

18. WILLEY, R.W. The use of shade in coffee, cocoa and tea. Horticultural Abstracts 45(12):791-798. 1975.
19. ZAFFARONI, E.; ENRIQUEZ, G.A. Asociación de cultivos perennes; una alternativa de diversificación en áreas tropicales para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 17 p.

Proceeding in : Avances de investigación Agroforestal CATIE / GTZ
SERIE TECNICA, INFORME TECNICO 147, 1989 pp. 155-175

ASOCIACIONES ENTRE CACAO (*Theobroma cacao*) Y ARBOLES DE SOMBRA EN EL SUR DE BAHIA, BRASIL

P. Cabala Rosand*
M. Santana*
A. Cadima Zevallos*

RESUMEN

Se hace una revisión de la información sobre combinaciones de *Theobroma cacao*-árboles de sombra en el sur de Bahía, Brasil. Se presentan las principales especies de árboles de sombra, después de una descripción de las características climáticas y del suelo del área. Se discuten datos con respecto a la producción de biomasa y al ciclo de nutrimentos para la asociación de *T. cacao-Erythrina* spp. Se deducen inferencias prácticas para el manejo de plantaciones de *T. cacao* de la consideración de los modelos del ciclo de nutrimentos, y se presenta un sistema de fertilización recomendado recientemente.

INTRODUCCION

Originario de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco, el árbol de cacao (*Theobroma cacao*) fue introducido en la parte sur de Bahía por el año 1850 (2), allí encontró condiciones edafo-climáticas favorables así como también la ausencia de algunos enemigos naturales que se presentaban en su habitat natural, lo que facilitó la expansión del cultivo. En la última

* Centro de Investigación del Cacao, Ilhéus, Bahía, Brasil.

década este cultivo se extendió a diferentes áreas de la Amazonía Brasileña, pero la mayoría de las plantaciones y producción de semillas son encontradas en la parte sur de Bahía donde actualmente existen más de 600.000 ha (37).

Dado que *T. cacao* es un componente de un estrato intermedio del bosque en su habitat original, el método "Cabruca", que consiste en la corta parcial de árboles o raleo de los bosques nativos, fue adaptado como método tradicional para el establecimiento de nuevas plantaciones. Un número variable de árboles son mantenidos como sombra definida. Este método permite un espaciamiento irregular entre plantas y muy frecuentemente se encuentra más de una planta por agujero debido al uso de varias semillas durante la plantación directa. A manera de protección, durante la fase de desarrollo los nuevos árboles de *T. cacao* son asociados con plantas de banano (*Musa cvs.*) o yuca (*Manihot esculenta*).

En relación a lo que sucedió en las regiones productivas de Africa occidental (Ghana y Nigeria), *T. cacao* en el sur de Bahía ha sido establecido predominantemente sobre suelos con fertilidad natural de mediana a alta indicando una mayor exigencia de este cultivo en relación a otros cultivos perennes de los trópicos, tales como la palma aceitera africana (*Elaeis guineensis*) y el árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*).

En los últimos 15 a 18 años se han desarrollado nuevos sistemas de producción para incrementar la productividad. Estos sistemas incluyen fertilización asociada con la eliminación de sombra excesiva, así como también el uso de germoplasma adaptado para nuevas plantaciones de *T. cacao*. En estas nuevas plantaciones se han reducido los espaciamientos entre los árboles de *T. cacao*, y se están usando árboles leguminosos del género *Erythrina* como sombra definida.

Este documento presenta algunos resultados de experimentos hechos en el sur de Bahía, que examinaron las ventajas del uso de asociaciones de *T. cacao* - árboles de sombra, particularmente con respecto a la conservación de nutrimentos en el agroecosistema, y criterios para establecer recomendaciones al fertilizar.

CONDICIONES AMBIENTALES

La región con *T. cacao*, localizada en la parte sur de Bahía, en el noreste de Brasil, está situado entre la costa y los 41°30' longitud oeste y entre 13° y 18°30' latitud sur (Fig. 1).

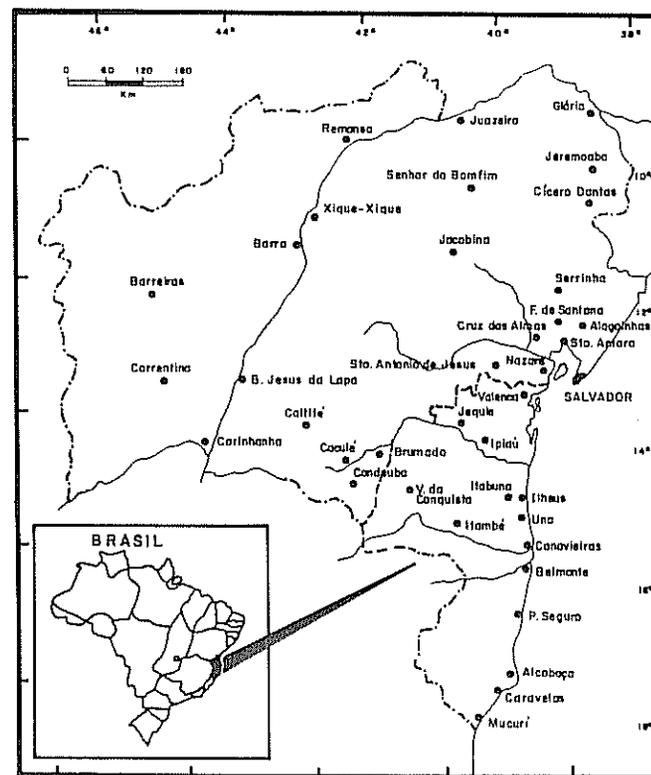


Fig. 1. Localización de la región cacaotera en el sur del estado de Bahía, Brasil

Clima y vegetación

De manera similar a la mayoría de las regiones tropicales, la temperatura es relativamente uniforme durante el año con un promedio de 24°C (promedio de 26°C durante el verano y nunca menor de 18°C durante los meses invernales) (36). La distribución de las lluvias, constituye el principal parámetro usado para diferenciar los climas tropicales para propósitos agrícolas, permite la diferenciación de dos sub-regiones. Una está cercana a la costa con precipitaciones de más de 1000 mm bien distribuidos durante el año y definiendo un "Udic hydric" régimen del suelo (28). La otra sub-región, la cual comienza entre 40 a 60 km de la costa, tiene una diferencia marcada entre períodos húmedos y secos, con precipitaciones anuales menores de 750 mm. En estas circunstancias prevalece un régimen "Ustic" del suelo (28, 36).

