

FERTILIZACION Y MANEJO DE SUELOS CULTIVADOS
CON SOYA, MANI, AJONJOLI, PALMA AFRICANA DE
ACEITE Y COCOTERO EN COLOMBIA ✓

Por Rodrigo Muñoz Araque *

1. INTRODUCCION

En el área de suelos el D.I.A. e I.C.A. han realizado un total de 125 ensayos aproximadamente en cinco de los principales cultivos productores de aceite en Colombia. En soya se han establecido aproximadamente 70 ensayos, en ajonjolí 36, en maní 18 y en cocotero y palma africana 10.

En los experimentos han cubierto aquellos factores que están incidiendo más acentuadamente en la producción de esos cultivos. Así, los ensayos han sido orientados a determinar los requerimientos de N, P₂O₅, K₂O, Mg, SO₄, B, Mo, Zn, Cu, Fe, Mn y encalamiento. Además, efecto de fuentes, dosis, formas y épocas de aplicación de los fertilizantes. Efecto de las inoculaciones en soya - rotación. Preparación de los suelos. Fertilización al

* I.A. M.S. del Programa de Suelos - Instituto Colombiano Agropecuario - ICA Estación Experimental Tulio Ospina. Apartado Aéreo 51764 Medellín

suelo en comparación con la fertilización foliar y riego en ajonjolí. Finalmente una evaluación de la fertilidad de los suelos de estos cinco cultivos.

En este artículo se presenta un resumen de los resultados más sobresalientes en suelos en los diferentes cultivos.

2. SOYA (Glycine max (L) Merr.)

En la Tabla 1 se presenta una evaluación de las características químicas de los suelos cultivados con soya en los departamentos productores de esta leguminosa en Colombia. De acuerdo con estos datos, en el Valle del Cauca y Cauca predominan los suelos moderadamente ácidos a ligeramente ácidos (pH 5,5 a 6,5). En el Meta, en cambio los suelos son en aproximadamente un 70%, extremadamente ácidos a fuertemente ácidos (pH menor de 5,5).

En el Departamento del Cauca un mayor porcentaje de las muestras presenta un contenido más alto de materia orgánica, en comparación con el Valle y el Meta. En estos departamentos entre un 44 y 51 % de las muestras analizadas

de contenidos bajos de materia orgánica, menor de 3.0%. Estos datos, indicarían una mayor probabilidad de respuesta a la fertilización nitrogenada en los suelos del Valle y Meta que en el Cauca.

El fósforo disponible extraído por el método de Bray II presenta contenidos bajos, en un 73% para el Cauca y 70% para el Meta. En el Valle del Cauca, en cambio, los suelos bajos en fósforo representan apenas un 28% de los suelos analizados. Es de esperar, teniendo en cuenta que la soya es una leguminosa que requiere buena cantidad de fósforo asequible en un período de tiempo relativamente corto, respuestas muy positivas a la fertilización con este nutrimento en el Cauca y el Meta. En el Valle las respuesta pueden ser esporádicas y muy localizadas.

El K intercambiable extraído con acetato de amonio IN y Neutro, presenta una distribución más o menos similar a la del fósforo. Es decir, los departamentos del Cauca y Meta, presentan un alto porcentaje de muestras con contenidos bajos a medios, mientras que en el Valle del Cauca predominan los suelos medios o altos en K - intercambiable.

En resumen los datos de la evaluación sobre las características químicas de los suelos cultivados con soya indican un alto porcentaje de tierras con una fertilidad baja a media en los departamentos de Cauca y el Meta.

En estas zonas es muy probable la necesidad de aplicar fertilizantes químicos a base de N, P₂O₅ y K₂O. El encalamiento parece ser una práctica obligada, en el departamento del Meta. En el Valle del Cauca los suelos son más fértiles y en éstos es de esperar respuesta a nitrógeno y en algunos casos a P y K.

Los datos de los ensayos de campo que se detallan a continuación corroboran en gran parte las observaciones anteriores.

En soya se han realizado 70 ensayos de los cuales 50 estuvieron localizados en el Valle del Cauca, principal zona productora de esta leguminosa en el país. Los ensayos restantes han sido establecidos en otras zonas potenciales para el cultivo de la soya como son los Llanos Orientales en los paisajes de Vegas, Terrazas y Sabanas, Valle de Aburrá y del río Sinú y en la Estación Experi-

mental Caribia en el Municipio de Ciénaga, departamento del Magdalena.

