

ASPECTOS PARA LA NUTRICIÓN DEL CACAO *Theobroma cacao L.*

*Edna Ivonne Leiva Rojas.
Profesora Asociada.
Facultad Ciencias Agrarias.*

La nutrición

Los nutrientes minerales participan en el metabolismo vegetal cumpliendo funciones específicas y esenciales como constituyentes de estructuras orgánicas, activadores de reacciones enzimáticas, portadores de carga y osmoreguladores. (Marschner 1995; Taiz y Zeiger 1998).

La tasa de incorporación de nutrientes depende de las concentraciones en el medio y de la demanda de la planta, esta última determinada por su tasa de crecimiento y por la concentración en los tejidos, de nutrientes como el Nitrógeno. (Taiz y Zeger 1998; Marschner 1995). Con una alta concentración interna, se presenta una disminución en la tasa del proceso de incorporación de nutrientes, lo cual podría involucrar la supresión de genes que codifican enzimas involucradas en este proceso. A pesar de este mecanismo de regulación por “feedback” (retroalimentación), las plantas pueden mostrar consumo de lujo de nutrientes específicos (absorción a una tasa mayor de la requerida para sostener el crecimiento), lo cual conduce a la acumulación de nutrientes (Marschner 1995; Taiz y Zeger 1998; Lambers et al. 1998).

Los nutrientes asociados con el metabolismo se encuentran en mayor concentración en los estados iniciales de la formación de una hoja u otro órgano. Enseguida se presenta una disminución en el contenido, debido a efectos de dilución de la concentración por incrementos en el material de la pared celular durante la expansión de la hoja y por reabsorción de nutrientes durante la senescencia. (Marschner 1995; Lambers et al. 1998; Taiz y Zeiger 1998; Epstein y Bloom, 2005).

Es importante considerar que cada especie presenta una determinada demanda específica de nutrientes y por tanto la respuesta a la aplicación de los mismos. En las plantas jóvenes se puede incrementar por el aumento en el peso de las hojas; tan rápido como aumenta el área foliar, así aumentará el área de intercepción y por lo tanto la fotosíntesis. Durante la fase reproductiva la planta empieza a utilizar mayor cantidad de recursos en la formación de frutos y semillas; este cambio empieza a reducir el crecimiento vegetativo. (Clavijo 1989).

La nutrición vegetal es el proceso que le permite a las plantas interceptar y absorber los minerales que requiere para su crecimiento y desarrollo. El manejo de la nutrición, con el

objetivo de potenciar las actividades metabólicas de planta para convertirla en una máquina productiva natural, y optimizar el uso de los nutrientes para alcanzar la máxima productividad posible bajo las condiciones dadas, se requiere conocer los requerimientos y el comportamiento de las plantas al incrementar la disponibilidad de nutrientes, determinar las necesidades para cada etapa y los otros aspectos que pueden afectar la nutrición, como el nivel hídrico.

En el sistema productivo el manejo nutricional se realiza adicionando al suelo fuentes de minerales, en las dosis determinadas y en las épocas apropiadas para su aprovechamiento. Para que sea efectivo en términos agronómicos, se debe incluir el aspecto hídrico; de tal manera que manejar la nutrición incluye la gestión integral de todos los recursos productivos.

Las plantas absorben del suelo un número de elementos nutritivos en proporciones específicas y es importante que estas proporciones se mantengan balanceadas para facilitar su absorción. De acuerdo a la intensidad de la demanda, los nutrientes se clasifican en macro elementos: N, P y K; elementos secundarios: Ca, Mg y S; y micro elementos: Mn, Cu, Zn, Fe, Mo y B. Sin embargo, todos son igualmente esenciales para el metabolismo y desarrollo de las plantas.

El cacao

El grano de cacao se extrae de la baya ovoidea grande, que es el fruto caulinar del árbol de cacao, *Theobroma cacao* es originario de la cuenca alta del Amazonas. El árbol es de tamaño mediano, aunque puede alcanzar hasta unos veinte metros de alto.

Tradicionalmente, el cacao es cultivado en los países productores y vendidos a la exportación en forma de habas. La transformación del cacao para la fabricación de productos terminados o semi acabados (manteca de cacao, licor de cacao, cacao en polvo, chocolate, etc.) se efectúa en los países importadores. Sin embargo, ciertos países productores tales como Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Brasil se lanzan desde hace algunos años a la trituration local de su producción a fin de gozar de una plusvalía a la exportación.