Aunque se han descrito en esta área 10 tipos diferentes de vegetación, existe una predominancia de bosque higrófilo perennifolio (bosque

lluvioso) y bosque tropófilo, lo que muestra una estrecha correlación con la distribución de las lluvias, como ha sido descrito para otras regiones tropicales (28).

Suelos y uso de la tierra

Existe una gran variedad de tipos de suelos, incluyendo nueve de los órdenes considerados en el sistema de clasificación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (35). Entre estos suelos, unidades clasificadas como Alfisols, Inceptisols y Ultisols (Cuadro 1), con saturación de bases mayor del 30%, han sido usados tradicionalmente para el cultivo de *T. cacao*. Generalmente estos suelos son derivados de rocas intermedias y básicas, y presentan una fertilidad de mediana a alta.

Cuadro 1. Suelos tradicionales usados para *Theobroma cacao* en el sur de Bahía, Brasil (34)

Orden	Suborden	Grupo	Subgrupo	nombre regional*
Alfisol	Udalf	Tropudalf	Typic Tropudalf	CEPEC modal
Alfisol	Udalf	Tropudalf	Typic Tropudalf	Itabuna modal
Alfisol	Udalf	Tropudalf	Lithic Tropudalf	CEPEC raso
Alfisol	Udalf	Tropudalf	Lithic Tropudalf	CEPEC diaclasado
Alfisol	Udalf	Tropudalf	Oxic Tropudalf	Vargito rochosa
Alfisol	Ustalf	Haplustalf	—	Sao eutrófico
Alfisol	Ustalf	Paleustalf	Oxic Paleustalf	Paulinho Sao
Alfisol	Udult	Tropudult	Typic Tropudult	Paulinho Vargito
Ultisol	Udult	Tropudult	Orthoxic	distrófico

Cuadro 1. Continuación

			Tropudult	Nazaré, Itabuna, Morro Redondo, Vargito distrófico
Inceptisol	Tropept	Dystropept	Oxic Dystropept	Rio Branco
Inceptisol	Tropept	Dystropept	Fluventic Dystropept	Aluvial argiloso

* En portugués

Los suelos de los órdenes Oxisols y Ultisols con saturación de base menor del 30% y baja fertilidad natural, tienen especial importancia porque ellos cubren extensas áreas en el sur de Bahía y presentan un gran potencial para un incremento de la producción agrícola en esta región.

Grandes áreas (28.5%) de estos suelos son utilizadas como pastizales para el ganado en una escala de extensiva a semi-extensiva, y una porción considerable (55%) incluye bosques secundarios y remanentes de bosques primarios donde se practica la agricultura migratoria en pequeña escala para producir yuca (*M. esculenta*), maíz (*Zea mays*) y frijoles (*Phaseolus spp.*) (24).

Los factores que limitan la fertilidad en los Alfisols, Ultisols y Oxisols son representados en los gráficos poligonales de la Figura 2. El suelo "a" (**Typic Tropudalf**) es de alta fertilidad y no presenta limitaciones químicas. El suelo "b" (**Tropudult Camaca**) es más ácido, tiene bajos niveles de P, y aunque los niveles absolutos de Al en el complejo de intercambio son altos, el porcentaje de saturación de ese elemento es bajo debido a las altas cantidades intercambiables de bases bivalentes. El suelo "c" (**Tropudult Vargito**), el que representa un suelo ácido pobre en Ca y Mg, con altas proporciones de Al intercambiable, requiere grandes cantidades de piedra caliza dolomítica, no solo para atenuar la dañina acidez sino también para elevar los niveles de bases intercambiables. El suelo "d" (**Haplorthox cristalino**) también representa un suelo ácido, con bajo poder amortiguador y con 1 a 2 meq.100 g⁻¹ de Al. En este caso el encalado está más relacionado con el abastecimiento de Ca y Mg que con la reducción de la acidez.

SOMBRA DE *T. cacao*

En un estudio de 61 plantaciones de *T. cacao* bajo "Cabruca", distribuidas en 30 municipalidades al sur de Bahía, se encontró una relación de 1:95 entre árboles de sombra y *T. cacao*, correspondiendo respectivamente a 76 ± 0.1 y 724 ± 0.3 árboles.ha⁻¹ (1). Donde había un exceso de sombra, se