En el Valle Geográfico del Rio Cauca, los estudios sobre respuesta de la soya a la fertilización, no han mostrado respuestas significativas a N, P₂O₅, K₂O y varios elementos menores. Sin embargo, se han presentado incrementos en los rendimientos que dan una relación beneficio costo muy favorable que justificarían en este momento, el uso de diferentes dosis de fertilizantes. En la Tabla 1 se presentan estos efectos. Los ensayos de la Tabla 1 cubrieron una zona muy amplia del Valle del Cauca, con suelos de diferentes fertilidad. Estos estuvieron localizados en los Municipios de Cali, Candelaria, Buga, Cerrito, Puerto Tejada, Guacarí, Palmira y Ponce. En estos experimentos se usaron las variedades de soya ICA-Lilí, Pelican, Mandarín, Línea 203-1-5 M e ICA- Tunia.

De acuerdo con los datos de la Tabla 1 y la fertilidad de los suelos cultivados con soya en el Valle Geográfico del rio Cauca se puede dar recomendaciones de fertilizantes, las cuales se indican en la Tabla 2.

TABLA 1. Distribución porcentual del pH, materia orgánica, fósforo y Potasio para los suelos cultivados con soya en los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Meta.

Elemento - Categoría	Departamento		
	Cauca	Valle	Meta
pH			
menor 5,5 fuertemente ácido	25	5	70
5,6 - 6,5 mod. a liger. ácido	52	43	27
6,6 - 7,3 neutro	22	32	3
mayor 7,3 alcalino	1	20	0
% de Materia Orgánica			
menor 3,0 Bajo	26	44	51
3,1 - 5,0 Medio	43	45	28
5,1 -10,0 Alto	31	11	21
P (ppm - Bray II)			
menor 10,0 Bajo	73	28	70
10,1 - 20,0 Medio	16	24	9
20,1 - 40,1 Alto	11	25	9
mayor 40,1 Muy Alto	0	23	12
K- intercambiable me/100 g/			
menor 0,15 Bajo	45	26	56
0,16 - 0,30 Medio	39	30	28
0,31 - 0,60 Alto	11	26	12
mayor 0,61 Muy alto	5	18	4

Los datos están expresados en base a 1.370 muestras

TABLA 2. Rendimiento en kg/Ha del tratamiento testigo y variedades por efecto de la fertilización, en suelos del Valle del Cauca.

Número de ensayos	Tratamiento en kg/Ha			
	Testigo	30 N	60 N	100 P ₂ O ₅
13	1.880	160	187	140
	30 N y 100 P ₂ O ₅		60 N y 100 P ₂ O ₅	
	280		180	
	30 N 100 P ₂ O ₅ y 50 K ₂ O			
	230			

En el Sur del Valle geográfico del río Cauca y en los suelos coluviales adyacentes a las cordilleras que circundan el Valle, es muy probable que la soya requiera dosis altas de fertilizantes. Estos suelos son de una textura pesada, rojizos y de baja fertilidad. En estas zonas la soya puede necesitar la aplicación de un fertilizante

comercial de grado 1:2 : 1 entre el N : P₂O₅ : K₂O en dosis de 400 a 600 kg/Ha. En los suelos normales de la zona centro y norte del Valle, la soya parece responder únicamente a N y/o P₂O₅. En estos suelos las dosis pueden variar entre 25 a 50 kg/Ha de N y P₂O₅.

En el Valle geográfico del río Cauca se han realizado ensayos con los elementos menores Boro (B), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Hierro (Fe). Las localidades donde se establecieron los experimentos cubren los municipios de Palmira, Cali, Candelaria, Buga, Cerritos, Puerto Tejada, Guacarí, Ponce, Bugalagrande, Roldanillo y Zarzal. Las variedades de soya incluidas en los trabajos fueron ICA Lilí, Pelican SM-ICA, Davis, Hill y Mandarín.

Los resultados que se incluyen en las Tablas 4 y 5 muestran aumentos bajos en los rendimientos al aplicar solo o en combinación varios elementos menores. Con 24 kg/Ha de Zn SO₄ se logran aumentar de 190 a 290 kg/Ha de soya y con 20 a 25 kg/Ha de CuSO₄ entre 150 y 290 kg/Ha de soya. Estos aumentos con los costos actuales de la soya, justifican económicamente la aplicación de estas fuentes de elementos menores solas. Los incrementos obtenidos con

la aplicación combinada de las fuentes de cobre y zinc no son superiores a la aplicación solo de cada fuente (Ver Tabla 4).