Para garantizar las condiciones óptimas del cultivo, se deben tener condiciones agroecológicas, tales como:

Altitud y Temperatura: El clima propicio para el desarrollo del cacao corresponde a la franja de ubicadas desde el nivel del mar hasta 1.300 m. de altitud, con temperaturas entre 22°C y 30°C en promedio, la mínima no bajar de 15°C.

Precipitación: 2.500 milímetros anuales, preferiblemente distribuidos equitativamente durante el año. **Humedad relativa:** Cerca del 80%. **Vientos:** Los fuertes y permanentes son inconvenientes, se debe instalar barreras rompe-vientos.

Sombra: los árboles de cacao prosperan bajo el dosel de otros árboles de mayor porte, por lo cual en los primeros años de vida la planta necesita mayor cantidad de sombra (70%); después del tercer año y a medida que sus copas se agrandan y cierran los requerimientos de sombra disminuyen (30%). Las condiciones extremas de sombra, tanto por exceso como por escasez, son perjudiciales para los rendimientos de la producción, ya que favorecen la aparición de plagas y enfermedades (Moreno y Sánchez, 1990).

Suelo: La selección de un suelo apropiado es fundamental para obtener cultivos de cacao de alta productividad. Si este no cumple los requisitos mínimos para el desarrollo adecuado de la planta, el cultivo no funcionará aunque se utilicen materiales élite de alto rendimiento. La textura del suelo es una propiedad de gran importancia para la agricultura. En el caso del cacao, la mejor textura corresponde a suelos francos a franco-arcillosos (Wood, 1982; Thompson y Troeh, 1982). Pero Amores (2005) selecciona a los suelos aluviales, de textura franco-arcillosa, franco-limosa y franco-arenosa, suelto y profunda, que le permitan la raíz principal penetrar de 80 a 150 centímetros, como las condiciones idóneas.

El pH debe estar en el rango de 6.0 a 7.5 en la capa superficial, sin ser excesivamente ácido (pH menor a 4.0) o alcalino (pH mayor a 8.0), hasta una profundidad de un metro (Wood, 1982).

Además, el suelo debe tener materia orgánica que incrementa la habilidad del suelo para retener nutrientes y disminuir la compactación, entre otros beneficios (Sánchez, 1981). La descomposición de la materia orgánica, produce la liberación de N y S, como única abastecedora natural de ambos nutrientes (Graetz, 2000), además de su importante contribución al P al suelo. Los agregados particularmente los más grandes, imparten una estructura conveniente a las capas superiores de los suelos con alta productividad. La estructura se mantiene estable por los compuestos orgánicos y residuos secretados por la micro fauna y micro flora que habita el suelo. Estos compuestos unen las partículas de arena, limo y arcilla para formar los agregados, lo que a su vez conduce a la formación de la estructura granular que es la ideal para la mayoría de los cultivos.

El cacao durante su ciclo productivo deposita cantidades considerables de hojarasca, entre 145 Kg ha⁻¹ a los 4 años de plantado hasta 500 y 1500 Kg ha⁻¹, a los 10 y 15 años respectivamente, en el bh-PM es mayor la acumulación, alcanza 2000 Kg ha⁻¹ (Leiva y Ramírez, 2012).

Producción del cultivo de cacao

En la producción del cultivo, tres factores principales influyen sobre el rendimiento, el clima, el suelo y los requerimientos del cultivo, elementos necesarios para definir las estrategias de manejo del sistema productivo. Conforme Müller (2008), para mejorar la producción de cacao se debe considerar los factores ambientales y sus interacciones; pero, el impacto sobre crecimiento y productividad depende de la genética, que determina las características fisiológicas y morfológicas. Entre los factores climáticos, la temperatura es crítica para el crecimiento; el régimen pluviométrico, a pesar de su importancia, puede ser suplementado con riego; la radiación solar y la humedad relativa interfieren en los mecanismos fisiológicos de la planta; aún así, no son limitaciones ecológicas debido a la posibilidad de controlar, estos factores, a través del manejo del sombrero.