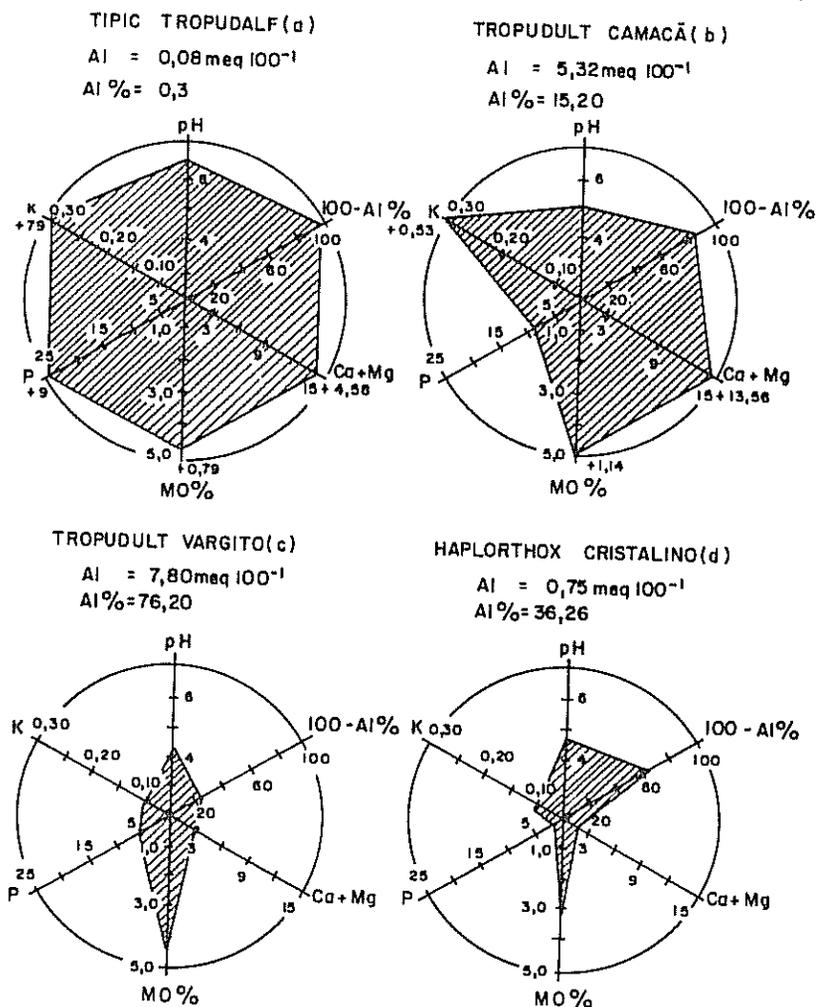


Fig. 2. Fertilidad relativa de los suelos del sur de Bahía, Brasil. a) y b) suelos de alta fertilidad. c) suelos de baja fertilidad con altos niveles de Al intercambiable y d) suelo de baja fertilidad con bajos contenidos de Al (9)

sugirió la necesidad de remover gradualmente algunos de los árboles de manera que se proporcionara una mejor respuesta a las aplicaciones de fertilizantes (8). Las especies de sombra que se presentan más frecuentemente en las plantaciones de *T. cacao* se presentan en el Cuadro 2, junto con información de sus alturas y diámetro de copas (34).

Sin embargo, la necesidad por y la influencia de sombra ha sido estudiada intensivamente desde los experimentos pioneros de McDonald (25) y Hardy (19) en Trinidad, posteriormente repetidos bajo condiciones de sombra artificial por Murray (26, 27). También se han realizado experimentos en Ghana, Nigeria (14, 40) y en Brasil (8) donde se obtuvo una mayor productividad cuando los fertilizantes fueron aplicados en ausencia de árboles de sombra. Cunningham y Burridge, determinaron también un crecimiento mucho más rápido con mayor luminosidad si se aplicaban fertilizantes, y problemas, tales como la falta de agua, la turbulencia del aire, las malezas, las plagas y enfermedades fueron resueltas mediante el riego, los rompevientos y el uso de plaguicidas respectivamente (13).

Cuadro 2. Diámetro del dosel y altura de los árboles nativos en el sur de Bahía, usados como sombra para *Theobroma cacao* (34)

Nombre común*	nombre científico	altura total (m)	diámetro del dosel (m)
Imbiricu	<i>Bombax macrophyllum</i> K. Schum.	30.4	15.7
Pequi preto	<i>Caryocar edule</i> Casarreto C. Barnier	27.2	16.6
Sapucaia	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	29.0	12.8
Arapacu	<i>Sclerolobium chrysophyllum</i> peopp. Gendl.	26.6	15.3
Massaranduba	<i>Manilka elata</i>	28.2	13.3
Juerana branca	<i>Pithecolobium pedicellare</i>	22.9	15.3
Bacumixa	<i>Sideroxylon vastium</i> Fr. Allem.	27.8	11.9
Faveira	<i>Pterodon rubescens</i> Benth.	20.6	12.9
Mucitaiba	<i>Zollernia aff. mocytaiba</i> Fr. Allem.	27.4	11.4

* En portugués

Cuadro 2. Continuación

Bomba d'agua	<i>Hydrogaster trinerve</i> Khlím.	27.6	10.1
Ipé amarelo	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl.) Nichols.	23.3	11.3
Louro d'agua	<i>Vochysia</i> sp.	27.3	10.3
Massaranduba paraju	<i>Manilkara coreaceae</i> Miq.	22.7	12.1
Jatobá peloso	<i>Hymenaea aurea</i> Lee & Langenheim	28.	12.8
Aracá vermelho	<i>Psidium guineense</i> Sw.	25.0	8.6
Oleo copaíba	<i>Copaifera</i> sp.	27.4	12.8
Bicuiba vermelha	<i>Virola gardneri</i> (A.DC.) Warb.	27.4	10.5
Bapeba preta	<i>Chrysophyllum</i> sp.	25.7	8.2
Aderno	<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers.	25.1	9.4
Cajazeira	<i>Spondias lutea</i> L.	18.8	11.4
Putumuju gigante	<i>Centrolobium robustum</i> (Vell.) Mart.	28.8	8.0
Arapati	<i>Arapatiella psilophylla</i> (Harms) Cowan	26.2	7.8

Estos resultados experimentales están relacionados con una mayor actividad fotosintética, con la intensificación de los procesos metabólicos y con un mayor consumo de nutrientes bajo altas intensidades de luz (3) con una marcada influencia en la floración, el rebrote y el número de hojas y frutos (5, 21).

Aunque una mayor floración y una productividad más alta es obtenida bajo altas intensidades de luz, los árboles de sombra ofrecen otras ventajas tales como protección al árbol de *T. cacao* de daños por el viento y la directa insolación, así como también conservación y enriquecimiento del suelo (18). El factor sombra debe ser considerado en cada localidad con respecto a las condiciones climáticas y a las propiedades físicas del suelo, además de la situación nutricional (18).

