelven susceptibles al daño de los hongos. El contenido de humedad final y estable, varía necesariamente según las condiciones atmosféricas del aire. Como las enzimas toman parte en los cambios químicos que ocurren en las primeras etapas del secado, dicho proceso no debe ser muy rápido, pues la temperatura alta y el bajo contenido de humedad pueden causar la inactividad de las enzimas, antes de que se hayan completado los cambios químicos esenciales.

Se ha encontrado que las almendras de cacao secadas artificialmente contienen mayor cantidad de ácido acético que las secadas lentamente al sol y el chocolate que se prepara con ellas posee un sabor característico "frutoso", presumiblemente debido a la formación de ésteres acéticos. El exceso de ácido acético en almendras secadas artificialmente puede eliminarse alargando el período de la "conchada" en la manufactura del chocolate, operación que facilita la eliminación del ácido acético y sus ésteres por volatilización.

En la mayoría de los países donde se cultiva cacao, las almendras fermentadas del montón o caja de fermentación pueden secarse convenientemente al sol, pero en algunos países la cosecha de cacao coincide con la estación lluviosa o con un período de mucha humedad, necesitándose entonces secarlas artificialmente. Por ejemplo, se emplean secadoras artificiales en Costa Rica, los Camerunes, Congo Belga y Samoa, así como en la mayoría de las haciendas de Brasil.

Secado natural

El secado del cacao al sol es el método más comúnmente empleado en todos los países productores y requiere de ocho a diez días, según las condiciones climáticas.

En las pequeñas explotaciones, el cacao es a veces simplemente extendido sobre esteras hechas con tiras de bambú y estiradas en el suelo mismo. Para evitar la intromisión de los animales domésticos se suelen colocar estas esteras sobre una base rústica, que permite mantenerlas por encima del suelo. Cada tarde o cuando sobreviene una lluvia, el cacao es enrollado en la estera y puesto al abrigo, ya sea transportándolo a un techado, ya sea recubriéndolo con una cubierta protectora de hojas o casitas de madera y zinc.

Es aconsejable, sobre todo cuando la fermentación no está muy avanzada, no exponer de golpe el cacao al sol durante los primeros días y removerlo regularmente para separar las almendras y homogenizar las condiciones de aireación y de secado. Es igualmente necesario cuando el cacao está instalado sobre plataformas de madera, buscar y eliminar todas las impurezas, restos de mazorcas o de placenta y todas las almendras indeseables (rotas, abortadas, quebradas, etc.). Este tipo de secado, muy corriente en Africa, da resultados muy satisfactorios. Sin embargo, no es perfecto principalmente en lo que atañe a la protección del cacao durante las lluvias.

Hoy en día se puede construir una estructura muy simple: una plataforma con caña de bambú, de aproximadamente 120 cm de ancho, por el largo necesario o conveniente; ésta debe estar sobre el suelo, a unos 80 a 100 cm; la plataforma puede ser de madera o del mismo bambú hecho "tablones". Al centro se coloca un travesaño más alto, de 150 a 180 cm, que atraviesa a lo largo del secador, el cual tiene el objeto de sostener un techo de plástico muy sencillo, que puede ser enrollado a los extremos, si se ponen tiras de madera o trozos de caña de bambú finos.

Este tipo de secador es muy barato, garantiza que no se moje el material y puede durar mucho tiempo si se le cuida adecuadamente.

El más sencillo entre ellos, que puede ser fabricado fácilmente por cualquier plantador con la sola utilización de los materiales disponibles localmente (troncos de arbustos, bambúes, hojas de palmera, rafia), es el secadero llamado "autobús", muy empleado en el Camerún y divulgado más recientemente en la Costa de Marfil. Está formado por una pequeña choza hecha de madera, cubierta de "papos" o de pajizos, de cuyos lados sobresalen unos rieles de madera sobre los cuales pueden deslizarse los cañizos de secado. Estos cañizos, que constan de un trozo de tiras de bambú sujeto a un armazón de madera, tienen la dimensión de la choza y pueden ser puestos muy rápidamente bajo techumbre cuando hay necesidad de ello.

Este modelo de secadores, como puede suponerse, puede ser mejorado. Gran número de plantadores colocan una cubierta de zinc, más duradera y más segura. En las grandes explotaciones industriales los secadores son concebidos a menudo bajo este mismo principio, pero los cañizos, de mayores dimensiones, van provistos de ruedas y se desplazan sobre rieles metálicos. Pueden ser superpuestos varios pisos de rieles con lo que se puede aumentar la superficie de despliegue de los cañizos de una misma choza.

En lugar de estos secadores de techumbre fija con carritos deslizantes, que son los más utilizados en Africa, se pueden concebir plataformas de secado fijas, con techo móvil y bajo este principio se montan generalmente los secadores en América. El área de secado puede ser una plataforma de cemento, como se usa comúnmente en Venezuela y en Ecuador. El techo movable, de zinc, puede tener menores dimensiones que el área de secado, en cuyo caso debe ser amontonado el cacao para guarecerlo, pero corrientemente la plataforma de secado es una plancha de madera. Unos rieles permiten desplazar el techo para descubrir o recubrir el cacao. La mayor parte de los secadores construidos en Trinidad, donde se concede una gran importancia al secado, son de este tipo.

Otro género de secadero ha sido ensayado con éxito por el I.F.C.C. para el secamiento solar del cacao en Costa de Marfil y Camerún. Se trata de un secadero solar balanceante, desarrollado por el I.T.I.P.A.T. en Costa de Marfil. Está constituido por un marco de madera de 4 a 5 m de largo por 0.8 m de ancho, dividido en dos porciones paralelas por un listón medianero y provisto de un fondo de rejilla metálica o de zarzo de bambú, sobre el cual se pone a secar el cacao, recubierto por un toldo de polietileno. Este secadero reposa en su parte media sobre una barra horizontal, situada poco más o menos a un metro por encima del suelo y sobre la cual puede balancearse para quedar siempre inclinada, de manera que reciba el máximo de energía solar. En ambos extremos, los aleros están pintados de negro para favorecer el movimiento ascensional del aire que se establece bajo el toldo de polietileno, en cada una de las dos porciones del artefacto.

En general, se estima que este secado es más lento pero que tiene muchas ventajas sobre los secados rápidos, debido a la calidad del producto final.

Secado artificial

Se le denomina así por utilizar otras fuentes de energía diferentes a la solar, para secar el cacao. Generalmente, esa fuente de energía es la leña, el bagazo, los residuos de cosechas, la electricidad, el diesel, el bunker, y otros combustibles.

Hay varios factores que deben tomarse en cuenta para este tipo de secadores:

1) diferencia en temperatura entre el aire seco y el producto o masa que se está

secando. Inicialmente, la temperatura debe ser baja y la masa debe pasar lentamente, en caso contrario, se dañan las almendras; 2) diferencia de presión de vapor entre el aire seco y la masa. Una diferencia muy alta puede reventar las almendras; 3) el área de expansión del aire seco. Se puede aprovechar la elevación natural del aire caliente, para no usar una fuerza impulsora; 4) la velocidad del paso del aire seco por la masa. El paso no debe ser muy rápido para no afectar las almendras y pegarlas. Se estima que se necesita entre 2500 y 3000 Btu para evaporar un litro de agua de la masa de cacao.

Existen secadoras mecánicas desde muy simples hasta tipos sofisticados. Las simples son plataformas perforadas, calentadas por debajo con aire caliente. Dependiendo del combustible y su construcción, estas secadoras pueden tardar cinco días para completar el proceso de secado. Para su construcción se usan materiales corrientes, disponibles en cualquier pueblo y los trabajos en metal los puede hacer un herrero. Los componentes de una secadora sencilla son: 'tubo hoguera', con su chimenea (estañones), plataformas de secado con malla lo suficientemente fina para no permitir el paso de las almendras, pared de material aislante (cemento, ladrillo, asbesto), alrededor de un galerón de albergue. En la Figura 23 se presenta un diagrama de la secadora más simple.

En la operación de la secadora es fundamental el cerrar bien las uniones de los estañones del 'tubo hoguera' para no permitir la salida de humo, que puede dañar las almendras de cacao. La capa de almendras sobre la plataforma debe ser de 5 cm de espesor. Al inicio del secado se deben remover las almendras a menudo para no permitir que se peguen entre ellas; luego basta con rastrillar para hacer un secado uniforme. Con una temperatura constante de 60 a 70°C, una partida de almendras estará seca entre 40 y 44 horas. Ese tipo de secadoras utilizan combustible como leña, bagazo, residuos de cosecha, bunker, diesel o electricidad.

Se ha calculado que se necesitan alrededor de 1.5 toneladas de leña para secar adecuadamente una tonelada de almendras de cacao fermentadas. En donde la leña no se consigue con facilidad, generalmente se usa aceite combustible, éste es caro y debe tenerse cuidado de que se queme del todo, pues de otro modo hay peligro de que las almendras tomen malos olores por contaminación con los productos de la combustión incompleta, cuando se hace secado directo con gas caliente.

El tipo de secador rotativo de cacao, tal como el "Gordon" y el "Makinnon", han adquirido gran popularidad en muchos países. La acción abrasiva de una almendra contra otra durante la rotación generalmente reduce el grosor de la testa, lo cual puede resultar en una cantidad grande de almendras quebradas. El tipo de secador mecánico giratorio, así como el de faja sin fin con gavetas para colocar las almendras (secadora Butner) es mucho más caro que los secadores simples estacionarios, los mejores de los cuales son muy eficientes y son capaces de mantener una temperatura de 80°C (176°F) por un período de 14 horas, sin efectos perjudiciales para la calidad del cacao.

CALIDAD DEL GRANO

Es la calificación que dan los países compradores y los fabricantes a las almendras de cacao por su apariencia, humedad, materiales extraños, mohos, insectos, etc. Los factores que determinan la calidad del cacao para las fábricas pueden agruparse así: herencia, medio ambiente y beneficio (fermentación y secado).

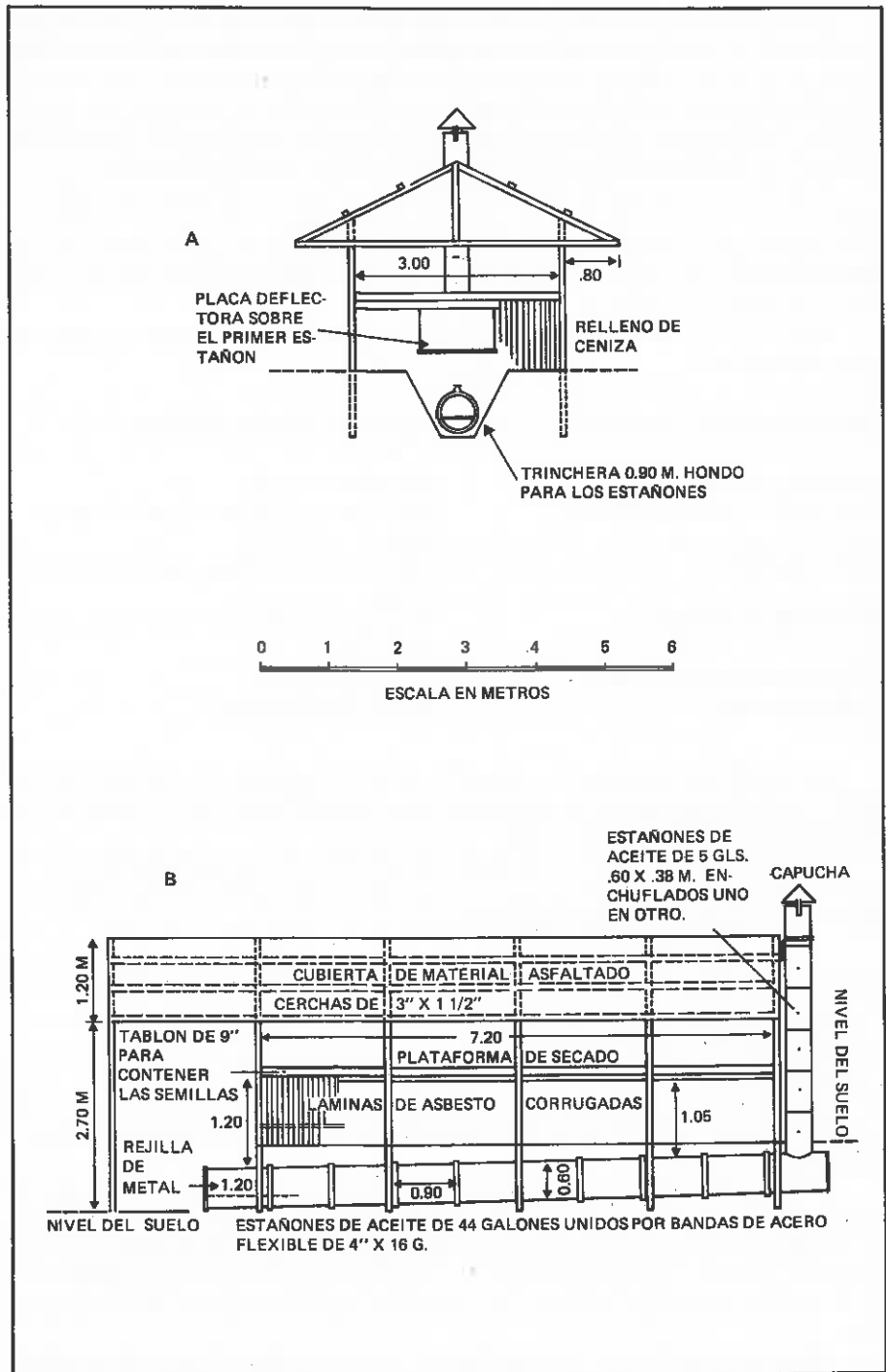


Figura 23. Diagrama de una secadora de cacao (a) corte transversal y (b) longitudinal, tipo Samoa.