El cacao a pleno sol, con abastecimiento adecuado de agua y nutrientes, protegido del viento, produce más que cultivado bajo sombra. Debido al aumento de la fotosíntesis, las plantas requieren mayores cantidades de nutrientes; por tanto, se debe procurar aporte acorde a sus necesidades (frecuencia y cantidad); porque la capacidad fotosintética está correlacionada con la concentración de nitrógeno en las hojas y, en plantas muy sombreadas, dosis altas de nitrógeno disminuyen la tasa fotosintética (Costa et al, 2001).

Los suelos minerales contienen entre 90 y 99% de materia mineral y 1 a 10% de materia orgánica, como fuentes primarias de nutrientes. Sin embargo, las fuentes se debilitan con el pasar del tiempo, debilitamiento que es dependiente del tipo de suelo y la intensidad de su uso por la agricultura. Si tal cosa ocurre, surge la necesidad de abonar para agregar los nutrientes que se encuentran en insuficiencia (Ignatieff, 1950).

La producción de cacao, en el mundo en general, se hace bajo sistemas tradicionales, Los rendimientos son bajos, excepto en algunas condiciones muy particulares, en promedio en el mundo se produce 550 Kg ha^{-1} , en Ecuador con CCN 51 alcanzan 2 Ton ha^{-1} , En Indonesia logran hasta 3 Ton ha^{-1} . (Tabla 1). La principal estrategia para obtener estos rendimientos es ubicar el cultivo en óptimas condiciones agroecológicas y aplicar fertilización.

La baja productividad en los cultivos de cacao en Colombia se debe, principalmente, a la falta de tecnificación, que se traduce en ausencia de labores culturales tales como fertilización, riego, drenaje y siembras (renovaciones), en un 99% de las fincas (Agrocadenas, 2005). Según Fedecacao (2008), sólo el 15 % de las plantaciones, en la actualidad, han sido realizadas con clones cuyas características han sido seleccionadas para una mejor producción y resistencia fitosanitaria específicas para cada región.

TABLA 1. CACAO: RENDIMIENTOS PAISES PRODUCTORES (TM/ha)

Puesto	País	1995	2008	Crecim. (%) 2000-2008
1	Costa de Marfil	0,590	0,739	3,3%
2	Ghana	0,404	0,491	-0,9%
3	Indonesia	0,744	1,245	5,0%
4	Nigeria	0,258	0,345	-1,2%
5	Brasil	0,402	0,321	-4,8%
6	Camerún	0,372	0,450	1,8%
7	Ecuador	0,245	0,546	2,7%
8	Malasia	0,730	0,815	2,0%
9	Colombia	0,466	0,497	0,8%
10	República Dominicana	0,422	0,356	-3,3%
11	México	0,540	0,582	1,1%
12	Papúa Nueva Guinea	0,363	0,429	1,5%
13	Perú	0,625	0,509	-2,6%
14	Venezuela	0,279	0,309	1,5%
15	Sierra Leona	0,370	0,367	-0,2%
	Otros (48 países)	0,34	0,34	-0,4%
	América	0,41	0,32	-2,7%
	Mundo	0,457	0,561	1,1%

Fuente: FAO. Cálculos Observatorio Agrocadenas

Extracción y requerimientos de nutrientes para producción de cacao

Este cultivo durante el establecimiento, inmoviliza cantidades de nutrientes, para formar la estructura; en la etapa productiva esta tendencia decrece, pues gran parte de los minerales son utilizados en formación de frutos (Amores, F. 1992). Sáenz (1990) resalta la importancia de suministrar los nutrientes adecuados, acorde con el desarrollo y la producción del cultivo en general, e incluye estimativos de la cantidad de nutrientes absorbidos por el cacao en distintos estados de desarrollo, Tabla 2.

Tabla 2. ESTIMATIVO DE LA CANTIDAD DE NUTRIENTES ABSORBIDOS POR PLANTAS DE CACAO EM DIFERENTES ESTADOS DE DESARROLLO.

Estado de la planta	Edad de la planta(meses)	Requerimiento nutricional medio en Kg- há ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg
Vivero	2-6	2.4	0.6	2.4	2.3	1.1
Crecimiento	28	136	14	151	113	47
Produccion	50	438	48	633	373	129

Fuente Saenz, 1990.