Las asociaciones *T. cacao* - *Erythrina* spp.

Cadima y Alvim observaron, en una parcela de germoplasma de *T. cacao* cultivado en un suelo hidromórfico de la Estación Experimental Central de Urucuca, que las plantas de *T. cacao* localizadas más cerca de

los árboles de sombra de *Erythrina* produjeron más que aquellas que se encontraban más alejadas (12). Para explicar este comportamiento estos autores caracterizaron la distribución de raíces de los árboles de *T. cacao*, de aquellos más cercanos y más alejados de los árboles leguminosos de sombra, estableciendo que en el primer caso la raíz primaria alcanzó profundidades de 90 cm, mientras que la raíz primaria de las plantas más distantes no alcanzaba 60 cm (Fig. 3). El número de raíces de diferentes diámetros por cuadrado muestreado (30 x 30 cm) estableció esta diferencia, ya que había una mayor cantidad de raíces finas de *T. cacao* (0-2 mm) en la capa de 0-30 cm cercana al árbol de *Erythrina*, que en puntos más

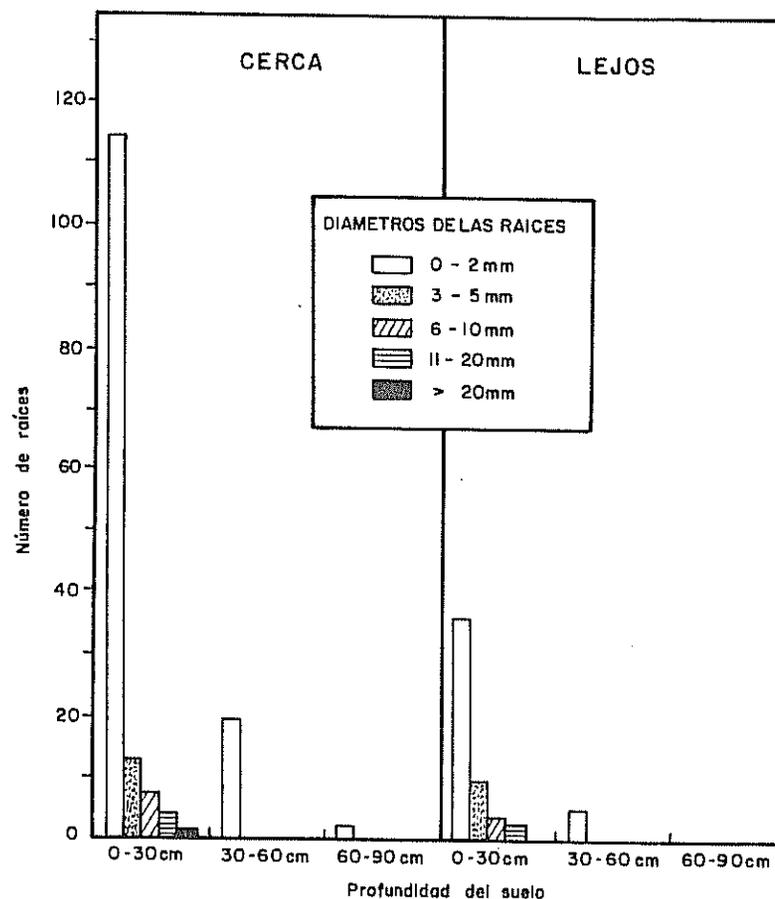


Fig. 3. Número de raíces de diferentes diámetros encontradas en los cuadrados muestreados de 30 x 30 cm cerca y lejos de árboles de *Erythrina* en una plantación de *Theobroma cacao* (12)

distantes. También se verificó que el suelo era más rico en nutrientes, principalmente en N total y bases intercambiables, cerca de los árboles leguminosos que en puntos más alejados.

Santana y Cabala investigaron la influencia de *Erythrina* en el porcentaje de N en el suelo, tomando muestras a una distancia de 3 a 9 m del tronco del árbol (29). La cantidad total de N comenzó a decaer a una distancia de 4.5 m. *Erythrina*, aparte de presentar un sistema radicular más profundo que aquellas plantas adultas de *T. cacao*, extendía sus raíces superficiales a más de 10 m. En consecuencia, con los espaciamientos generalmente utilizados en el sur de Bahía, una gran proporción del área en las plantaciones están influenciadas por el dosel y el sistema de raíces de estos árboles de sombra.

La caída de las hojas que generalmente ocurre desde julio hasta setiembre, está asociada con la sensibilidad de *Erythrina* al fotoperíodo y al termoperíodo que prevalece durante los días cortos (4). En este período la hojarasca puede ser de 2 t (materia seca).ha⁻¹ (29).

Recientemente, en una plantación "Catongo" de *T. cacao* (Typic Tropudalf), sombreada con *Erythrina fusca*, se analizó la hojarasca y el agua de lluvia recolectada bajo los árboles para N, P, K y Mg, de acuerdo a la metodología descrita por Santana y Cabala (30). Durante el primer año (12 de julio de 1981 hasta 12 de julio de 1982) hubo una caída continua de hojas y ramas de ambas especies con máximas estacionales en setiembre, octubre y junio para las hojas de *T. cacao*. Las contribuciones mayores de hojarasca de *Erythrina* ocurrieron en julio-setiembre y enero-marzo. La mayor caída de hojas tuvo lugar al final del período seco confirmando los resultados obtenidos por Boyer (6). La entrada proveniente de flores de *T. cacao* fue más intensa de diciembre a mayo, mientras que las flores de *Erythrina* se limitaron al período agosto-setiembre (31).