Los resultados de las investigaciones para los suelos de los Llanos Orientales, Tolima y Valle del Sinú permiten establecer recomendaciones de fertilizantes a base de N, P₂O₅, K₂O. Los elementos menores y secundarios Boro, Molibdeno, Zinc y Azufre no han incrementado significativamente los rendimientos en los Llanos Orientales. En estas zonas se han utilizado las variedades Mandarin, ICA Lilí, Pelican SM-ICA, ICA Taros, ICA L-109, ICA Caribe y L-110.

Los suelos de Terrazas y de Sabana de Los Llanos Orientales presentan condiciones físicas de textura y drenaje adecuadas para el desarrollo normal de la soya. Sin embargo, las condiciones químicas indican una fertilidad natural muy baja. En general, son suelos bajos en materia orgánica, fósforo (Bray II) y en las bases intercambiables Ca, Mg y K. Fuertemente ácidos y altos en aluminio intercambiable. Los suelos de Vegas presentan condiciones naturales de fertilidad más favorable para el cultivo de la soya.

TARLA 3. Recomendaciones de fertilizantes para soya en el Valle del Cauca, con base en los contenidos de materia orgánica, fósforo y potasio y las respuestas de campo.

Contenido de materia orgánica	Dosis de Contenido		Dosis F205 kg/Ha	Contenido de K		Dosis de K20
	N kg/Ha	P (ppm* Bray II)		en me/100 g.		
Bajo - menos 2,5 %	50	Bajo - menos 15	50 - 100	Bajo - menos 0,30	50	
Medio- 2,5 a 5,0 %	25 - 50	Medio- 16 - 30	25 - 50	Medio- 0,31 - 0,60	25 - 50	
Alto - mayor 5,1 %	0 - 25	Alto - mayor 31	0 - 25	Alto - mayor 0,61	0 - 25	

TABLA 4. Respuesta de la soya en nueve localidades del Valle del Cauca a la fertilización con elementos menores. Rendimiento de grano en kg/Ha.

Tratamientos en kg/Ha				Promedio 9 Sitios	Oscilaciones		Incremento de Producción Promedio Vs Testigo
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	E. M.		Menor	Mayor	
0	0	0	0	1,880	1,400	2,700	-
30	100	50	0	2,110	1,500	2,700	230
30	100	50	25 Cu SO ₄	2,170	1,400	2,800	290
30	100	50	25 Zn SO ₄	2,040	1,600	2,700	194
30	100	50	Zn + Cu	2,020	1,600	2,600	142
90	100	50	Zn + Cu	2,020	1,300	2,900	170

Otras investigaciones en soya sobre diferentes aspectos de manejo de suelos, rotaciones, formas de aplicación de fertilizantes e inoculaciones permiten las consideraciones siguientes, para diferentes zonas en el país.

Las rotaciones entre el maíz (M), soya (S) y la alfalfa (A), en suelos de la serie Palmeras, en Palmira con y sin fertilización con 100 kg/Ha de Urea, indican que :

TABLA 5. Respuesta de la soya en 13 localidades del Valle del Cauca, a la fertilización con elementos menores. Rendimiento de grano en kg/Ha

-	TRATAMIENTO				Promedio 13 sitios	Increm. Promedio 13 sitios	Variación de los Incrementos	
	Borax ZnSO ₄	CuSO ₄	FeSO ₄	MnSO ₄			Menor	Mayor
-	-	-	-	-	2.477	-	-	-
6	-	-	-	-	-	60.0	- 630	+ 710
-	24	-	-	-	-	278.0	- 290	+ 1.010
6	24	-	-	-	-	110.0	- 640	+ 830
6	24	20	-	-	-	154.0	- 110	+ 720
6	24	-	40	-	-	158.0	- 80	+ 460
6	24	-	-	20	-	184.0	- 230	+ 570

TABLA 6. Recomendaciones de fertilizantes para soya en suelos de los Llanos Orientales, Tolima y Valle del Sinú.

R e g i ó n	Dosis en kg/Ha			Grados Comerciales			Dosis en kg /Ha
	N	P205	K ₂ O	Cal	N : P ₂ O ₅ :	K ₂ O	
Llanos Orientales	25-75	25- 50	25-50		1-2 :	1-1,5	250-350
Vegeta							
Terraza Alta	40-50	150-250	25-50	1-2*	1 : 3-4	: 0.5-1.0	400-600
Sabana	40-50	100-150	25-50	1	1 : 2-3	: 0.5-1.0	300-500
Tolima	40-50	-	-	-	-	-	-
Valle del Sinú	60	20-40	20	-	-	-	-

* Toneladas por hectárea de cal agrícola. Las fuentes de P, Superfosfato Triple y Escorias Tomas son igualmente eficientes.