La experiencia de Ecuador ha demostrado que cuando el nivel tecnológico se eleva, la productividad de los huertos puede duplicarse y hasta triplicarse. Entre las estrategias de de mejoramiento tecnológico se destacan el uso de clones mejorados de cacao, de riego, podas sanitarias y abonamiento suficiente, acorde con la demanda del cultivar (Amores, 2008). En este sentido, Crespo et al. (1997) presentan los niveles de requerimiento nutricional para el cacao CCN51, dependiendo de la edad y estado de la planta, Tabla 3.

Tabla 3. NUTRIENTES QUE NECESITA UNA PLANTA DE CCN51.

Estado de la planta	Edad árbol (meses)	Requerimiento por planta (gramos)							
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B
Recién sembrada	5	2,4	0,6	2,4	2,3	1,1	0,04	0,01	0,009
Producción inicial	28	140	16	170	115	40	4,2	0,6	0,4
Producción media	36	215	25	370	130	65	7,6	1,1	1,2
Producción total	48-90	448	51	710	320	110	5,9	1,6	1,7

Fuente: Crespo y Crespo, 1997

Otros estudios realizados también con clon CCN 51, en Ecuador, en condiciones de cultivo a plena exposición, reporta que la extracción de nutrientes con 2.222 plantas/ha fue: N (101), P₂O₅ (27), K₂O (204), CaO (69), MgO (42) y S (12) kg ha⁻¹ y con 833 plantas/ha, fue de 50, 23, y 101, 35, 21 y 6 kg ha⁻¹ respectivamente (Barriga, S et al, 2006). Se debe saber que es lo extraído por la producción de frutos.

A través de un análisis de toda la planta de cacao, en Malasia se llevó a cabo un estudio, para estimar su exigencia nutritiva en las diferentes etapas de desarrollo; los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4. Las cifras dan cuenta de la intensa demanda nutritiva del cultivo para sostener una alta productividad. Otro estudio (Cocoa Growers' Bulletin, 1980) encontró que durante la etapa de plena producción, los árboles de cacao en una hectárea, ya han acumulado en sus tejidos alrededor de: 438 Kg de N, 48 Kg de P, 633 Kg de K, 373 Kg de Ca, 129 Kg de Mg, 6.1 Kg de Mn, 1.1 Kg de Zn; entre otros nutrientes. El mismo estudio reveló que al comercializar una tonelada de cacao seco, salen de la huerta alrededor de 40 Kg de N, 6 Kg de P y 86 Kg de K.

Tabla 4. Extracción nutricional del cultivo de cacao desde el estado de plántula hasta la producción.

Estado del cultivo	Edad de la planta (meses)	Requerimiento Nutricional - Promedio en Kg/Ha						
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn
Vivero	5 - 12	2.4	0.6	2.4	2.3	1.1	0.04	0.01
Establecimiento	28	136	14	156	113	47	3.9	0.5
Inicio de producción	39	212	23	321	140	71	7.1	0.9
Plena Producción	50 - 87	438	48	633	373	129	6.1	1.5

Fuente: Thong YNG, citado por Morais, F.I., Santana, M.B. y Santana, Ch. Nutricao Mineral e Adubacao do cacauerio. CEPLAC, Bahía, Brasil.

Amores et al (2009), reportan los nutrientes absorbidos en cultivos de cacao de Ecuador, por una tonelada métrica de almendras de cacao Nacional fermentado y seco Tabla 5. La gran proporción de nutrientes presentes en la cáscara de la mazorca, obliga a asegurar su retorno al cultivo con el fin de que el cacao se beneficie de los nutrientes que contiene.

Tabla 5. Nutrientes absorbidos por una tonelada métrica de almendras de cacao seco y fermentado de la variedad Nacional (Ecuador).

	Kg/ha						g/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
Cáscara	9.1	2.5	39.4	8.7	4.3	1.5	28.8	35.9	8.8	32.5	58.7
Almendras	15.8	7.3	8.9	3.6	3.7	1.2	20.6	33.8	16.8	50.3	17.6
Magüey	0.4	0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.9	0.7	0.4	3.5	0.4
Total	25.3	9.9	48.9	12.5	8.1	2.7	50.4	70.4	25.9	86.2	76.6

Fuente: Amores et al, 2009.