El análisis químico de los residuos mostró que una gran parte del N transferido al sistema (143 kg) provino de las hojas de *T. cacao* y de *Erythrina*, los que representaron 49 y 33%, respectivamente, de los 8,146 kg.ha⁻¹ de los residuos depositados durante el período experimental. En Camerún, se estimó que 55 kg N.ha⁻¹ se podían devolver al suelo proveniente de las hojas de *T. cacao* (6). Generalmente los residuos de *Erythrina* son más ricos en N que aquellos de *T. cacao* y este árbol leguminoso tiene una alta producción de nódulos (29).

La tasa de descomposición de la hojarasca en las plantaciones de *T. cacao* varía de acuerdo al tipo de residuo, las especies y las condiciones ambientales (30). Generalmente los residuos de *Erythrina* se descomponen más rápido que aquellos de *T. cacao*. Sin embargo, la mayoría de los componentes de ambas especies contenían solo la mitad de su peso inicial

después de 6 - 9 meses (Fig. 4). Se cree que en condiciones naturales, donde los residuos permanecen en un contacto más directo con los agentes de descomposición y la fracción orgánica del suelo, el proceso de descomposición debe ser más rápido.

El contenido de nutrientes de los residuos representa una importante contribución a la asociación *T. cacao* - *Erythrina* especialmente con respecto a N, Ca y Mg (Cuadro 3) (31). La cantidad de K en las cáscaras de *T. cacao* es alta, mostrando la ventaja de dejarlas en el área donde está cultivado. También se observaron importantes contribuciones de N, K, Ca y Mg en el agua de lluvia recolectada en la plantación, la que resultaba del lavado de las hojas. Las cantidades de nutrientes removidos del sistema (almendras de *T. cacao*) y las pérdidas por medio de la lixiviación, son inferiores a las entradas (hojarasca y lluvia) y, dependiendo de la tasa de mineralización, ellas podrían casi satisfacer las necesidades totales de la plantación de *T. cacao* en la etapa productiva (31). La hojarasca caída durante el segundo y tercer año de investigación mostró una disminución en relación al primer año debido a la muerte de algunas plantas de *T. cacao*, resultado aparentemente de la rehabilitación de áreas adyacentes con *T. cacao* y sobre-producción causada por polinización manual.

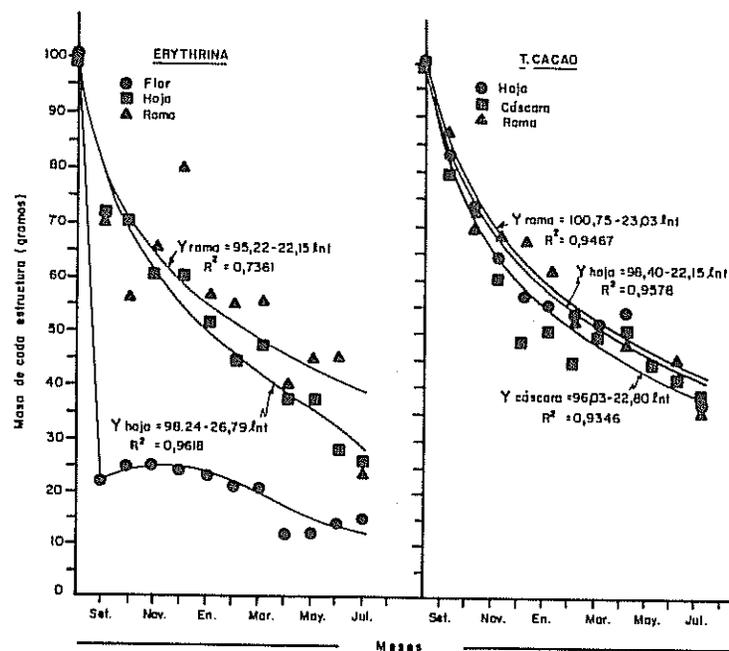


Fig. 4 Tasa de descomposición y regresiones para residuos de *Erythrina* y *Theobroma cacao* (30) t=tiempo (meses)

Cuadro 3. Balance parcial de nutrimentos en una plantación de *Theobroma cacao* 'Catango' con sombra de *Erythrina* (kg.ha⁻¹) (31)

	ENTRADAS		SALIDAS			
	Residuos en el 1er. año	2º año	vainas**	goteo de de la lluvia	cosecha**	lavado
N	143.0	81.0	10 - 12	2.9	22	18.2***
P	13.0	13.9	5	2.8	5	0.5
K	34.4	17.4	40 - 42	21.4	10	2.2
Ca	180.7	142.5	1	17.9	1	53.6
Mg	63.2	42.3	3	11.7	3	37.6

* Corresponde al mantillo de 8,146 y 5,994 kg.ha⁻¹ en el primer y segundo año respectivamente.

** Relativo a 1,000 kg de materia seca.

*** Como NO₃ y NH₄.

INFERENCIAS PRACTICAS

El desarrollo de modelos del ciclo de materia orgánica y de nutrimentos para la interpretación del funcionamiento de un ecosistema, como una extensión de los estudios del ecosistema del bosque, es un aspecto de creciente interés para la ecología moderna (16). Las reservas orgánicas y minerales están localizadas en la fitomasa del bosque, sotobosque, epífitas, mantillo y en el suelo (16). Los procesos de transferencia ocurren por medio de la lluvia y la producción de residuos, los que, después de su descomposición, liberan los nutrimentos. En este esquema debería ser considerada la participación de todos los organismos vivos y un manejo apropiado. En ecosistemas de bosques desarrollados sobre suelos pobres, como ocurre en la región Amazónica, la mayoría de las reservas minerales están concentradas en la fitomasa, en el mantillo y en la fracción orgánica del suelo (22). Este tipo de vegetación ha desarrollado mecanismos eficientes para la utilización de nutrimentos y su conservación, para limitar la lixiviación a través del perfil del suelo.