Se ignora la genética de la calidad del cacao, aunque se cree que los sabores característicos de una determinada procedencia de región o país resultan probablemente de la interacción de numerosos genes. Sin embargo, como el sabor depende en parte del proceso de fermentación y secado y no puede evaluarse por ningún carácter externo de la planta, el problema de selección y cruzamiento de cultivares de cacao, con propósitos de calidad, presenta muchas y grandes dificultades.

Para fines de inspección, cada almendra deberá cortarse longitudinalmente pasando por el centro, y se hará un recuento de almendras defectuosas, ya sea por estar enmohecidas, dañadas por insectos, germinadas, con estructura pizarrosa, planas o podridas. De cada saco de 46 kilos, se toman 100 almendras del centro del saco y se procede a examinar.

Entre el cacao fermentado y otro que no está fermentado se pueden establecer estas diferencias:

Almendra seca bien fermentada	Almendra seca mal fermentada
Hinchada o gruesa	Más bien aplanada
La cáscara se separa fácilmente	Por lo general es difícil separar la cáscara
Color chocolate	Color violáceo o blanquecino en su interior
Naturaleza quebradiza	El grano se presenta como una masa compacta
Sabor medianamente amargo	Sabor astringente
Aroma agradable	Aroma desagradable

Es normal que califiquen en calidad I, calidad II, calidad III y calidad inferior, según el porcentaje de 5 a 15 almendras indeseables. El grano de humedad de las almendras no debe sobrepasar el 8%.

La clasificación de calidad de cacao de la FAO es la que actualmente más se emplea. El cacao se clasifica, según el número de almendras defectuosas, siendo las tolerancias en porcentajes, las siguientes:

	Calidad 1	Calidad 2
Almendras enmohecidas	3	4
Almendras pizarrosas	3	8
Almendras defectuosas	3	6

Todo el cacao que no alcanza las normas de la segunda categoría, se considera "fuera de clasificación".

En cuanto a los factores ambientales, la falta de cantidades adecuadas de agua y nutrimentos en el suelo reducen el tamaño de los frutos y las almendras; igualmente se presenta variación en la composición bioquímica de los cotiledones. La deficiencia de ciertos elementos menores, como el cobre, puede disminuir la formación de la enzima polifenólica oxidasa, ocasionando la mayor retención de la astringencia.

Como ya se mencionó, el proceso de cura, bien realizado, dará un buen cacao; en cambio, el chocolate preparado de cacao sin fermentar no posee ni el sabor ni el aroma del verdadero chocolate.

Para que el cacao sea clasificado como de primera, debe ser bien fermentado (cuatro días mínimo), bien seco y que tenga sabor y aroma agradables.

La cosecha correcta, es decir, de frutos maduros con buena fermentación, con buen secado y libre de basura, les permitirá ser bien calificados y en ocasión no lejana, los compradores de cacao fijarán normas de calidad y pagarán mejores precios a los agricultores que sigan las recomendaciones de los técnicos y que cada día se superen al ofrecer un cacao de primera categoría.

A pesar de que la calidad está ligada genéticamente (cacaos finos y cacaos ordinarios) no es menos importante el trabajo de "procesado" que se inicia con la maduración de los frutos, la fermentación de la pulpa y el secado, para dar finalmente un cacao con apariencia, sabor y aroma que dará sin duda un chocolate de primerísima calidad.

MANUFACTURA DEL CACAO

Desde tiempos inmemoriales, los aborígenes americanos usaron el cacao, aunque en forma completamente diferente de la que hoy día se conoce como industria chocolatera. Pero en algunas partes de América aún se acostumbra consumir cacao manufacturado casi como lo hacían los antiguos aborígenes del lugar.

La industria chocolatera se desarrolló en Europa desde el siglo XVII, cuando los monjes españoles dejaron escapar el secreto del proceso del cacao. Hoy día existen grandes fábricas encargadas del procesamiento del cacao; allí éste se guarda en grandes bodegas construidas adecuadamente, donde puede permanecer por varios años sin perder su calidad.

El primer tratamiento que el cacao sufre es una limpieza general, para eliminar todo material extraño. Esto se consigue con un tamizado muy cuidadoso.

La parte más importante de las máquinas que hacen el tamizado son los cilindros para mover las semillas; estos tienen que ser suaves y delicados. Luego el cacao pasa por diferentes cribas, de diversos calibres, para separar arena, almendras fragmentadas, almendras en buen estado, objetos extraños, etc. Estas máquinas permiten obtener almendras de diferentes tamaños, bien clasificadas y limpias.

El siguiente paso es el tostado del cacao con el cual se desarrolla el aroma de chocolate, este es el último paso, quizá el más delicado y requiere la experiencia de la persona que maneja la fábrica. Generalmente es la experiencia humana la que aún gobierna este paso, pues no se le puede confiar a una computadora. Este aparato consta de un cilindro grande central que acciona o mueve permanentemente las almendras para obtener un producto lo más uniforme posible.

La temperatura del calentador llega a alcanzar alrededor de 135°C en un tiempo promedio de tostado de una hora. Este momento marca la pérdida de mucho peso por la evaporación del agua contenida en las semillas.

El operador va tomando muestras hasta encontrar que el material ha tomado el aroma deseado para la tostada y el material pasa rápidamente a otra sección que tiene corrientes de aire frío; de esta manera se suspende el tostado rápidamente y se evita que las almendras queden excesivamente tostadas o quemadas.

En este momento los cotiledones están completamente separados de la testa de la semilla y ya pueden ser fácilmente retirados.

Una vez alcanzado el grado perfecto de tostado, las semillas entran en una sección donde son partidas suavemente. En este momento la cáscara o testa se separa fácilmente y puede ser separada del cotiledón, el cual se ha partido también

en piezas, las que de preferencia no deben ser muy pequeñas ni tener partículas muy finas. Tampoco deben ser demasiado aplastadas las almendras a esta altura. Este es el momento en que se separa el embrión del resto del cotiledón.

El embrión representa más o menos el uno por ciento (1%) de los fragmentos en que se ha partido la semilla. Este embrión es separado por una criba adecuada al tamaño de ellos y el material pasa a una sección donde una corriente de aire separa con fuerza la testa y cualquier otro material liviano que haya quedado en la masa.

La testa es quizá el único material que no se puede aprovechar en la industria chocolatera y es vendido aparte para otros usos.

Una vez que los cotiledones quedan libres de todo material, están listos para entrar al procesamiento de chocolate; este es el momento en que las fábricas aplican sus fórmulas de mezclas de cacao de diferentes orígenes o calidades para producir el sabor deseado.

En la moledora los trozos de cacao se convierten en un líquido fluido de color café, típico del chocolate, que se denomina la masa o licor de cacao. En este punto se separan lo que es la industria de grasa, la de cacao o polvo de cacao y la de chocolate.

En todo caso, siempre se presenta el proceso de extracción de la grasa, uno de los productos que van a otras industrias. La grasa se extrae del licor de cacao por medio de una prensa, que en algunas ocasiones llega hasta 6000 libras por pulgada cuadrada de presión. Con este proceso se puede retirar entre 20 y 30 % de la grasa original de la semilla. La manteca sale por un lado y se solidifica al frío, en cubos para empaacar. El resto del cacao sale en barras o bloques que pueden ser reducidos directamente a polvo de cacao, para lo cual se necesita un molino especial, puesto que los bloques que salen de la prensa son muy fuertes y no se rompen fácilmente.

La calidad del cacao depende de la finura de la molida; mientras más fino el polvo de cacao es más apetecido. La finura del cacao es tal, que generalmente en los cuartos con estas máquinas siempre hay polvo flotando en el aire y capas de polvo por todas partes. Luego el polvo pasa a la maquinaria para ser pesado y empaquetado.

La manufactura del chocolate sigue algunos pasos diferentes. Cada fábrica tiene sus propias fórmulas (secretas), para la elaboración de cada tipo de chocolate, ésta depende de las mezclas y de los sabores que se añadan. En general, el chocolate está compuesto por el licor, grasa, azúcar, sabores, leche, etc. Este proceso está resumido en el diagrama de la Figura 24. Cada paso debe ser perfectamente controlado y la calidad final del producto depende de la precisión en el manejo de cada uno de ellos.

Los sabores generalmente se agregan al chocolate al final del proceso para evitar pérdidas en el resto de las manufacturas. También al final del proceso se pueden añadir las nueces, los dulces, o cualquier otro material para dar el acabado final del bombón o chocolate de alta calidad.

Las fábricas europeas tienen actualmente maquinaria sumamente sofisticada para la elaboración de todo tipo de chocolates. Especial atención tienen las máquinas para hacer moldes y las máquinas para remover el aire de los bombones.

El grado de suavidad del chocolate está dado por la cantidad de grasa o manteca de cacao que se adiciona al producto y este puede variar también de acuerdo al destino del producto, es decir, al lugar donde va a ser consumido, factor muy importante que en general, en América, muy poco se toma en cuenta.

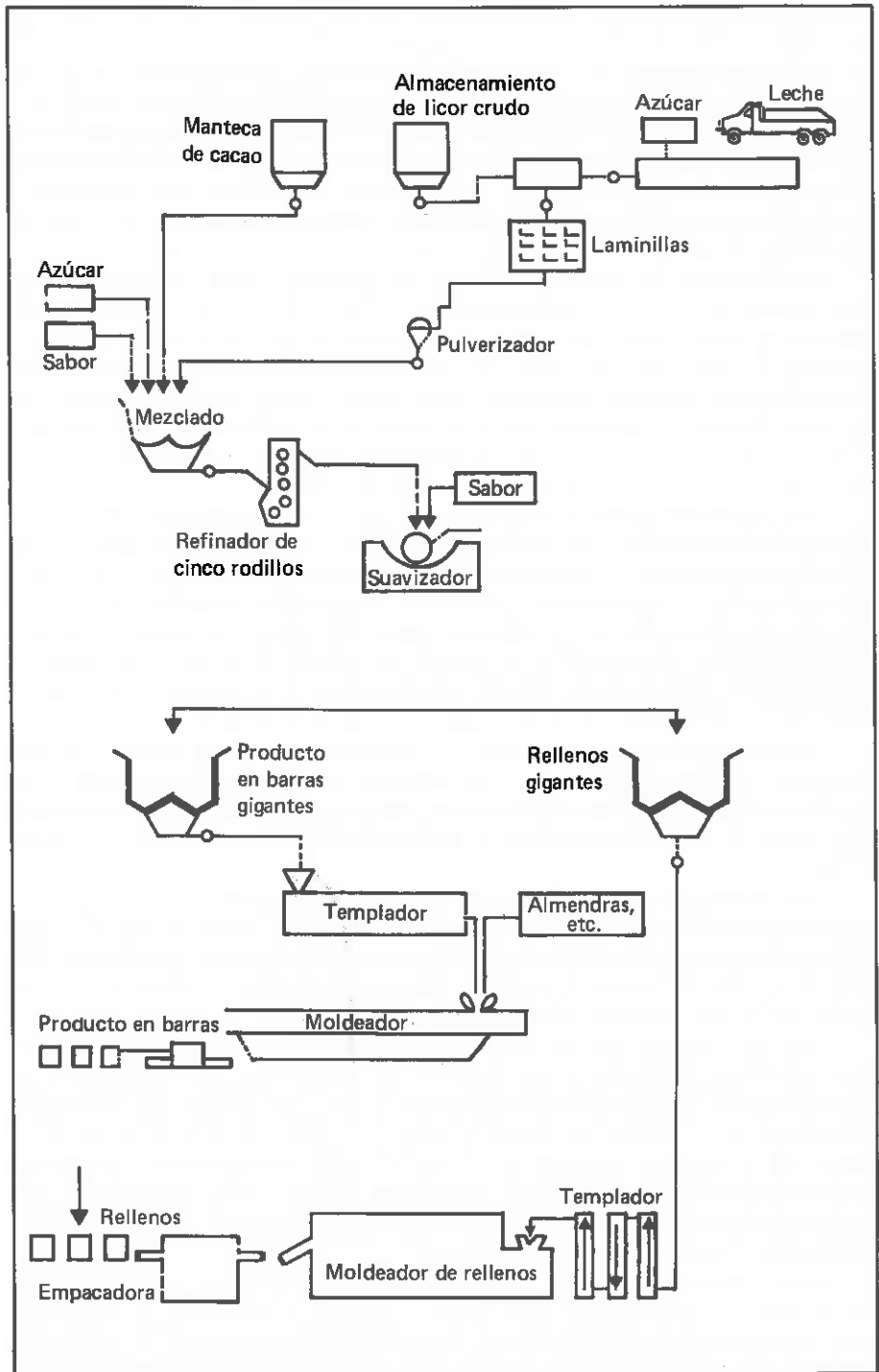


Figura 24. Proceso de manufactura del chocolate con leche.