El cacao se considera una planta exigente en nutrimentos (Ramos et al., 2000; PDVSA, 1992) siendo estos requerimientos afectados por factores tales como el material genético, grado de sombreado (PDVSA, 1992) así como otros factores asociados a la edad de la planta, control de plagas y enfermedades y al suelo, tales como drenaje (Ramos et al., 2000). De Muller (2008), afirma que para mejorar la producción de cacao se debe considerar el impacto de los factores ambientales y sus interacciones sobre el material genético que se manifiesta en la productividad.

Fertilización del cacao

Uribe *et al* (1998), manifiestan que la investigación sobre fertilización edáfica y foliar en cacao, en Colombia, es escasa; por tanto, dispone de poca información sobre requerimientos nutricionales, dosis y épocas de aplicación de fertilizantes, según la edad y grado de sombrío de las plantaciones en diferentes zonas productoras. Se ha encontrado, en experimentos en Brasil que la fertilización del cacaotero, bajo sombra, produce pequeños incrementos en producción, mientras que a pleno sol hay incrementos considerables en rendimiento de grano. La fotosíntesis es más intensa en plantación sin sombra, con alta respuesta a la fertilización. En Santander, se documentó la necesidad de fertilizar cacaoteras a plena exposición solar, por la intensa actividad fotosintética que se refleja en altos rendimientos. Obtuvieron respuesta a la fertilización con N, con P, y K, lo que demuestra que, a plena exposición, adecuada fertilización puede ser rentable y, los rendimientos se sostienen a través del tiempo.

Sánchez et al. (2005), con materiales híbridos de cacao, no detectaron efecto de la aplicación de distintas dosis 50, 100, 200, 400%, de fertilizante NPK (100%= 46 g-planta⁻¹ de N, 35 g de P y 40 g de K) sobre el rendimiento, esto sugiere la necesidad de profundizar en las causas que originan este tipo de comportamiento entre las que destaca la amplia variabilidad del material vegetal que usualmente existe en las plantaciones comerciales. Así, en un estudio amplio que comprendió diez localidades en el oriente colombiano (Bueno, 2000) en el cual se evaluaron diferentes dosis, siendo la más alta de 368 g-planta⁻¹ año⁻¹ de N, 90 g de P₂O₅ y 600 g de K₂O, no hallaron diferencias significativas con relación a un testigo sin fertilizante.

Quiroz y Amores (2000), mencionan que no se ha encontrado beneficio económico con la fertilización del cacao, y en tal sentido, Fuentes (1980) señala que el hecho de aplicar fertilizantes al cultivo en forma remunerativa es más complicado que en la mayoría de los cultivos tropicales, y agrega que algunas de las dificultades se deben principalmente a la heterogeneidad genética del material vegetal. Rondón (2000) reporta que los híbridos presentan alta variabilidad e incompatibilidad. Esta última característica es la principal causante de improductividad en poblaciones con un manejo tradicional. Pero la experiencia de Ecuador ha demostrado que cuando el nivel tecnológico se eleva, la productividad de

los huertos puede duplicarse y hasta triplicarse. Entre las estrategias de mejoramiento tecnológico se destacan el uso de clones mejorados de cacao, de riego, podas sanitarias y abonamiento suficiente, acorde con la demanda del cultivar (Amores, 2008).

La práctica de fertilización, principalmente nitrogenada y fosfatada, debe ser evaluada integralmente, considerando no sólo el rendimiento del cultivo y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, sino también la composición y comportamiento de la biota, a fin de no inhibir estos procesos biológicos ni estimular la dependencia de insumos externos en estos sistemas (López et al., 2000). El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA Venezuela) recomienda aplicar nitrógeno en función de la cantidad de plantas leguminosas presentes como sombra permanente en la plantación. Así, se sugiere una dosis de 40 g.planta⁻¹ cuando la cantidad de leguminosas es alta (estas especies leguminosas son las que tienen la tasa promedio de crecimiento más rápida y generalmente contienen una mayor cantidad de nutrientes en comparación con otras especies - se promueve el aporte de nitrógeno al suelo gracias a la simbiosis establecida entre ellas y las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico. Esto reduce e incluso en algunos casos puede eliminar la necesidad de fertilizantes nitrogenados (Marinho et al., 2007)); y si hay poca o ninguna presencia de estas se recomienda aplicar una dosis de 60 g.planta⁻¹, o una dosis intermedia para casos intermedios; las dosis máximas para P y K son de 90 kg.ha⁻¹.año⁻¹(INIA, 2004).