La aplicación de estos modelos a asociaciones de *T. cacao* con árboles de sombra es aún poco clara en algunos aspectos (17). Aparte de los

experimentos del CATIE en Turrialba, Costa Rica, los estudios han sido realizados principalmente en plantaciones existentes de *T. cacao*. Una comprensión de las reservas y las transferencias, comenzando con la fase de establecimiento, sería extremadamente útil para propósitos de manejo de la plantación, así como también desde el punto de vista de la conservación. Podrían contrastarse diferentes opciones tecnológicas, tales como un mayor o menor grado de sombra.

Una estimación de las necesidades de nutrimentos de *T. cacao* en diferentes etapas de desarrollo, basado en el análisis de diferentes partes de la planta, fue presentado por Thong y Ng (Cuadro 4) (38). El P y el Mg fueron absorbidos en cantidades relativamente pequeñas, mientras las necesidades de K fueron prácticamente equivalentes a aquellas de N y Ca. Estos autores también verificaron, durante el período de vivero y las etapas de desarrollo, que la hoja es el componente más importante para el almacenamiento de nutrimentos. Sin embargo, en la etapa productiva, las hojas acumulaban casi la misma cantidad de nutrimentos como las ramas más los tallos, con la excepción del K y el Zn, los que predominan en las ramas.

Cuadro 4. Cantidades estimadas de nutrimentos (kg.ha⁻¹) absorbidas por *Theobroma cacao* en diferentes estados de desarrollo (38)

Estado de desarrollo	edad de la planta (meses)	promedio de requerimiento de nutrimentos						
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn
Semillero	5 - 12	2.4	0.6	2.4	2.3	1.1	0.04	0.01
Juvenil	28	136	14	151	113	47	3.9	0.5
Adulta	50 - 87	438	48	633	373	129	6.1	1.5

Aún no es conocido si estas cantidades de nutrimentos podrían estar fácilmente disponibles en un agroecosistema de *T. cacao*, tomando en consideración la eficiencia del sistema radicular de *T. cacao* y la competencia que existe con las especies provisionales de sombra y las malezas. En este contexto se debe obtener información acerca de las reservas disponibles en el suelo, y también acerca de su capacidad para abastecer de

nutrimentos a las plantas durante el establecimiento del agroecosistema. En un experimento realizado para este propósito, en tres suelos del sur de Bahía, se observó una clara diferencia en la capacidad del suelo para liberar nutrimentos (Cuadro 5). El suelo **Tropudalf** presentó una alta capacidad para liberar nutrimentos en comparación a los suelos **Haplorthox** y **Haplusthox**, en los que el P fue el nutrimento más deficiente. Esto es consistente con resultados obtenidos anteriormente para todas las regiones del sur de Bahía (7).

En la etapa inicial de pre-producción, del crecimiento de *T. cacao*, aplicaciones fraccionadas de los nutrimentos contribuirán seguramente a un mejor desarrollo de la plantación hasta que la superficie del suelo esté completamente cubierta. En la etapa de producción, dependiendo del sistema de manejo de la plantación, los niveles de producción y las pérdidas que se presentan del agroecosistema, se puede recomendar una fertilización de mantenimiento. Santana y Cabala (31) reunieron información de varios autores sobre el contenido de nutrimentos en las almendras y cáscaras de los frutos de *T. cacao* (Cuadro 6) (32). Aún permitiendo la gran variación de la información suministrada, esto da una idea de la cantidad de nutrimentos extraídos junto con la producción de almendras. Sin embargo, las cáscaras generalmente permanecen en el área de cultivo.

Cuadro 5. Extracciones sucesivas de nutrimentos (kg.ha⁻¹) por el NH₄, NO₃ de tres suelos en el sur de Bahía (dilución 1:10 suelo: agua)

Nº de extracción	Suelo	P cm		K		Ca		Mg	
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
1	CEPEC*	58	80	1,141	346	670	278	4,007	4,270
	UNA**	21	20	71	60	16	4	82	50
	AGUA								
	SUMIDA***	13	13	126	77	57	22	214	119
2	CEPEC	31	54	482	40	73	40	1,900	930
	UNA	6	4	11	8	2	0	15	7
	AGUA								
	SUMIDA	3	3	23	21	7	3	38	34
	CEPEC	10	20	296	342	8	5	404	559

Cuadro 5. Continuación

3	UNA	0	0	4	2	0	0	6	8
	AGUA								
	SUMIDA	0	0	4	5	0	0	16	16
	CEPEC	0	0	192	251	0	0	291	374
4	UNA	0	0	0	0	0	0	3	2
	AGUA								
	SUMIDA	0	0	0	0	0	0	6	6
	CEPEC	0	0	71	83	0	0	172	223
5	UNA	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGUA								
	SUMIDA	0	0	0	0	0	0	0	0
	CEPEC	0	0	29	30	0	0	87	121
6	UNA	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGUA								
	SUMIDA	0	0	0	0	0	0	0	0
	CEPEC	0	0	18	16	0	0	37	58
7	UNA	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGUA								
	SUMIDA	0	0	0	0	0	0	0	0
	CEPEC	0	0	10	7	0	0	13	24
8	UNA	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGUA								
	SUMIDA	0	0	0	0	0	0	0	0
	CEPEC	99	154	2,239	1,516	751	423	6,912	6,559
	UNA	27	24	86	70	18	4	106	67
	AGUA								
	SUMIDA	16	17	153	103	65	25	273	175

* Tropudalf ** Haplorthox *** Haplusthox

Este tipo de información, junto con información sobre las reservas en los agroecosistemas sombreados con árboles leguminosos del género *Erythrina*, ha sido tomado en cuenta en el presente sistema de fertilización recomendada (Cuadro 7) (10).