ALMACENAMIENTO

El almacenamiento del cacao, tanto por parte del productor como del exportador, tiene gran importancia. Si no es realizado en perfectas condiciones, puede dar lugar a un gran detrimento del producto. El cacao debe ser preservado, en primer lugar, de toda contaminación por olores o gustos extraños, y en particular debe ser evitada rotundamente la contaminación por humos. Pero además, debe ser mantenido bien seco para prevenir la proliferación de mohos y para preservarlo de cualquier infestación por insectos.

Las almendras con olor a humo provienen generalmente de pequeños lotes de cacao conservados en las cocinas ahumadas de los pueblos, junto a los diferentes productos (carne o pescados) a los que se aplica este método de conservación. La presencia de tales almendras, incluso en número reducido en un lote de cacao, basta para contaminar totalmente este lote y para comunicarle un sabor desagradable. En este caso también los chocolateros se muestran muy recelosos de encontrar este defecto, que al simple examen de las almendras, tal como es practicado habitualmente por los compradores, no permite siempre descubrirlo.

Las almendras enmohecidas son aquellas que tienen crecimientos de mohos, internos visibles a simple vista, en los repliegues de los cotiledones. La presencia de estos enmohecimientos es responsable de un aroma característico (gusto de moho) que se encuentra en los productos fabricados. La almendra enmohecida se va considerado cada vez más como un defecto mayor del cacao. Las exigencias de los usuarios respecto a este defecto, se apoyan aún más en el hecho de que algunos hongos —entre los mohos que aparecen en el cacao y en muchos otros productos alimenticios— pueden secretar micotoxinas nocivas para la salud del consumidor.

Las almendras sobre-fermentadas, las germinadas, las rotas, pueden ser más fácilmente atacadas por los mohos que las sanas. Las condiciones de secado y de almacenamiento son los factores esenciales, puesto que los mohos no se desarrollan cuando el contenido en humedad de las almendras es inferior al 8%, que es el factor crítico.

Las almendras apollilladas, es decir, las atacadas por insectos, deterioran igualmente la calidad del cacao, pero se trata aquí de un defecto mucho menos grave que los precedentes, si se considera sólo su influencia directa sobre los componentes del sabor y del olor del producto acabado. Pero las apollilladas, cuya cáscara no está intacta, son atacadas más fácilmente por los mohos.

Las almendras son altamente higroscópicas y absorben la humedad rápidamente. Si se almacenan almendras con menos de 8% de humedad, estas pueden mantenerse en equilibrio en medios menores de 75% de humedad relativa, por espacio de aproximadamente 5 meses. Se debe controlar que esté la temperatura lo más baja posible. El máximo de humedad en la cual se puede conservar cacao por corto tiempo es de 82%. Las almendras que señalan una humedad promedio de 7%, tendrán en la testa alrededor de 12%, y en el cotiledón cerca de 5% ésta es la condición más adecuada para su conservación.

Cuando la almendra seca es puesta en un medio con 95% de humedad relativa, necesita pocos días (10 días) para alcanzar humedades superiores al 15%. Las almendras comienzan a deteriorarse entonces cuando sube el 8%, lo cual se provoca durante el primer día así expuesto, lo que significa que el cacao no se puede almacenar si no hay buen control de la humedad relativa en la bodega (Figura 25).

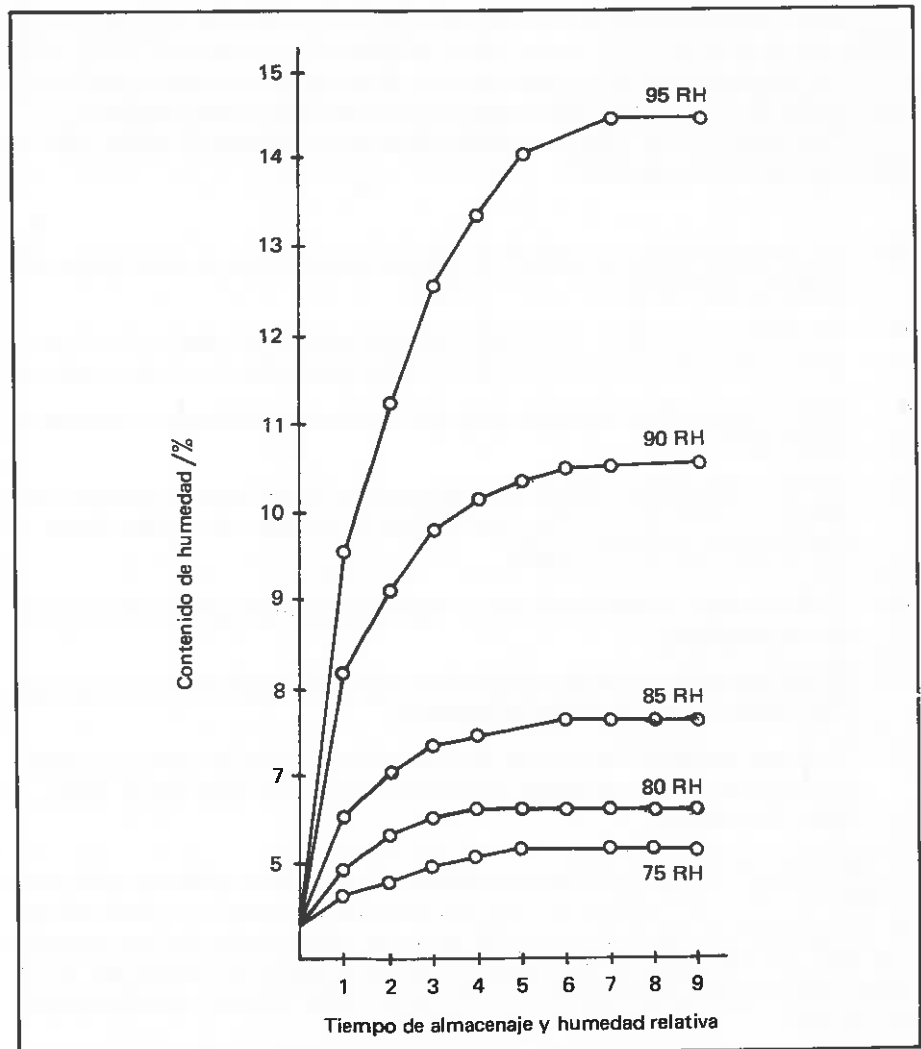


Figura 25. Absorción de humedad por las almendras en humedad ambiental fija.

Hay varios hongos que pueden atacar las almendras, pero entre los más importantes están los del género *Aspergillus*, que generalmente penetran a través del punto del micrópilo, en uno de los lados de las almendras.

Hay muchos insectos que pueden atacar el cacao en almacenamiento, algunos de ellos seguramente llegan del campo. Existen listas largas de insectos encontrados infestando almendras al llegar a puestos de importación. Quizá los insectos más importantes son los que atacan cuando el cacao está almacenado, puesto que éstos son del lugar y están más adaptados y son difíciles de combatir. Entre las polillas, los más importantes pertenecen al género *Ephestia* y entre los escarabajos los de los géneros *Araecerus*, *Tribolium* y *Lisioderma*. Localmente se pueden encontrar otras especies pero de menor importancia. Otros enemigos importantes de considerar en los almacenes son los roedores.

Para combatir las plagas del cacao en el almacenaje se puede usar Bromuro de Metilo, en dosis de 24 g por metro cúbico de almendras por 24 horas ó 32 g por 4 horas, en recipientes herméticamente cerrados. El uso de esta sustancia debe hacerse por personal bien entrenado, puesto que es altamente tóxico y muy peligroso.

Para almacenar el cacao en establecimientos o bodegas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La ubicación debe ser alejada de fuentes permanentes de agua como ríos, acequias, lagunas, etc.
- La construcción debe contemplar cuidadosamente los vientos dominantes, para la aireación y la dirección del sol, para aprovechar la mayor exposición.
- Debe ubicarse a una distancia prudente de otras edificaciones y mantener el área muy limpia.
- Las bases del edificio deben ser impermeables, al igual que las paredes; éstas deben ser internamente lisas, bien pulidas y pintadas con colores claros. El edificio debe ser fácil de limpiar.
- Se deben hacer fumigaciones con la seguridad adecuada para así evitar pérdidas del producto.
- El edificio debe contemplar dispositivos especiales tanto para la fumigación, como para prevenir el ataque de roedores.
- Se deben considerar los medios para controlar el ambiente, como humedad y temperatura. Para esto habrá que tener aparatos de fácil lectura dentro y fuera del edificio.

Para hacer el cálculo del área necesaria para almacenar cacao, se deben contemplar factores como producción total que se quiere almacenar y período máximo de almacenamiento. No es recomendable almacenar cacao por un período mayor de 120 días. La capacidad de almacenaje se calcula teniendo en cuenta que en un metro cúbico caben aproximadamente 900 kg de cacao seco, con un 8% de humedad relativa.

IX Costos y comercialización



PRODUCCION DEL GRANO

Los costos de producción fluctúan de lugar a lugar, pues dependen del precio de muchos de los insumos y, en general, del salario de los obreros de campo. Varían mucho también dependiendo de la habilidad de la mano de obra para ejecutar una tarea y de la herramienta con la cual se ejecute la labor.

Un factor importante en los costos es la competencia de otros cultivos por los fondos. También si la explotación es comercial, de finca grande o familiar, de unidades pequeñas.

Otro factor que debe tomarse en cuenta es la fluctuación de los precios, tanto en insumos como en el mismo cacao; por eso se hace muy difícil generalizar los costos de producción de un kilogramo de cacao. Para poder establecer un costo futuro un poco más real, hay que estimarlo en cada finca y en cada año.

Los costos de preparación de las plantas en el vivero pueden variar de acuerdo al valor de la semilla, disponibilidad de materiales para la infraestructura, cercanía del lugar a las vías de acceso y otros factores que influyen en los costos en forma directa o indirecta.

Algunos agricultores acostumbran sembrar directamente en el lugar definitivo, puesto que ya tienen listo todo, incluso la sombra, evitando así el costo del semillero y el vivero, pero el número de plantas perdidas y la resiembra pueden ser mucho más caros y si se suma el costo del cuidado de las plantas, hacen de ésta una práctica poco recomendable.

Otros agricultores compran las plantas de cuatro a seis meses de edad y las transportan al lugar de la sombra, en ese caso el costo dependerá del transporte y de la facilidad de ese transporte. En algunos lugares, los agricultores deben de viajar en mulas y caballos, por entre ríos y muchas veces tienen que trasladarse a lugares distantes, a varios días de camino, para poder adquirir la planta o la semilla.

Debido a la enorme variación que pueden tener los costos de la operación, se presentan aquí ejemplos de operaciones que pueden realizarse en algunos lugares. En ningún momento se pretende decir que todo esto es lo que hay que hacer, sino que el agricultor o técnico que quiere estimar estos costos deberá seleccionar los trabajos de acuerdo a las circunstancias propias a su localidad y hacer los cálculos reales de acuerdo a sus necesidades. No se presentan los valores de los materiales porque estos también varían mucho y las cantidades que se especifican pueden variar ligeramente; por ejemplo: el costo de un pesticida puede variar de acuerdo a la máquina que se usa, al operario que trabaja, a la intensidad del problema, al número de aplicaciones necesarias, etc.