Los excesivos contenidos foliares de calcio, en el cacao, puede ser la causa de varios trastornos que afectan dicho cultivo, ya que se presenta un desbalance entre su concentración y la de potasio, boro y magnesio, en la planta debe haber un equilibrio entre ellos. (Laínez 1979)

En Brasil, en suelos rojos lateríticos, lo primordial es el encalamiento, para proveer Ca, y posteriormente la fertilización tiene como principal criterio, la disponibilidad de fósforo y potasio para dosificar la fertilización, de tal manera que siempre se aplicarán N, P y K, acorde con las tablas de formulaciones probadas en la Región de Bahía. Debido al tipo de suelos la respuesta es notoria (Chepote et al, 2005).

Para Snoeck (2008) el principal método para definir los correctivos y las aplicaciones al cacaotero, es la interpretación del análisis de suelo, en otras etapas del cultivo, como fructificación, es posible afinar el diagnóstico con análisis foliar. Con base en estudios de suelo y fertilización definió los criterios de diagnóstico: %N, la relación: N/P_2O_5 , Total bases Intercambiables/N, contenido de bases, que permiten el desarrollo y la producción del cacao, en el evento que además del suelo el clima no sea favorable, se debe descartar estas zonas para producción. Los estudios que este investigador y su grupo han realizado, en distintos tipos de suelos, han mostrado que el cacao es un árbol con amplia adaptación y que su rendimiento o producción no es significativamente distinta cuando dispone de mayor

nivel de nutrientes en el suelo. Contrariamente en Ecuador, se conoce que para la mantener la productividad, mayor de 2 Ton ha⁻¹ , se debe adicionar fertilizante, 1 Ton ha⁻¹. (Mitte, 2012 Comunicación personal)

Los resultados de los estudios, en suelos sin problemas severos de pH, déficit de bases, han sido inconsistentes, la respuesta a la nutrición es distinta debido a la alta variabilidad genética del material empleado ,híbridos, por el sombrero bajo el cual se establecen las plantaciones, condiciones que impiden la definición de un esquema preciso de aplicación d, e nutrientes. Por lo anterior la aplicación de nutrientes al cultivo se estima de manera empírica, y cuando se encuentra respuesta e incremento en la producción se mantiene las dosis. Es de tener en cuenta que este factor no es el principal limitante, por ello se ha relegado su exploración y estudio.

Últimamente con la selección de clones productivos, aunque se viene manejando el mismo sistema bajo sombrero, se ha retomado el aspecto nutricional como determinante para el rendimiento, aún así en clones es poco lo que se conoce respecto a demanda nutricional, excepto algunos trabajos realizados en Ecuador, pero se pretende avanzar en estos ..para lograr la estabilidad de la producción.

Se puede concluir que las demandas nutricionales son diferentes dependiendo del material genético, se espera que la plantación con clones auto e intercompatibles, tenga mayor extracción de nutrientes y responda a la aplicación de fertilizantes.

BIBLIOGRAFIA

Amores, F. 2009. La investigación en cacao y el desarrollo económico de su cadena de valor. Conferencia presentada en Taller: Investigaciones del INIAP y el sector privado. Abril 2009. INIAP, Estación Experimental Boliche.

Amores, F; Jiménez, J y Peña, G. 2005. Influencia del tiempo de fermentación y el tostado sobre el desarrollo de compuestos aromáticos asociados al sabor a chocolate en almendras de cacao de la variedad Nacional. Presentación en la 15th Conferencia internacional de investigación en cacao. COPAL. San José, Costa Rica. 7 p.

Amores, F. 2008. Diferencias entre el cacao nacional y CCN-51 desde el punto de vista agronómico, físico, químico y organoléptico. En Seminario Internacional de cacao. Avances de Investigación. Floridablanca Santander.

Barriga, S.; Menjivar, JC.; Mite, F. 2006. Validación del manejo de la nutrición por sitio específico en una plantación de cacao en la provincia de Guayas, Ecuador. En Acta Agronómica, vol55 (3) p 15-22.

Bueno, T. 2000. Fundamentos para la siembra de plantaciones de cacao de alto rendimiento con énfasis en la selección de material genético y el suelo. Boletín de produmedios. Federación Nacional de Cacaoteros. Bogotá, Colombia. p.16.