Cuadro 6. Contenido de nutrimentos (hg) de granos y cáscaras de *Theobroma cacao* (32)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Referencia
Granos	20.0	9.6	12.6	3.0	5.0	(15)
secos*	24.0	12.0	19.0	-	-	(39)
	20.0	15.8	21.3	2.0	11.0	(23)
	20.4	8.3	12.6	1.5	4.5	(38)
	22.0	11.7	12.1	1.5	5.1	***
	20.0	5.0	53.0	-	-	(20)
cáscaras**	10.6	3.0	52.0	5.3	4.2	(38)
	12.0	2.5	46.6	7.4	5.9	***
	10.4	1.7	38.5	2.6	3.5	(23)

* 1,000 kg

** Cáscaras de cacao por 1,000 kg de granos secos

*** Santana y Cabala, datos no publicados

Cuadro 7. Nuevas recomendaciones de fertilizantes, y criterios para aplicar cal a las plantaciones de *Theobroma cacao* en el sur de Bahía, Brasil (10)

a) ENCALADO

	Ca + Mg (meq.100 cm ⁻³)	Al% (100 Al/Al+S)	Requerimiento de cal (t.ha ⁻¹)
Oxisols	<3.0	-	3.0 - meq. (Ca+Mg)
Ultisols (Tropudult)	-	>30 x1.5	[meq.Al(Al%-30)/Al%]

b) FERTILIZACION

Nivel del suelo	P disponible (ug.cm ⁻³)	N					P ₂ O ₅					K ₂ O				
		*	**	***	****	*****	*	**	***	****	*****	*	**	***	****	*****
muy bajo	0 - 4	00	30	90	00	30	60	00	30	60	00	30	60	00	30	60
medio	5 - 8	00	30	60	00	30	30	00	30	00	30	30	00	30	30	00
alto	9 - 16	00	30	30	00	30	00	00	30	00	30	00	30	00	30	00
muy algtó	17 - 30	00	30	00	00	30	00	00	30	00	30	00	30	00	30	00
	> 30	00	30	00	00	30	00	00	30	00	30	00	30	00	30	00

* Plantación con sombra de *Erythrina* (30-40 árboles.ha⁻¹).

** Plantación con sombra heterogénea.

*** Suelos tradicionales con alto nivel de K.

**** Suelos con nivel medio de K.

***** Suelos pobres en K.

Se cree también que el uso de cultivares de *T. cacao* que absorben nutrimentos (principalmente P) más eficientemente (11), permitirá una mejor utilización de las reservas de nutrimentos en el agroecosistema y una explotación que requiera menos insumos. Al respecto, las investigaciones de asociaciones con micorrizas, la tolerancia de cultivares de *T. cacao* a ambientes adversos tales como acidez del suelo (33) y las limitaciones de agua, asumen un papel importante.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVIM, P. de T.; PEREIRA, C.P. Sombra e espacamento nas plantações de cacau na Bahía. In Simposio de Pesquisas sobre Cacau, Salvador, Brasil, 1970. Resumos. Salvador, 1970. pp. 33-34.
2. _____; ROSARIO, M. Cacau ontem e hoje. Ilhéus, BA, Brasil, COMISSAO EXECUTIVA DO PLANO DE LAVOURA CACAUEIRA/CENTRO DE PESQUISA DO CACAU, 1972. 83 p.
3. ALVIM, P. DE T. Ecological and physiological determinants of cacao yield. In International Cocoa Research Conference, 5th, Ibadan, Nigeria, 1975. Proceedings. Ibadan, Cocoa Research Institute, 1977. pp. 25-38.
4. ALVIM, P. DE T.; ALVIM, R. Relation of climate to growth periodicity in tropical trees. In Tropical Trees as Living Systems. Tomlinson, P.B. and Zimmerman M. H. eds. Cambridge, Cambridge University Press, 1978. pp. 445-464.
5. ASOMANING, E.J.A. Recent cocoa nutrition studies: with particular reference to the Ghana experience. In International Cocoa Research Conference, 4th, St. Augustine, Trinidad, 1972. Proceedings. Port of Spain, Government of Trinidad and Tobago, 1972. pp. 120-128.
6. BOYER, J. Cycles de la matiere organique et des éléments minéraux dans une cacaoyere camerounaise. Café Cacao Thé 17:3-24. 1973.
7. CABALA, R.P.; FASSBENDER, H.W. Formas del fósforo en suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil. Turrialba (Costa Rica) 20(4):439-444. 1970.