En el Cuadro 24 se presentan las necesidades para un semillero y un vivero, en el que deben permanecer las plantas por espacio de seis meses, hasta que se pueda trasplantarlas al lugar definitivo; esto dará oportunidad de seleccionar algo el material, para que al campo salgan sólo las mejores plantas, eliminando las raquílicas o mal formadas.

Cuadro 24. Materiales y jornales estimados para un vivero de cacao por hectárea (6 meses).

Actividad	Insumos cantidad	Mano de obra Jornales
Preparación del terreno (1,20x16 m ó 3x8 m) más o menos 25 m²		
Limpia del área		1
Caña de bambú	12 cañas	1
Caña brava	16 cañas	1
Sombra, hojas de palma o plátano	25 ó 50 hojas	1
Bolsas de polietileno 20 x 25 cm con fuelle y perforadas	1200	
Preparación de suelo y llenado de bolsas		4
Superfosfato mezclado al suelo	10 kg	
Siembra		
Semillas de cacao mejorado	1200	0.5
Aserrín desinfectado (lavado o herbido)	2 sacos	0.5
Riegos durante 6 meses		5
Mantenimiento		
Plagas: Malathion 6 veces	120 cc	0.5
Enfermedades: Kocide 6 veces	120 g	0.5
Abono (18-10-6-5) 6 aplicaciones	36 kg	2
Limpieza de malas hierbas y drenajes		2

En estos cálculos no se incluye el valor de las bombas de aspersión y de las herramientas que se deben usar.

El costo de los riegos puede ser también muy variable, debido a que en algunas localidades no es necesario hacerlo y en otras sí; esto dependerá de la disponibilidad o cercanía a la fuente de agua.

Si se quiere calcular el costo de las herramientas y la bomba, se puede estimar como amortización, un 10% del costo de un machete, un palín, un cuchillo y 5% de las bombas o aspersores que se usen.

Si la explotación se realiza en una finca grande, al hacer el cálculo de costos se debe incluir en los jornales las cargas sociales como: seguro social, vacaciones, aguinaldo, días feriados, séptimo día de la semana, etc. Pero en las fincas pequeñas se debe incluir el tiempo que el agricultor invierte en planificar su trabajo.

Las necesidades del establecimiento para el primer año de vida del cacaotal están resumidos en el Cuadro 25, que incluye tanto la mano de obra como los insumos. Durante el primer año, en la preparación del terreno y la implantación del cultivo, es cuando más gastos se realizan. Estos costos varían mucho dependiendo del punto de partida o del estado del terreno para hacer el trabajo; por esta razón,

hemos tratado de estimar las necesidades en base a tres estados del terreno, tales como montaña, potrero o un supuesto frutal o platanal. Puede haber muchísimas otras posibilidades como en un pejibayal, cocotal, bajo palma aceitera o africana, etc., pero con los modelos establecidos, se pueden tomar ideas para hacer los cálculos adecuados con las adaptaciones debidas.

Es importante tener en cuenta el tiempo en que el agricultor hace su planificación. Al momento de planificar, se invierte mucho tiempo en caminos, drenajes, cercas, etc., aunque en las fincas pequeñas, estos factores no son dignos de tomarse en cuenta y en algunas fincas grandes ya están hechos o sus cambios son mínimos.

Cuadro 25. Materiales y jornales estimados por hectárea, para el establecimiento de siembras nuevas de cacao, bajo tres alternativas (Primer año).

Actividades	CACAO EN MONTAÑA	
	Jornales	Insumos
PREPARACION DEL TERRENO		
Planificación	2	—
Socola	7	—
Voltea	11	—
Destronca	5	—
Drenajes, hechura y conservación	10-25	—
Caminos	10-25	—
PLANTACION		
Estaquilla (trazado)	6	1.111 estacas
Hoyado (cacao y plátano)	12	Pala, Palfn, machete 1 c/u
Preparación y curado de semilla plátano		
Siembra: 1) Plátano "semillas", cepas		1.111
2) Cacao, plantas	9	1.111
3) Erythrina o Ingas, plantas		25 - 125
4) Gandúl, maíz o yuca	2	25 lb - 4800 estacas
MANTENIMIENTO		
Combate de malezas - Herbicidas	6	5 kg
Combate de plagas	4	1 bomba mochila
Combate de enfermedades - Fungicidas	4	14 lt.
Poda de sombra permanente	6	
Fertilización al plátano 13-13-20	4	512 kg
Fertilización al cacao 10-30-10	4	368 kg
Fertilización al cacao Nitrate de amonio	1	67 kg
Fertilización al cacao 18-10-6-5	4	334 kg
Insecticida líquido		1 lt
Nematicida G. para plátano		94 kg
Cerca de alambre galvanizado		400 ml
OTROS GASTOS		
Cargas Sociales sobre jornales	35-40 %	
Administración	12-15 %	
Intereses anuales	12-20 %	
Imprevistos	5-10 %	

Continúa...

...Continuación Cuadro 25.

Actividades	CACAO + PLATANO EN POTRERO		CACAO + FRUTALES O MUSACEAS
	Jornales	Insumos	Jornales
PREPARACION DEL TERRENO			
Planificación	1		1
Socla			
Voltea			
Destronca			
Drenajes, hechura y conservación	10		10
Chapea	3		3
PLANTACION			
Estaquilla (trazado)	6		10
Hoyado (cacao y plátano)	24		10
Preparación y curado de semilla plátano			
Siembra: 1) Plátano "semillas", cepas	5	Sombra artificial	
2) Cacao	9	2222 cañas	9
3) Erythrinas o Ingas	3	2222 hojas de plátano o palma	2
4) Gandúl, maíz o yuca	2		2
MANTENIMIENTO			
Combate de malezas - Herbicidas	8	Glisofato 1 gal.	4
Combate de plagas	10		4
Combate de enfermedades - Fungicidas	10		4
Poda de sombra permanente			
Arreglo de cepa y deshija de plátano	15		
Fertilización al plátano - 13-13-20	4		4
Fertilización al cacao - 10-30-10	1		1
Fertilización al cacao - Nitrato de amonio	1		1
Fertilización al cacao - 18-10-6-5	4		4
Insecticida líquido			
Nematicida G. para plátano			
Cerca de alambre galvanizado			
OTROS GASTOS			
Cargas Sociales sobre jornales	35-40 %		35-40 %
Administración	12-15 %		12-15 %
Intereses anuales	12-20 %		12-20 %
Imprevistos	5-10 %		5-10 %

NOTA: No se indican precios de los insumos por cuanto estos varían rápidamente. De igual modo no se indican salarios debido a que estos varían en cada localidad.

En el caso de tener la montaña como punto de partida, las decisiones son muy importantes, pues la selección de árboles de sombra será para todo el tiempo que dure la explotación cacaotera y por lo tanto, es necesario hacer uso de un buen criterio. En ocasiones lo más recomendable es eliminar totalmente la montaña, en cuyo caso hay que hacer una mejor estimación sin tomar en cuenta los datos

presentados aquí, debido a que la explotación de la madera, la repicada del árbol grande, etc., puede hacer variar mucho los costos. En algunos lugares se hacen contratos para la explotación maderera, lo que reduce el costo.

En el caso de partir de un potrero o de un barbecho de otro cultivo, los costos variarán de acuerdo a las especies prevaletientes en el lugar y al estado general del sitio. Seguramente el inicio más económico es aquél de un platanal o un huerto frutal, debido a las condiciones del mismo. En estos casos, la producción de la fruta o del plátano cubre totalmente el costo de iniciación.

En estos cálculos no se han incluido los costos por transporte, pero se debe tener en cuenta, especialmente si el lugar es lejano. También se puede cargar el costo del transporte a cada uno de los rubros o insumos. Igualmente, se debe considerar el costo de las herramientas entre un 10 y un 20% dependiendo del uso y del lugar.

Se supone que los insumos, en su mayoría, son los mismos para los tres sistemas o se les puede añadir algo más, como en el caso del potrero (Cuadro 25).

También se deben calcular las cargas sociales, explicadas anteriormente.

Los costos para el segundo año se presentan en el Cuadro 26 para los tres sistemas patrón. Las recomendaciones para estimar los cálculos del segundo año son, en general, similares a las anteriores. Lógicamente el número de jornales invertidos ha cambiado considerablemente y se considera como etapa de mantenimiento, antes que de establecimiento o producción. Se hace la misma recomendación anterior al considerar los gastos de cargas sociales, administración, etc.

Cuadro 26. Jornales e insumos para la producción de cacao por hectárea en plantaciones nuevas (Segundo año).

Actividades	CACAO EN MONTAÑA	
	Jornales	Insumos
PREPARACION DEL TERRENO		
Poda de formación	2	1 tijera de podar
Deschuponas	6	1 machete
Resiembra de fallas (cacao y sombras)	1	60 plantas
Combate de malezas: rodajas	20	1 pala - machete
Combate de malezas: chapeas, herbicidas	10	5 kg
Fertilización 4 ciclos: 20-10-6-5	2	334 kg
Combate de plagas: Mirex (formicida)	1	2 kg
Combate de enfermedades 6 ciclos: Kocide 101		1,5 kg, bomba mochila
Adherente: Tritón CS 7		150 cc
Mantenimiento de cercas, caminos, drenajes	12	—
Cosecha de gandul, maíz o yuca	5	—
Poda de la sombra permanente	3	—
OTROS GASTOS		
Cargas sociales sobre jornales:	35-40 %	
Administración	12-15 %	
Intereses anuales	12-20 %	
Imprevistos	5-10 %	

Continúa...

...Continuación Cuadro 26.

Actividades	CACAO + PLATANO EN POTRERO		CACAO + FRUTALES O MUSACEAS
	Jornales	Insumos	Jornales
PREPARACION DEL TERRENO			
Poda de formación	2	—	2
Deschuponas	6	—	6
Resiembra de fallas (cacao y sombras)	1	—	1
Combate de malezas: rodajas	20	—	20
Combate de malezas: chapeas, herbicidas	10	Glifosato 1 gal.	10
Fertilización 4 ciclos 20-10-6-5	2	—	2
Combate de plagas: Mirex (formicida)	1	—	1
Combate de enfermedades: 6 ciclos: Kocide 101 Adherente: Tritón CS 7	—	—	—
Mantenimiento de cercas, caminos, drenajes	12	—	12
Cosecha y transporte de plátanos	20	—	—
Deshija y arreglo de la cepa del plátano	21	—	—
Poda de la sombra permanente	1	—	6
OTROS GASTOS			
Cargas sociales sobre jornales:	35-40 %		35-40 %
Administración	12-15 %		12-15 %
Intereses anuales	12-20 %		12-20 %
Imprevistos	5-10 %		5-10 %

Nota: No se indican los precios de los insumos por cuanto estos varían constantemente.
De igual forma no se indican los salarios por su variación en cada localidad.

En el Cuadro 27 se presentan las necesidades de producción. Aquí ya se calculan con los rendimientos de cacao, puesto que el cacao híbrido o cacao mejorado inicia su producción desde el tercer año. Las primeras mazorcas se pueden cosechar desde los 16 - 18 meses de puestas las plantas en el campo. Si el origen de la semilla fuere de cacao corriente, este tercer año también se debería considerar como de mantenimiento, puesto que, en este caso, las primeras mazorcas se cosecharían al cuarto año.

Para este año se inicia la eliminación de la sombra temporal o transitoria, como el plátano y se trata de ajustar la sombra permanente; en este caso los costos varían bastante, dependiendo del lugar.

Durante este año se toman algunas decisiones importantes —como el tipo de fermentado y secado que se debe realizar— por lo que el agricultor o la finca invertirán un buen número de horas/trabajo. Al hacer los planos, los costos de las construcciones y el transporte deberán ser calculados cuidadosamente.

Cuadro 27. Necesidades de producción de cacao por hectárea para plantaciones (Tercer año).