Chepote, R.E. Andrade G., Lopes, E, Gama R. 2005. Recomendacoes de corretivos e fertilizantes na cultura do cacao na Soul da Bahia, CEPLAC. Ilheus Bahía 36 p.

Costa, L.C.B.; Almeida, A.A.F. & Valle, R.R. (2001). Gas exchange, nitrate assimilation and dry-matter accumulation of *Theobroma cacao* seedlings to different irradiances and assimilation nitrogen levels. J. Hort. Sci. Biotech. 762:224-230.

Crespo del Campo, E; Crespo A., F.. 1997. Cultivo y Beneficio del cacao CCN51. Editorial El Conejo , Quito. 136 pp.

Delgado, F. 1992. Fertilizacion en Cacao. Publicacion de Palmaven. Serie Cultivos. Edit. Poligrafia Industrial. Caracas.

Epstein, E. y A.J. Bloom. 2005. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Sinauer Associates Publishers, Sunderland,MA.

Fuentes, H. 1980. Fertilización en cacao. Referencias Bibliográficas de Cacao (*Theobroma cacao*). Publicación de Fundacite Aragua, Venezuela. Código MFN- 180. p.97

Fedecacao, 2008. Guía Técnica para el cultivo del cacao. Tercera edición. 189 p. (34, 41-47, 52, 61, 81, 84.-86, 105-111, 138, 143, 144). Fondo nacional del cacao

Graetz, H.A. 2000. Suelos y fertilización. Manual para educación agropecuaria. Traducido por Orozco, F. Colaboración Kirchner, F.; López, E. y Berlijn, J. Séptima reimpresión. Editorial Trillas, IMPREMAX, México, Distrito Federal. 80 p.

Ignatieff, V. 1950. El uso eficaz de los fertilizantes. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (F.A.O.). Roma, Italia. p. 1 – 15.

INPOFOS, 1993. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Quito, Ecuador. 55 p.

INPOFOS, 1997. Nutrientes secundarios y Micronutrientes. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Instituto de de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Quito – EC, Querétaro – MX. Capitulo 6, 8 pp. Capitulo 7, p. 11.

Leiva, E.I.; Ramírez, R. 2012. Captura de Carbono en Agroecosistemas Con Cacao *Theobroma Cacao* L. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.

Marinho G.J., Ndiae A., Linhares R. & Azevedo J.A. 2007. Cultivos de cobertura como indicadores de procesos ecológicos. LEISA. 22(4): 20-22.

Mejía, L. 2000.. Nutrición del cacao. En: Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de Cacao. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica Bucaramanga, Colombia. pp. 33-35.

Muller, M,W. 2008. Ecofisiología del cacao. En: Seminario Internacional de cacao. Avances de Investigación. Floridablanca Santander.

Murrel, T.S. 2003. Transformaciones de los nutrientes del suelo. Editor Dr. José Espinoza. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Informaciones Agronómicas. Boletín N° 49. Abril del 2003. www.inpofos.org. Quito, Ecuador. p.16.

Quiroz, J. y F. Amores. 2000. Rehabilitación de plantaciones de cacao en Ecuador. Manejo Integrado de Plagas 63: 73-80.

Ramos, G., P. Ramos y A. Azócar. 2000. Manual del productor de cacao. Producciones Karol. Mérida, Venezuela. p. 27-28.

Snoeck, D. 2008, The soil diagnostic method for formulating fertilizer requirements of cocoa in Ghana. CIRAD. 15th International cocoa research Conference. 387-396 p.

Sánchez, L.; Parra, D.; Gamboa1, E.y Rincón, J. 2005. Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con N P K, en el sureste del estado Táchira, Venezuela. En: Bioagro 17(2): 119-122. Nota Técnica.

Uribe, A., H. Méndez y J. Mantilla. 1998. Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción de cacao en suelo del Departamento de Santander. Revista Suelos Ecuatoriales, 28:31-36.

Wood, G. 1982. Cacao, Trad. por Marino, Primera edición en español, Compañía Editorial Continental S.A., México, D.F. p. 53 -69; 255 - 274.

Thompson L y Troeh F. 1982. Los suelos y su fertilidad. Cuarta edición. Editorial Reverté. S.A. p.55 – 57; 188 – 200; 203 – 206; 209 – 210.