8. _____, MIRANDA, E.R. DE; PRADO, E.P.DO. Efeito da remoção de sombra e da aplicação de fertilizantes sobre a produção do cacau da Bahía. *Cacao (Costa Rica)* 15(1):1-10. 1970.
9. _____; SANTANA, C.J.L. DE. A calagem na cultura do cacau. In Raj B. VAN, Bataglia, O.C. e Silva, N.M. DA, eds. *Acidez e calagem no Brasil*. Campinas, SP, Brasil, Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 1983. pp. 321-329.
10. _____, SANTANA, M.B.M.; SANTANA, C.J.L. DE. Normas para o uso de adubos e corretivos na cultura do cacau do Sul da Bahia. In *Comissao Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Centro de Pesquisas do Cacau. Divisao de Geociencias. Exigencias nutricionais e uso de fertilizantes em sistemas de produção de cacau*. Ilhéus, BA, Brasil, 1984. pp. 19-77.
11. _____; MARIANO, A.H. Absorção diferencial de fósforo em cultivares de cacau. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 20(2):159-167. 1985.
12. CADIMA Z., A.; ALVIM, P. de T. Influencia del árbol de sombra *Erythrina glauca* sobre algunos factores edafológicos relacionados con la producción del cacaotero. *Turrialba* 17(3):300-336. 1967.
13. CUNNINGHAM, R.K.; BURRIDGE, J.C. The growth of cacao (*Theobroma cacao*) with shade. *Annals of Botany* 24(96):258-262. 1960.
14. _____, Fertilizer experiments in the humid tropics. *Soil and Crops Science Society of Florida* 26:313-328. 1966.
15. DIERENDONCK, F.J.E. VAN. The manuring of coffee, cocoa tea and tobacco. *Geneve, Centro d'Etude de l'Azote*, 1959. 205 p.
16. FASSBENDER, H.W. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. In *Simpósio sobre Reciclagem de Nutrientes e Agricultura de Baixos Insumos nos Trópicos. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 16 a., Ilhéus, BA, Brasil, 1984. Anais. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 1985. pp. 203-230.*
17. _____, *et al.* Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em agrossistemas com cacaueiros. In *Simpósio sobre Reciclagem de Nutrientes e Agricultura de Baixos Insumos nos Trópicos. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 16a., Ilhéus, BA, Brasil, 1984. Anais. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 1985. pp. 231-257.*
18. GEUS, J.G. DE. *Fertilizer guide for tropical and subtropical farming*. Zurich, Centre d'Etude de l'Azote, 1967. 727 p.
19. HARDY, F. Manurial experiments on cacao in Trinidad: 1932-1936. In *Imperial College of Tropical Agriculture. Sixth Annual Report on Cacao Research, 1936. Port-of-Spain, Trinidad, 1937. pp. 24-34.*
20. HARDY, F. Relaciones nutricionales del cacao. In *Hardy, F. ed. Manual de Cacao*. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. pp. 75-88.
21. HURD, R.G.; CUNNINGHAM, R.K. A cocoa shade and manurial experiment at the West African Cocoa Research Institute Ghana; III Physiological results. *J. Hort. Sci.* 36:126-137. 1961.
22. JORDAN, K.F. Ciclagem de nutrientes e silvicultura de plantações na bacia amazonica. In *Simpósio sobre Reciclagem de Nutrientes e Agricultura de Baixos Insumos nos Trópicos. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 16 a., Ilhéus, BA, Brasil, 1984. Anais. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 1985. pp. 187-202.*
23. KANAPATHY, K. *Guide to fertilizer use in peninsular Malaysia*. Malaysia, Kuala Lumpur, Ministry of Agriculture and Rural Development, 1976. 160 p.
24. LEITE, J. DE O, SANTOS, J.E.L. DOS; MENDOCA, J.R. Dinâmica do uso da terra; Ilhéus, BA, Brasil, COMISSAO EXECUTIVA DO PLANO DE LAVOURA CACAUEIRA/INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS, 1976. V. 3. 280 p.
25. McDONALD, J.A. Manurial experiments on cacao. In *Imperial College of Tropical Agriculture. Fourth Annual Report on Cacao Research, 1934. Port-of-Spain, Trinidad, 1935. pp. 54-63.*
26. MURRAY, D.B. A shade and fertilizer experiment with cacao. III. In *Imperial College of Tropical Agriculture. A Report on Cacao Research 1953. St. Augustine, Trinidad, 1954. pp. 30-37.*
27. _____, Las Hermanas shade experiment. In *Imperial College of Tropical Agriculture. Annual Report on Cacao Research 1964. St. Augustine, Trinidad, 1965. pp. 40-48.*
28. SANCHEZ, P.A. *Properties and management of soils in the tropics*. New York, Wiley, 1976. 618 p.

29. SANTANA, M.B.M.; CABALA, P. Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. *Plant and Soil* 67(1/3):271-281. 1982.
30. _____. Requerimentos de nitrogenio em um agrossistema de cacau. *Revista Theobroma (Brasil)* 13(3):211-221. 1983.
31. _____. Reciclagem de nutrientes em uma plantacao de cacau sombreada com Eritrina. Ilhéus, BA, Brasil, COMISSAO EXECUTIVA DO PLANO DE LAVOURA CACAUEIRA/CENTRO DE PESQUISA DO CACAU, 1984. 12 p. (Trabalho apresentado na 9a. Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacau, Lomé, Togo, 1984).
32. _____.; SANTANA, C.J.L. DE. Exigencias nutricionais do cacaueiro. In Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Centro de Pesquisas do Cacau. Divisão de Geociencias. Exigencias nutricionais e uso de fertilizantes em sistemas de produção de cacau. Ilhéus, BA, Brasil, 1984. pp. 1-17.
33. _____. YAMADA, M.M.; SANTANA, C.J.L. Tolerancia de cultivares híbridas de cacau a alumínio. *Revista Theobroma (Brasil)* 15(1):9-18.
34. SANTOS, O.M.; LOBAO, D.E. Sombreamento definitivo do cacaueiro. Ilhéus, BA, Brasil, COMISSAO EXECUTIVA DO PLANO DE LAVOURA CACAUEIRA/CENTRO DE PESQUISA DO CACAU, 1982. 24 p.
35. SILVA, L.F. DA; CARVALHO FILHO, R. Classes de solos para cacau na Bahia, Brasil. In International Cocoa Research Conference, 3rd, Accra, Ghana, 1969. Proceedings. Tafo, Ghana, Cocoa Research Institute, 1971. pp. 316-327.
36. _____. et al. Solos da Região Cacaueira; aptidão agrícola dos solos da Região Cacaueira. Ilhéus, BA, Brasil, COMISSAO EXECUTIVA DO PLANO DE LAVOURA CACAUEIRA/INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS, 1975. v. 2. 179 p. (Diagnostico Socio-economico da Região Cacaueira).
37. TAFANI, R. Evolução do cacau, o trabalho da CEPLAC e perspectivas futuras. s.n.t. (nao publicado).
38. THONG, K.C.; NG, W.L. Growth and nutrient composition of monocrop cocoa plants on inland Malaysian soils. In International Conference on Cocoa and Coconuts, Kuala Lumpur, Malaysia, 1978. Proceedings. Kuala Lumpur, Incorporated Society of Planters, 1980. pp. 262-286.
39. URQUHART, D.H. Cacao. Tradução do ingles por Juvenal Valério. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1963. 322 p.
40. WESSEL, M. Fertilizer experiments on farmer's cocoa in South Western Nigeria. *Cocoa Growers' Bulletin* Nº15:22-27. 1970.