Actividades	CACAO EN MONTAÑA			
	Jornales	Insumos		
Poda de mantenimiento al cacao	4	Serruchos 2 y tijeras		
Deschuponada	5	1 cuchilla		
Resiembra de fallas de cacao (1 pala y 1 palín)	1	20 plantas		
Poda de sombra permanente	6	1 machete		
Combate de malezas con herbicidas de contacto	10	2 kg + 4 lt. sistémico		
Rodajas	5			
Chapias	2.5			
Fertilización 20-10-6-5	4	668 kg		
K - Mag		68 kg		
Combate de plagas y enfermedades				
Insecticida: Myrex	1	2 kg		
Biocida: Bromuro de Metilo (para taltuza)	2	5 lt.		
Fungicida: Kocide 101 u otro cúprico	8	2 kg		
Adherente: Tritón CS 7		150 cc		
Mantenimiento de drenajes y caminos	4			
Cosecha y transporte de musáceas	25	1500 racimos		
Cosecha de cacao (625 kg cacao húmedo, fermentación y secado)	14			
Bomba de mochila		1		
Cajas de fermentación Rohan		3		
Secadora Samoa		1		
Plataforma de secado al sol		1		
Mula para acarreo mazorcas y plátano		1		
Sacos de gangoche		10		
OTROS GASTOS				
Cargas sociales sobre salarios	35-40%			
Administración	12-15%			
Intereses anuales	12-20%			
Imprevistos	5-10%			
	CACAO + PLÁTANO EN POTRERO	CACAO + FRUTALES O MUSACEAS		
	Jornales	Insumos	Jornales	Insumos
Poda de mantenimiento al cacao	4	2	4	2
Deschuponada	5	1	5	1
Resiembra de fallas de cacao (1 pala y 1 palín)	1	2	1	2
Poda de sombra permanente	12	1	8	1
Combate de malezas con herbicidas de contacto	2	2 kg + 4 lt.		2 kg + 4 lt.
Rodajas	5		5	
Chapias	2.5		2.5	
Fertilización 20-10-6-5	4		4	
K - Mag				
Combate de plagas y enfermedades				
Insecticida: Myrex	1		1	
Biocida: Bromuro de Metilo (para taltuza)	2		2	
Fungicida: Kocide 101 u otro cúprico	8		8	
Adherente: Tritón CS 7				

Continúa...

...Continuación Cuadro 27.

Actividades	CACAO + PLATANO EN POTRERO		CACAO + FRUTALES O MUSACEAS	
	Jornales	Insumos	Jornales	Insumos
Mantenimiento de drenajes y caminos	4		4	
Cosecha y transporte de musáceas	25		25	
Cosecha de cacao (625 kg cacao húmedo, fermentación y secado)	14		14	
Bomba de mochila		1		1
Cajas de fermentación Rohan		3		3
Secadora Samoa		1		1
Plataforma de secado al sol		1		1
Mula para acarreo mazorcas y plátano		1		1
Sacos de gangoche		10		10
OTROS GASTOS				
Cargas sociales sobre salarios		35-40 %		35-40 %
Administración		12-15 %		12-15 %
Intereses anuales		12-20 %		12-20 %
Imprevistos		5-10 %		5-10 %

NOTA: Los precios de los insumos no se mencionan por la constante variación; tampoco se indican salarios por los ajustes que se observan por períodos imprevisibles en cada localidad. Hay la modalidad de salario diario, y por contrato. De todas formas se debe considerar el salario mínimo como punto de partida para la confección de presupuestos.

COSTOS DE LOS ELABORADOS

Los costos de producción son estimados de la Fábrica CABSHA, S.A., gentilmente proporcionados por el presidente de dicha empresa.

Año del estudio 1979

Costo del equipo	US\$936.770.00
Costo de las instalaciones	585.480.00
Capital de trabajo para el manejo del grano y la planta en general	936.770.00

El costo para la industrialización del grano de cacao al 8% de humedad o menos y contando con las pérdidas debido a la cáscara, humedad y otros desechos, es de aproximadamente US\$1.29 por kilo hasta la fase de licor, y de US\$1.46 por kilo hasta la obtención de torta y manteca.

Los costos para llegar a un producto final como chocolate o golosina, pueden variar mucho, dependiendo de los ingredientes usados y de la manufactura.

La inversión de la planta en general es de US\$2.927.400 y la maquinaria cuesta aproximadamente US\$1.760.000, proveniente de Alemania e Italia, de casas especializadas como Carle Montanari y de Buhler.

La capacidad de operación de la planta extractora de grasa es de 1.500 kilos por hora de trabajo, con aproximadamente 20 empleados.

COMERCIALIZACION DEL CACAO

En la comercialización del cacao hay dos aspectos muy importantes que el productor debe conocer para que sea más ventajosa. El comercio exterior es el movimiento del cacao entre productores, intermediarios industrializadores y consumidores; y el comercio interior es el de los países productores. Hemos visto lo que hace o puede hacer el productor por aumentar la productividad de las matas de cacao y cómo procesarlo hasta tenerlo seco, listo para la venta, para entonces iniciar la comercialización.

Comercialización interna

Aunque con pequeñas diferencias, la comercialización interna es similar en sus primeros pasos para los países centroamericanos.

Estableciendo tres tipos de productores, pequeños (menos de 20 ha), medianos (de 21 a 100 ha) y grandes (más de 100 ha), el primer paso de venta ocurre entre ellos. El pequeño vende al mediano y al grande, dependiendo de su posición geográfica; y el mediano le vende al grande.

Contando con algún tipo de intermediarios, que se pueden clasificar como intermediarios pequeños, medianos y grandes, tenemos que, tanto el productor pequeño como el mediano, vende o comercializa con los tres tipos de intermediarios y entre ellos se comercializa jerárquicamente, de pequeño a grande. En general el agricultor grande no comercializa con estos intermediarios. El producto llega al final a dos destinos: los exportadores y los industriales. Estos reciben el producto de todas las fuentes, los productores y los intermediarios a todo nivel. Finalmente, la industria recibe también algo del exportador.

Todo este sistema un poco complicado se resume en la Figura 26. En algunos países de poca producción, como Honduras, este sistema no es tan complicado, pero tiende a conformarse en la misma forma. En los últimos años el mercadeo en Nicaragua tiende a planificarse en forma diferente, pero aún no se puede notar mucha diferencia con lo descrito anteriormente.

En 1979, existían en Costa Rica 12 empresas exportadoras del grano que para 1981 se redujeron a tres.

Comercialización externa

La comercialización exterior, fuera del Istmo, se realiza casi toda en Nueva York, pero existen otros centros comerciales como Londres, Hamburgo, Tokio, etc., que también tienen importancia en el ámbito mundial.

A manera de ejemplo, analizaremos un poco más en detalle la Bolsa de Nueva York. Este es un mercado público donde se registran y publican los precios. La Bolsa del Cacao no crea precios, ni es de provecho o perjuicio para la Bolsa algún cambio en los precios; ésta es solamente un lugar donde compradores y vendedores se reúnen personalmente o a través de sus corredores respectivos. El cambio de los precios se produce cuando los compradores están de acuerdo en pagar más por un cacao o en vender a menos del precio establecido en una transacción precedente.

La acción de comerciar es efectuada por un miembro de la Bolsa. Los no miembros pueden traficar abriendo una cuenta con un corredor miembro. Así pues, la Bolsa es verdaderamente una plaza de mercado público, donde cualquier individuo o firma que quiera comprar "futuros" puede efectuar transacciones comerciales. Las personas que hacen negocios en la bolsa son los productores, negociantes,

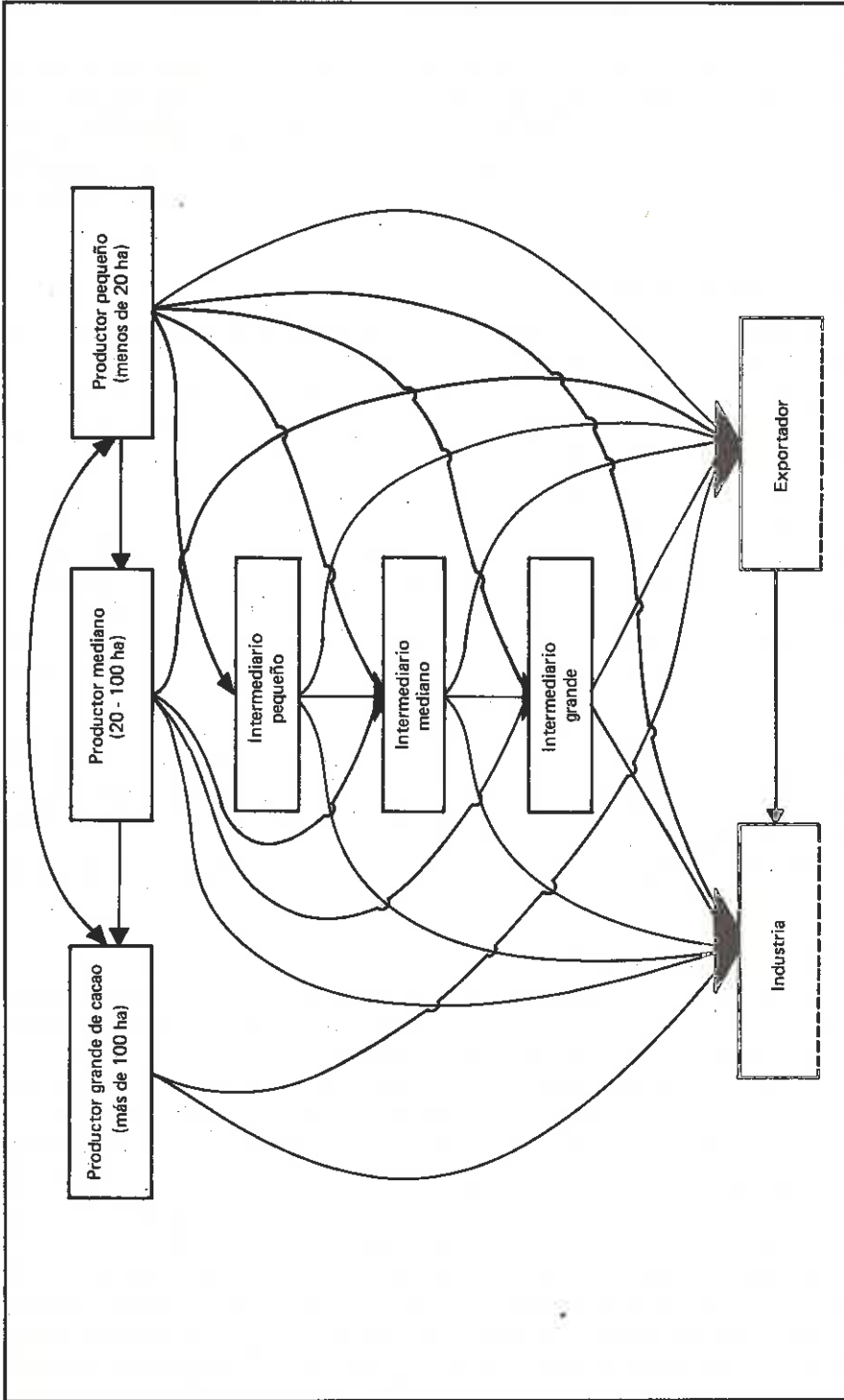


Figura 26. Modelo del sistema de comercialización interna del cacao en grano en Costa Rica, 1981.

fabricantes y especuladores. Las transacciones que se hacen llegan a veces a montos de varios millones de dólares en un solo día.

La bolsa del Cacao es una organización integrada por miembros que mantienen el mercado de los futuros de cacao; sin embargo, no ganan de ningún modo con el cambio de los precios. Mantienen sus posesiones por medio de derechos que pagan los miembros.

La integración de los miembros o socios de la Bolsa es limitada a 183. Cualquiera persona que desee hacerse miembro, tiene que comprar su derecho de socio a un miembro que esté dispuesto a venderlo. Un comité de socios decidirá entonces si el solicitante tiene buen carácter, buena reputación en los negocios y una sólida base financiera. Finalmente, el solicitante es elegido por voto de una junta directiva.

Además de proveer un lugar para traficar, la Bolsa de Cacao publica diariamente todas las transacciones efectuadas, así como los datos e informaciones sobre las cosechas.

Las funciones económicas de la Bolsa son: 1) un amplio mercado de futuros, lo que permite el "hedging" o sea la compensación en el juego de la Bolsa y las operaciones de seguro de precio en gran escala; 2) un "barómetro" seguro o un índice de los valores actuales o futuros; 3) un mercado continuo para futuros, lo que hace del cacao una mercancía "líquida".

La Bolsa de Cacao de Nueva York fue establecida en 1925 para llenar una necesidad vital. Al principio del siglo la producción y el consumo del cacao aumentaron rápidamente. El proceso de trasladar cacao en grano de las partes productoras lejanas a los países consumidores, implica un gran riesgo financiero para cualquiera que comercie con este producto.

Consecuentemente, la necesidad de la creación de un mercado para futuros, similar a lo que ya existía para trigo, algodón y café, se hacía evidente.

Los efectos del alza de los precios del cacao demostraron las consecuencias desastrosas de las atolondradas especulaciones que ocurren cuando compradores y vendedores muy importantes de materias primas, no tienen a su disposición un sistema de Bolsa bien organizado. El cacao llegó a ser un medio de especulación atractivo para personas que ni siquiera tenían un conocimiento especial de este producto. Estos especuladores compraban grandes cantidades de cacao "bajo cubierta", esperando alzas futuras del precio. En consecuencia, los fabricantes de chocolates se vieron forzados a comprar cacao a precios exorbitantes. A medida que mermaban las reservas, los precios subían rápidamente hasta que los bancos dejaron de dar créditos y empezaron a reclamar sus préstamos. Esto forzó a los especuladores a sacar el cacao escondido y a ponerlo al mercado que estaba ya sin compradores. Las pérdidas sufridas por los importadores comerciantes y chocolateros fueron tan grandes como las de los especuladores.

La Bolsa de Cacao fue fundada para prevenir una repetición subsecuente de estos eventos drásticos. Al principio el asunto del mercado de cacao no marchó muy bien. El mayor problema consistía en el establecimiento de un sistema de contratos futuros que permitiera un comercio ilimitado de toda clase de cacao en grano. El sistema que finalmente se adaptó, se basó en unos pocos cacaos modelo, con premios y deducciones en precio sobre los otros tipos. Actualmente, el plan consiste en dar premios al cacao mejor que los modelos y en hacer deducciones a los cacaos que tienen muchos defectos, responsables por su mala calidad.

Las transacciones comerciales en la Bolsa de Cacao de Nueva York son fáciles de ejecutar porque todos los futuros son idénticos, con excepción del precio y el tiempo de entrega. El precio hace parte del contrato cuando se llega a un acuerdo

sobre él, en el momento de la transacción; y el tiempo de la entrega es determinado de antemano por el mismo comprador antes de hacer su orden. El mes en curso o cualquier otro de los 14 meses siguientes pueden ser designados, por un acuerdo entre comprador y vendedor. Cuando un comprador adquiere un contrato futuro, se compromete a comprar en cantidades unitarias de 30.000 lbs (13.608 kg) de cacao en grano, a un precio convenido y en una fecha dada. Por otra parte, al vender un contrato, el vendedor se compromete a hacerlo en unidades o lotes de 30.000 lbs y puede vender en cualquier momento, antes de que venza el contrato, a otro comprador que esté de acuerdo en pagar el precio. Bajo las reglas de la Bolsa, cada comprador de futuros tiene derecho de forzar la entrega y cada vendedor tiene derecho de hacer la entrega y de exigir el precio acordado.

La Bolsa de Nueva York abre diariamente para el comercio entre las 10 a.m. y las 3 p.m., con excepción de los sábados, domingos y días feriados designados.

Los que no son miembros de la Bolsa del Cacao se ven obligados a abrir una cuenta con un miembro o una empresa miembro, que requiere el pago de un depósito (margen).

La unidad de comercio es de 30.000 lbs de cacao en grano y se llama "lote". Es la cantidad más pequeña que se compra o vende en la Bolsa.

La fluctuación mínima que se considera en el comercio de cacao es de 1/100 o centavo de US por libra; es lo que se llama "un punto". Cada cambio reconocido de precio es por consecuencia igual a un valor de US\$3.00 por lote. Así, si el comprador compra un contrato y el mercado sube 10 puntos, éste se gana US\$30.00 por "lote" y si avanza 100 puntos, se gana US\$300.00 por lote o un centavo por libra, cuando vende a otro comprador. A este reglamento se hace una excepción durante los meses "spot", en los cuales los límites no se imponen.

Las siguientes comisiones mínimas han sido establecidas para los no miembros, en transacciones de compra y venta:

PRECIO	COMISION (NO MIEMBROS)
Menos de 10 centavos por libra	US\$35.00 por lote
entre 10 y 14.99	US\$40.00
entre 15 y 24.99	US\$50.00
entre 25 y 34.99	US\$60.00
Más de 35 centavos	US\$70.00

Al comerciante se le informa mediante una factura en el momento de cada transacción de futuros realizada.

El siguiente ejemplo teórico clasifica el procedimiento de una transacción. Un fabricante no miembro de la Bolsa ha abierto una cuenta con un corredor y desea comprar un futuro de marzo. Cuando se abre el mercado, un corredor ofrece "un marzo a 25.50" y otro dice "un marzo a 25.51". El agente se dirige al segundo vendedor y hace su compra antes de que cambie el precio. Aunque no se ha hecho ningún contrato por escrito entre los corredores en la Bolsa, el contrato oral se estima comprometedor y se complementará más adelante por teléfono y por carta. La compra se registra debidamente en una pizarra en la Bolsa y la información se transmite inmediatamente por teléfono.

Las transacciones descritas en el párrafo anterior se llaman "orden de mercado". Otro tipo se llama "orden limitado", es un contrato futuro que solamente se puede comprar si los precios llegan a ciertos niveles. Estas órdenes son solamente

válidas para una sesión, a menos que se hayan marcado específicamente "G.T.C." ("good till cancelled") o sea, bueno hasta cancelado. Un cambio futuro de un mes anterior a un mes posterior se llama "swith" y el único costo para el transaccionista es el pago de la comisión. Cuando un transaccionista compra y vende al mismo tiempo, se dice que ha efectuado un "straddle".

"Hedging" es un procedimiento que ha sido ideado para reducir al mínimo las pérdidas incurridas en el comercio cuando hay fluctuaciones grandes en el precio del mercado. El proceso llamado "hedging" se aplica solamente en un mercado de futuros. No es automático sino que su aplicación exitosa requiere un conocimiento profundo del mercado. Significa tomar una acción protectora. "Hedging" en su esencia comprende la conversión de dinero efectivo a materias primas.

Lo siguiente muestra las principales operaciones en conexión con el proceso llamado "hedging":

La venta de uno o más contratos futuros para disminuir o eliminar la posible baja en el valor de una cantidad de cacao igual, es llamado un "short hedge" y la compra de uno o más contratos futuros para disminuir o eliminar una posible pérdida en que se incurra por una alza en el valor del cacao es para una venta futura un "long hedge".

El "short hedge" protege al comprador contra una baja del precio en el mercado y es ideal para el productor que vende futuros contra su cosecha. De manera similar, protege a los exportadores que venden futuros contra el cacao que ha comprado, esperando un comprador en los países consumidores. También protegen a los chocolateros que venden futuros contra sus compras de cacao, que luego venden en forma de chocolate y otros productos a base de cacao.

Los "long hedge" protegen al productor, exportador, importador y fabricante que quiere asegurarse contra alzas inesperadas en el precio.

Muchos comerciantes están solamente interesados en comerciar con futuros sin que se les entregue el cacao en grano. En este caso, aprovechan las facilidades de almacenes que proveen espacio para esta materia prima y aceptan la entrega de sus compras en forma de una factura de la bodega.

La calidad del cacao se inspecciona por medio de unos clasificadores autorizados, que operan en la Bolsa del Cacao e inspeccionan las muestras de las almendras con un corte longitudinal. El cacao ofrecido por los vendedores debe ser conforme a las exigencias reglamentarias. Cuando la calidad difiere del patrón, el comprador paga un premio o recibe una deducción en el precio ofrecido.

Los casos que sirven de patrón para la norma se aceptan sin premio ni deducción; estos son: Accra (cosecha principal), Bahía, San Tomé (fino), Costa de Marfil (cosecha principal), Costa Rica (fermentado) y Panamá (fermentado). La prima máxima para un cacao en particular es de US\$0.25 por libra y la deducción máxima es de US\$0.01 por libra.

La "New York Clearing House Association, Inc." es una casa de liquidación o una agencia central establecida por la Bolsa de Nueva York, a través de la cual las transacciones de sus miembros son liquidadas y los asuntos financieros ajustados. Sus miembros son en general también socios de la Bolsa de Cacao. Entre otros deberes, la "Clearing House Association, Inc." anuncia la fecha de entrega del cacao.

A través de los mercados mundiales, el cacao se mueve de un país a otro en diferentes formas y proporciones. Para tener una idea de como es el movimiento del producto, se ha adaptado la Figura 27, en la cual se puede ver en porcentaje el movimiento del cacao desde el productor y los lugares de producción. Del total del

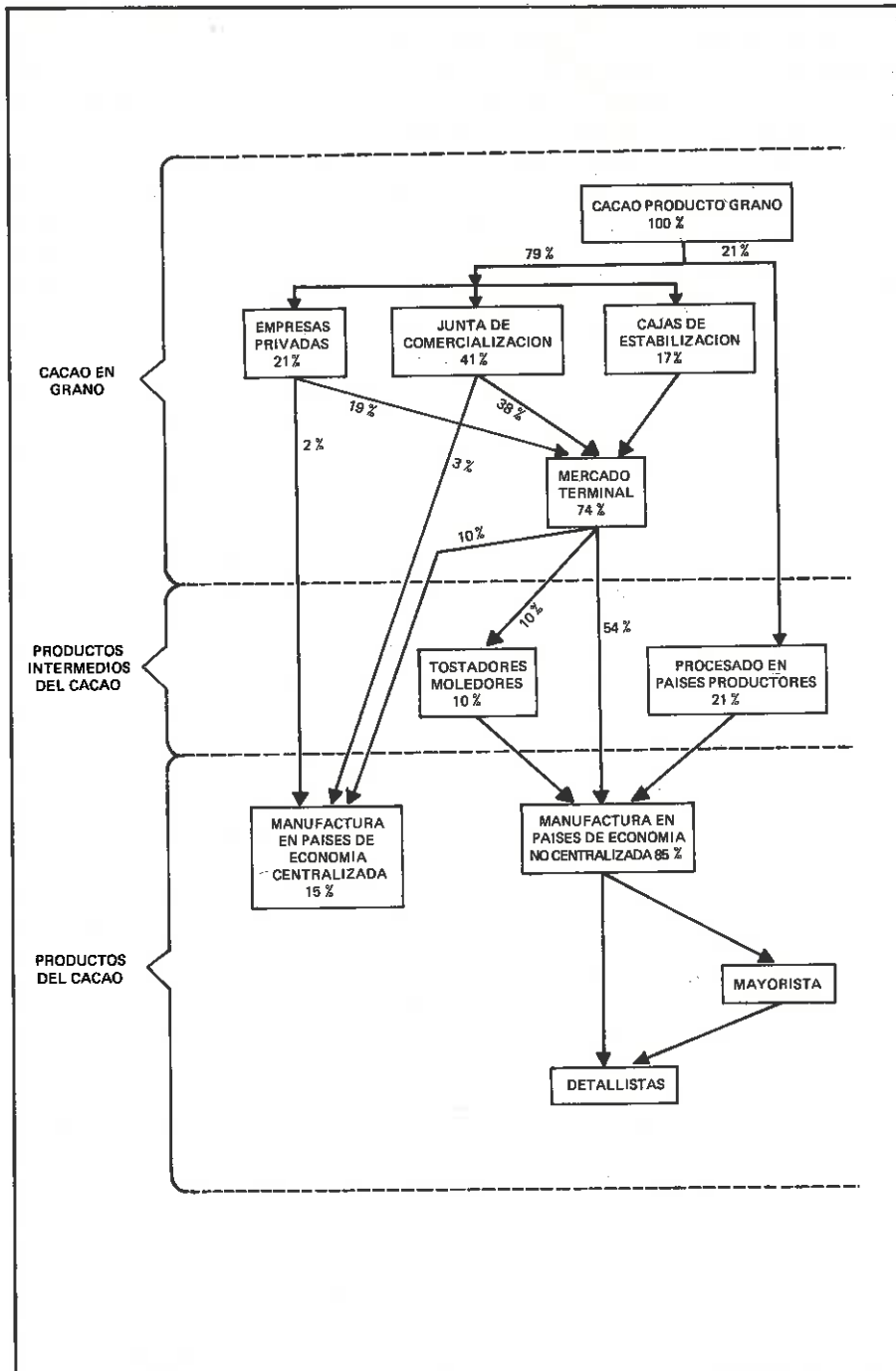


Figura 27. Canales de distribución del cacao en el mercado mundial y porcentajes. Modelo basado en la producción y comercio del año 1972-1973, adaptado de Yeung y Singh.

cacao producido, el 21% se procesa en los países productores; el 79% restante pasa a travez de las empresas privadas (21%), la Junta de Comercialización (41%) y la Caja de Estabilización (17%). Esta caja hace su transacción solamente en el Mercado Terminal, que en total negocia el 74% del cacao del mercado.

Los países de economía centralizada reciben un 2% de las empresas privadas, el 3% de la Junta de Comercialización y un 10% del Mercado Terminal, que hace un 15% que es lo que ellos procesan.

A nivel de productos intermedios del cacao, algunas empresas tostadoras y molidoras procesan un 10% ; los países productores procesan el 21% que viene directamente del productor, sin pasar por otros canales de comercialización.

Finalmente, la manufactura recibe el cacao de los tostadores (10%) del Mercado Terminal (54%) y de los procesadores de los países (21%). Luego del trabajo de la manufactura, éste va a mayoristas y detallistas o directamente de la manufactura a los detallistas, dependiendo si es comercio externo o interno de los países.

Literatura consultada

- ALVIM, P. de T. Nuevos propagadores para el enraizamiento de estacas de cacao. *Cacao (Costa Rica)* 2(47-48):1-2. 1953.
- . y DUARTE, O. Mejores preparaciones hormonales para el enraizamiento de las estacas de cacao. *In Conferencia Interamericana de Cacao, 5a, Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. v.1, Sección "Propagación", Doc. 6. 13 p.*
- . Un método simple para determinar o grau de "aclimatacao" das estacas enraizadas. *In Conferencia Interamericana de Cacao, 6a, Salvador, Bahía, Brasil, 1956. Trabajos presentados. Bahía, Brasil, Instituto de Cacau de Bahía, 1957. pp. 193-195.*
- . El problema del sombreamiento en cacao desde el punto de vista fisiológico. *Conferencia Interamericana de Cacao. Palmira, Colombia. 7:294-303. 1958.*
- . Un procedimiento simple para conservar el poder germinativo de las semillas de cacao. *In Conferencia Interamericana de Cacao, 7a, Palmira, Colombia, 1958. Trabajos presentados. Bogotá, Ministerio de Agricultura, 1960. pp. 277-282.*
- . KOSLOWSKI, T. T. *Ecophysiology of Tropical Crops. New York. Academic Press. 1977. 502 p.*
- ANONIMO. Reproducción del cacao por estacas. *Agricultor Venezolano* 18(165):34-35. 1953.
- ANONIMO. *The Story of Chocolate. The Chocolate manufacturers Association of the USA. s.l., s.e., c 1960. 31 p.*
- ARCHIBALD, J. F. Vegetative propagation. *In West African Cocoa Research Institute. Annual report, 1954-55. Tafo, Gold Coast, 1955. pp. 76-77.*
- ASCENSO, C. J. Cacao budding in Sao Tomé. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 45(4):323-329. 1968.
- BAHAUDIN, J., MAULUD, R. A. y HAMBALLI, A. Evaluation of several mature budding techniques of cocoa. s.n.t. pp. 1-10. Presentado en *Internacional Conference on Cocoa and Coconuts, 1984.*
- BARROS, O. Cacao. Instituto Colombiano Agropecuario. *Manual de Asistencia Técnica No. 23. 1981. 286 p.*
- BARTLEY, B. G. D. Recent advances in genetics, selection, plant improvement and propagation. *In Conferencia Interamericana de Cacao, 7a, Palmira, Colombia, 1958. Trabajos presentados. Bogotá, Ministerio de Agricultura, 1960. pp. 521-523.*
- BOWMAN, G. F. Propagación del cacao por estacas. *Cacao (Costa Rica)* 2(9):1-6. 1950.
- BRAUDEAU, J. *El Cacao. Trad. por A.M. Hernández. Editorial Blume, Barcelona. 1975. 297 p.*

- BURGOS L., J. A. Propagación vegetativa del cacao por los métodos de injerto y de estacas enraizadas. Perú, Estación Experimental Agrícola de Tingo María, Circular de Extensión No. 49. 1954. 17 p.
- CABRERA VILLA, L. y SOTO ROSALES, J. La miel de abeja en la propagación vegetativa del cacao. Agricultura Técnica en México 2(1): 18-20. 1962.
- CACAO STATISTICS. 1981. London. Gill and Duffus Group. 1981. 40 p.
- CADBURY BROTHERS, Ltd. The Samoan Cacao Drier, British Cameroons. Bournville, England. 1957. 24 p.
- CALDERON MEDINA, Z. Comparación de dos tipos de injerto en cacao. Tesis Esp. Cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1950. 30 p.
- CERDAS S., M. Finca experimental La Lola. Sistema de propagación del cacao. In Seminario sobre Cultivo del Cacao, Limón, Costa Rica, 1977. Trabajos presentados. Limón, Costa Rica, Ministerio de Agricultura. Centro Agrícola Regional del Atlántico. 1977. 5 p.
- . Propagación del cacao por medio de semillas injertos, estacas y acodos. In Seminario sobre cultivo del cacao, Limón, Costa Rica, 1977. Trabajos presentados. Limón, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Agrícola Regional del Atlántico, 1977. 6 p.
- CHESSMAN, E. E. The vegetative propagation of cacao. Tropical Agriculture (Trinidad) 12(9):230-246. 1935.
- . y SPENCER, G. E. L. The propagation of cuttings in tropical climates. Tropical Agriculture (Trinidad) 13(8):201-203. 1936.
- COOPER, W. C. and STOUTEMYER, V. T. Suggestions for the use of growth substances in the vegetative propagation of tropical plants. Tropical Agriculture (Trinidad) 22(2): 21-31. 1945.
- COPE, F. W. The mechanisms of pollen incompatibility. Heredity 17(2):157-182. 1962.
- . The effects of incompatibility and compatibility on genotypes proportions in populations of *Theobroma cacao* L. Heredity 17(2):183-195. 1962.
- CUATRECASAS, J. Cacao and its allies, a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. U. S. National Herbarium. Contributions 36(6):379-614. 1964.
- DADAILLE, B. Post budding treatment of cacao seedlings. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1950. 30 p.
- DESROSIERS, R. y BUCHWALD, A. VON. El control de enfermedades en los propagadores de cacao. In Conferencia Interamericana de Cacao, 4a, Guayaquil, Ecuador, 1952. Trabajos presentados. Guayaquil, Ecuador, Empresa para Renovación de Cacao, 1952. 4 p.
- DE VERTEUIL, L. L. Cacao cuttage in the Western Hemisphere. Turrialba, Costa Rica. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. Miscellaneous Publication No. 8. 1956. 24 p.
- DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejidos vegetales e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica. 1978. 68 p.
- ENGELS, M. M., BARTLEY, B. G. D. y ENRIQUEZ, G. A. Cacao descriptors, their status and modus operandi. Turrialba (Costa Rica) 30(2):209-218. 1980.
- ENRIQUEZ, G. A. y SORIA V., J. Cacao Cultivars Register. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1967. 550 p.
- . y SORIA V., J. The variability of certain bean characteristics of cacao *Theobroma cacao* L. Euphytica 17(1):114-120. 1968.
- . y CABANILLA, H. Estudios de compatibilidad en cacao híbrido *Theobroma cacao* L., en una hacienda de Ecuador. In Cacao Research Conference, 3o., Accra, 1969. pp. 560-564.
- . y ALARCON, M. E. The nature of self-incompatibility. A Literature review. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 27 p.

- ENRIQUEZ C, G. A. y SORIA V., J. Mejoramiento genético para resistencia a cinco enfermedades de cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 35 p. (Documento presentado en la Sexta Conferencia Internacional sobre Investigaciones en Cacao. Caracas, Venezuela, 6-12 noviembre 1977).
- _____ y SUAREZ, C. Monilia disease of cacao in Costa Rica. Turrialba (Costa Rica) 28(4):339-340. 1978.
- _____ y PAREDES, A. Posibilidades del cultivo de cacao en las zonas de Siuna y Río Blanco en Nicaragua. Informe de Consultoría presentado a la Tahal Consulting Engineers Ltd. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1979. 209 p.
- _____ y PAREDES, A. Curso sobre el cultivo del Cacao. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1979. 125 p.
- _____. Mejoramiento en Cacao (*Theobroma cacao* L.). Mesa Redonda sobre el cacao, PROCACAO, Guayaquil, Ecuador. 1980. 17 p. (Mimeografiado).
- _____ y MARTINEZ, A. Bibliografía anotada. In La sombra para el Cacao. CATIE, Serie Técnica, Boletín Técnico No. 5. 1981. pp. 42-93.
- _____ ed. La Moniliasis del Cacao. Compendio de los trabajos presentados en el Seminario, llevado a cabo en el CATIE. Turrialba. 1980. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 28. 1982. 93 p.
- _____. El cultivo del cacao. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Departamento de Producción Vegetal, 1983. pp. 86-89.
- ERICKSON, A. L. Propagación por estaca. In Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Servicios Técnicos de Café y Cacao. Manual del curso de cacao. Edición provisional. Turrialba, Costa Rica, 1957. pp. 65-90.
- _____. Propagación por injerto y otros métodos. In Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Servicios Técnicos de Café y Cacao. Manual del curso de cacao. Edición provisional. Turrialba, Costa Rica, 1957. pp. 91-101.
- ESAN, E. B. Seasonal occurrence *in vitro* of rhizogenesis in anther cultures of *Theobroma cacao* L. and the Herrania (Sumario). In International Congress of Plant Tissue and Cell Culture, 5th, Tokyo, 1982. Programme and Abstracts. Tokyo, International Association for Plant Tissue Culture, 1982. p. 210.
- ESCAMILLA S., G., PAREDES, L. A. y BUCHWALD, A. Propagación del cacao-métodos y problemas. Boletín Informativo del Cacao (Turrialba) 1(14): 1-2; (15):2-3; (16):3-4; (17):2-4. 1948. 1949.
- EVANS, H. Investigations on the propagation of cacao. Tropical Agriculture (Trinidad) 28(7-12): 147-203. 1951.
- _____. Physiological aspects of the propagation of cacao cutting. In International Horticultural Congress, 13th, London, 1952. Report. London, Royal Horticultural Society, 1953. v.2., pp. 1179-1190.
- _____. Recent investigations on the propagation of cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1945-1951. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 29-37.
- _____. Síntomas de desnutrición en Cacao. Cacao (Costa Rica) 2(40-42):1-2. 1953.
- FIESTER, D. R. Un propagador de alta humedad para enraizamiento de estacas. Turrialba 1(3): 146-149. 1951.
- GARCIA F. Ensayo comparativo entre pergamino de café y aserrín de madera como medios de enraizamiento para estacas de cacao. In Conferencia Interamericana de Cacao, 5a, Turrialba, Costa Rica, 1954. Trabajos presentados. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. v.1., Sección "Propagación", Doc. 32, 3 p.
- GLENDINNING, D. R. Incompatibility alleles of cacao. Nature 213(5073):306. 1967.
- GORREZ, D. D. The flower biology, morphology and pollinating and crossing habits of cacao. Philippine Agriculturist 46(4):288-302. 1962.

- GUERRA PALACIOS, O. Ensayo de acodos sobre ramas de *Theobroma cacao* L., tratados con hormonas. Tesis Esp. Cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1951. 47 p.
- . Centro de propagación No. 3, Naranjal, Prov. del Guayas. In Conferencia Interamericana de Cacao, 4a, Guayaquil, Ecuador, 1952. Trabajos presentados. Guayaquil, Ecuador, Empresa para Renovación de Cacao, 1952. 4 p.
- GUTIERREZ C., H. Instructivo para el cultivo de cacao en Colombia. Manizales, Colombia, Chocolatería Luker. Departamento de Fomento. 1974. 52 p.
- HALL C., J. L. van. Cacao. 2o. Ed. London. MacMillan. 1932. 514 p.
- HARDY, F. Manual de cacao. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961. pp. 137-185
- . Report on a visit to the riverine belt of Ecuador. Turrialba, Costa Rica. Interamerican Institute of Agricultural Sciences. 1961. 439 p.
- HART, J. H. Cacao: a manual on the cultivation and curing of cacao. London. Duckworth and Co. 1911. pp. 44-51.
- HARTMANN, H. T. y KESTER, E. D. Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad. por A. Marino A., La Habana, Instituto Cubano del Libro, 1972. pp. 339-526.
- IBAÑEZ, M. L. The cultivation of cacao embryos in sterile culture. Tropical Agriculture (Trinidad) 33(3): 233-237. 1956.
- JOLLY, A. L. Clonal cuttings and seedlings of cocoa. Tropical Agriculture (Trinidad) 41(4): 325 - 328. 1964.
- JONES, P. O. y HOPGOOD, M. E. *Theobroma cacao* (Amelonado seedlings) (Sumario). In East Malling Research Station. Report for 1979. Maidstone, England, 1980. p. 189.
- . y HOPGOOD, M. E. Propagation of *Theobroma cacao* (Amelonado seedlings). (Sumario). In East Malling Research Station. Report for 1980. Maidstone, England, 1981. p. 146.
- JORGENSEN, H. Monilia pod rot of cacao in Ecuador. Cacao (Costa Rica) 15(4):4-13. 1970.
- KNIGHT, R. y ROGERS, H. H. Incompatibility in *Theobroma cacao* L. Heredity 9(1):69-77. 1955.
- LAWRENCE, H. S. Las enfermedades del cacao y su control. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 5 p.
- LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1968. 487 p.
- LLANO GOMEZ, E. Cultivo del cacao. 2 ed. Bogotá, Colombia, Ministerio de Economía Nacional, 1947. pp. 67-68.
- LOPEZ, N., A. S. y AGUIRRE, J. A. Análisis económico de los costos de replantación de cacao. IICA. Publicación Miscelánea No. 88. 1971. 24 p.
- LOPEZ BAEZ, O. y SANDOVAL GALLARDO, A. Los sistemas de producción de cacao en la región del Soconusco, Chiapas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Sur, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, 1978. pp. 38-39, 75, 110-111.
- LOPEZ B., O. Revisión de Literatura sobre la incompatibilidad en cacao. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1982. 14 p.
- MALINS-SMITH, R. K. The pit method of rooting cacao. In Conferencia Interamericana de Cacao, 5a, Turrialba, Costa Rica, 1954. Trabajos presentados. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. v. 1, Sección "Propagación", Doc. 8, 4 p.
- MALIPHANT, G. K. y WALMSLEY, D. The use of fertilizers in cacao cultivation in the Western Hemisphere. Rep. Cocoa Conference. London, 1961. 1962. pp. 115-118.

- MARTINEZ, A. y ENRIQUEZ, G. La sombra para el Cacao. CATIE. Serie Técnica. Boletín Técnico No. 5. 1981. 41 p.
- McKELVIE, A. d Rooting cocoa cuttings under polythene. *In* Cocoa, Chocolate and Confectionery Alliance, Ltd. Report of the Cocoa Conference, 1957. London, 1958. pp. 51-52.
- MOLL, E. R. The pot rooting technique of cacao propagation. *In* Conferencia Interamericana de Cacao, 6a, Salvador, Bahía, Brasil, 1956. Trabajos presentados. Bahía, Brasil, Instituto de Cacau da Bahía, 1957. pp. 221-229.
- MONTSERIN, B. G. Subsidised rehabilitation with clonal cocoa. *In* Cocoa, Chocolate and Confectionary Alliance, Ltd. A report of a Conference on Cacao, 1950. London, 1950. pp. 31-37.
- MORA CONTRERAS, L. A. Estudios de las mejores mezclas hormonales para el enraizamiento de estacas de cacao. *Agro (Venezuela)* 10(41):49-57. 1956.
- MORENO P., L. J. ZULETA C., L. y LAURENT, A. Manual para el cultivo del cacao. Medellín, Colombia. Compañía Nacional de Chocolates. 1968. 127 p.
- MORENO, P., L. J. Propagación vegetativa del cacao. *Cacaotero Colombiano* No. 6:9-18; No. 7:12-25. 1978.
- MUÑOZ, O., J. M. Estudios cromosómicos en el género *Theobroma* L. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1948. 43 p.
- MURRAY, D. B. Un resumen de investigaciones sobre fisiología del cacao, que se lleva a cabo en el Colegio Imperial de Agricultura Tropical. *In* Conferencia Interamericana de Cacao, 4a, Guayaquil, Ecuador, 1952. Trabajos presentados. Guayaquil, Ecuador, Empresa para Renovación de Cacao, 1952. 15 p.
- . y BRIDGE, C. J. R. A comparison of various methods of rooting cacao cuttings. *In* Conferencia Interamericana de Cacao, 4a, Guayaquil, Ecuador, 1952. Trabajos presentados. Guayaquil, Ecuador, Empresa para Renovación de Cacao, 1952. 15 p.
- . Cacao nutrition. *In* Childers, N. F., ed. Nutrition of fruits temperate, sub-tropical, tropical. 2nd. ed. Somerville, New Jersey, 1966. pp. 229-251.
- NAUNDORF, G. Contribución a la propagación vegetativa de cacao (*Theobroma cacao* L.) por estacas; ensayos comparativos entre los diversos métodos. Palmira, Colombia, Estación Agrícola Experimental. *Notas Agronómicas* 3(2):155-156. 1950.
- O'ROURKE, F. L. S. y VILLAFUERTE, J. Hoyo de propagación "Bolívar". Ecuador, Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura y la Dirección Técnica de Agricultura. *Horticultura* No. 7. 1955. 6 p.
- PACHECO C., R. A. Tratamientos posteriores al injerto de cacao en chupones basales. Tesis Esp. Cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1950. 36 p.
- . Centro de Propagación No. 1, Hacienda "La Julia", Babahoyo, Los Ríos, Ecuador, *In* Conferencia Interamericana de Cacao, 4a, Guayaquil, Ecuador, 1952. Trabajos presentados. Guayaquil, Ecuador, Empresa para Renovación de Cacao, 1952. 3 p.
- PANDEY, K. K. Incompatibility system in *Theobroma cacao* *American Naturalist*. 94(878):379-381. 1960.
- PAREDES, P., L. A. El injerto de cacao. Tesis Esp. Cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1949. 31 p.
- . y WHITE, S. S. Un sumario sobre el estudio de medios de enraizamiento para cacao. *In* Conferencia Interamericana de Cacao, 4a, Guayaquil, Ecuador, 1952. Trabajos presentados. Guayaquil, Ecuador, Empresa para Renovación de Cacao, 1952. 1 p.
- PEREZ, J. O. Experimentos comparativos entre siete medios de enraizamiento para estacas de cacao. *Cacao en Colombia* 3:75-91. 1954.
- POUND, F. J. Criteria and methods of selection in cacao. *In* Imperial College of Tropical Agriculture. Second Annual Report on Cacao Research, 1932. Port-of-Spain. Trinidad. 1933. pp. 27-29.

- POUND, F. J. Notes on the budding of cacao. *In* Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad). Annual report on cacao research 4:3-7, 1934. St. Augustine, Trinidad, 1935.
- _____. The significance of budding and grafting cacao and of producing rooted cuttings. Agricultural Society of Trinidad and Tobago. Proceedings 43:65-74. 1943.
- PRIOR, C. Vascular streak dieback disease of cacao. Hong Kong, Progressive Printing Agency. sf., s.p.
- PYKE, E. E. Cacao propagation; the vegetative propagation of *Theobroma cacao* by softwood cuttings. Tropical Agriculture (Trinidad) 8(9):249. 1931.
- _____. The vegetative propagation of cacao. I. A survey of possibilities. *In* Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad. Annual report on cacao research, 1931. St. Augustine, Trinidad, 1932. pp. 4-9.
- _____. The vegetative propagation of cacao. IV. Propagation by softwood cuttings under estate conditions. *In* Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad. Annual report on cacao research, 1933. St. Augustine, Trinidad, 1934. pp. 4-11.
- RENDON ARAUJO, P. Influencia de las estaciones y del estado sobre el enraizamiento de estacas de cacao. *Acta Agronómica* 3(2):123-148. 1953.
- ROHAN, T. A. Processing of raw cacao for the market. FAO Agricultural Studies No. 60. 1963. 207 p.
- ROSAND, F. P. C. *et al.* A dubacao do cacauero. *Cacau Atualidades* 3(1-2):8-9, 6-7. 1966.
- RUIZ E., J. Centro de propagación de cacao No. 4, "Rocafuerte", Prov. de Guayas. *In* Conferencia Interamericana de Cacao, 4a, Guayaquil, Ecuador, 1952. Trabajos presentados. Guayaquil, Ecuador, Empresa para Renovación de Cacao, 1952. 5 p.
- SHEPHERD, R., CHONG, C. F. y TAYLOR, J. G. Experiencias with nursery budgrafting on cocoa estates in Malaysia. *Cocoa Growers' Bulletin* No. 32:20-29. 1981.
- SMYTH, A. J. How useful is soil chemical analysis? *Cocoa Growers' Bulletin* 6:7-11. 1966.
- _____. La selección de suelos para cultivo del cacao. (FAO). Boletín sobre suelos No. 5. 1967. 77 p.
- SORIA V., J. El mejoramiento del cacao. *In* Manual del Cacao. Comp. y Ed. por F. Hardy. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961. pp. 358-380.
- _____. Obtención de clones de cacao por el método de índice de selección. *Turrialba* 16(2):119-124. 1966.
- _____. y PAREDES, A. Renovación bajo plantaciones viejas de cacao. Conferencia Internacional de Investigaciones en Cacao. 2a., Salvador e Itabuna, Bahía, Brasil, 1967. Memorias. 1969. pp. 365-368.
- _____. Las teorías genéticas de la incompatibilidad en cacao. *In* Curso Internacional de Cacao. Itabuna, Bahía, Brasil. Oct. 4 a nov. 15. 1970. 14 p. (Mimeografiado).
- _____. The latest cocoa expedition to the Amazon Basin. *Cacao (Costa Rica)* 15(1):5-15. 1970.
- _____. Recent cocoa collecting expeditions. *Crop Genetic Resources for today and tomorrow. International Biological Programme (Great Britain)* 2:175-179. 1975.
- _____. The breeding of cacao *Theobroma cacao* L. *Tropical Agriculture Research Series* No. 11. 1978. pp. 161-168.
- STOUTEMYER, V. T. Talc as a carrier of substances inducing root formation in softwood cuttings. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 36:817-822. 1939.
- SUAREZ, C. Estudio del mecanismo de penetración y del proceso de infección de *Monilia rozeri* Cif. y Par., en frutos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Ing. Agr. Ecuador. Universidad de Guayaquil. Facultad de Agronomía y Veterinaria. 1971. 59 p.

- TOLLENAR, D. Field symptoms of boron deficiency in cocoa. *Cocoa Growers' Bulletin* 8:15-18. 1967.
- TOPPER, B. F. A new method of vegetative propagation for cocoa. *World Crops* 9(1):38-39. 1957.
- . The budding of cocoa and rooting of scionling. *In Conferencia Interamericana de Cacao, 7a, Palmira, Colombia, 1958. Trabajos presentados. s.n.t. Doc. 23, 7 p.*
- TROJER, H. El clima y el desarrollo de la producción de cacao en la finca "La Lola" Cacao (Costa Rica) 13(4):1-9. 1968.
- TUKEY, H. B. Stock and scion terminology. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 35:378-392. 1937.
- URQUHART, D. H. Cacao. Trad. Juvenal Valerio. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1963. 322 p.
- VELAZQUEZ, B. R. El injerto en el *Theobroma cacao* L.; método económico para la renovación de plantaciones viejas. *Suelo Tico (Costa Rica)* 4(18-19):87-89. 1950.
- VENEGAS R., F. Controle las malezas en cacao. Pichilingue. Ecuador, Estación Experimental. Boletín Divulgativo No. 99. 1978. 8 p.
- VERTEUIL, L. L. de y MOLL, E. R. Rehabilitation for the future. VII Inter-American Cacao Conference. Trinidad and Tobago. 1960. pp. 42-48.
- WALKER, C. Notes on the botany of cacao. *Agricultural Journal (Fiji)* 29(2-3):56- 7, 59, 61. 1959.
- WELLENSIECK, S. J. Flower-biological observations with cacao. *Archiefvoor de Koffeekultuur* 6(2):87-101. 1932.
- WILLIAMS, W. Principios de genética y mejora de plantas. Trad. H. M. Moll. Zaragoza, España, Acribia. 1965. pp. 226-250.
- ZAVALA GANGOTENA, C. Algunas notas sobre los trabajos de la empresa para renovación de cacao, C. A. *In Conferencia Interamericana de Cacao, 4a, Guayaquil, Ecuador, 1952. Trabajos presentados. Guayaquil, Ecuador, Empresa para Renovación de Cacao, 1952. 6 p.*

Esta publicación ha sido producida por el Proyecto de Capacitación Agropecuaria en su área de Producción de Medios Educativos, con la contribución del Departamento de Producción Vegetal del CATIE.

Editor gráfico:
Jaime Rojas Hetebrügge, M.S.

Composición de textos: Hilda Jiménez de Calvo

Artes finales: Mauricio Argueta R.

Impresa en Litografía e Imprenta LIL, S.A.
Edición de 2000 ejemplares
Se terminó de imprimir en el mes de junio de 1985