a) en el sistema maíz seguido de soya o soya seguido de maíz se consiguen rendimientos altos en ambos cultivos y se logra una economía equivalente a 100 kg/Ha de N para el maíz. Estas rotaciones presentan al cabo de 12 cosechas las mejores condiciones físicas y químicas como alto contenido de nitratos (17, 04 y 14,67) (ppa), alta velocidad de infiltración, baja densidad aparente, alta macroporosidad y retención de humedad y una estabilidad intermedia de los agregados del suelo al agua. b) en la rotación maíz - soya la segunda cosecha de maíz se reduce casi a la mitad, en comparación con primera cosecha. Estos datos indican que el efecto benéfico de la soya, en la economía del nitrógeno para el maíz no dura más de una cosecha de maíz o un semestre y c) la soya presenta diferentes rendimientos dependiendo del sistema de rotación en que se encuentre. En la Tabla 7 se indican estos rendimientos para seis cosechas en cada cultivo.

Estudios sobre efecto de la siembra en caballones con labranza mínima, en una rotación soya-maíz en suelos de la serie Galpón, del Centro de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, con una relación Ca/Mg estrecha, se encontró

TABLA 7. Rendimientos de la soya y el maíz endiferentes estaciones, en suelos de la serie Palmeras. Palmira.

Rotaciones	Rendimiento en t/ Ha			Contenido de NO ₃ en el suelo en ppm
	Soya	Maíz		
	Con N	Sin N		
1 MS MM SM	2.54	5.11	3.85	-
2 SM SM SM	2.01	5.31	4.92	17.04
3 MS MS MS	1.98	5.76	4.92	14.67
4 SS SS SS	1.92	-	-	-
5 MM SM MS	1.86	4.51	-	-
6 SMM S MM	1.42	3.66	2.83	3.89
7 MMM M MM	-	4.13	2.77	4.11

que: a) no hay aparentemente respuesta varietal de la soya a la relación Ca/Mg; b) la siembra en caballón aumentó la producción posiblemente por un mejoramiento en el drenaje y c) en estos suelos, en la variedad ICA-Taroa no se afectó el rendimiento por las aplicaciones de cal, galletina, sulfato de zinc y borax.

En el Valle de Aburrá en suelos de terrazas aluviales muy recientes los rendimientos de maíz, en la rotación maíz-soya, son similares a los de la siembra continua de maíz fertilizado con 40 kg/Ha de N en cada cosecha. En la economía del N para el maíz la rotación maíz - soya es más eficiente que soya - maíz. En estos suelos la aplicación de 40 y 30 kg/Ha de N a la soya, disminuye su rendimiento en un 30 a 40 %.

En los Llanos Orientales, en los suelos de terrazas altas, la forma más conveniente para fertilizar la soya se logra al mezclar dos toneladas de cal con 240 kg/Ha de P_2O_5 y aplicarlas al voleo. En las terrazas medias las mezclas de la cal y el fósforo se deben aplicar en banda.

Los estudios sobre inoculaciones en soya en el Valle del

Cauca no han mejorado aparentemente los rendimientos. En cambio, en suelos del norte del Cauca, más pobres en N y P hay aparente respuesta a las inoculaciones. En el Valle del Sinú cuando no se inoculan las semillas se han obtenido los más bajos rendimientos. En los suelos de sabanas de los Llanos Orientales, las inoculaciones tienen efectos positivos cuando se aplican dosis bajas a medias de fertilizantes. Con fertilizaciones altas, el inóculo presenta efectos negativos.

Las aplicaciones foliares de urea y de algunos productos comerciales, en soya en el Valle del Cauca, han aumentado los rendimientos sin llegar a ser éstos significativos, cuando se comparan con una fertilización adecuada al suelo.

2. FERTILIZACION Y MANEJO DEL CULTIVO DEL MANI (Arachis hypogaeas L.) EN LOS LLANOS ORIENTALES

En maní se han establecido 18 ensayos en el área de suelos en los paisajes de terrazas planas del Piedemonte, en las sabanas y en las altillaruras planas de los Llanos Orientales.

Los suelos de altillanuras planas son de muy baja fertilidad caracterizados por una reacción extremadamente ácida, cuyo complejo de cambio está altamente saturado por aluminio. Son suelos muy bajos en P, Ca, Mg, K y Na y bajos a medios en materia orgánica. Físicamente presentan características muy favorables para el maní y textualmente predominan los suelos francos a franco limosos.

Los suelos de Vega están representados por aluviones recientes, de mediana fertilidad, con pocos problemas de aluminio intercambiable y parecen que se pueden incluir en el orden de los Entisoles. En general son suelos moderadamente a ligeramente ácidos, medios en materia orgánica y medio a altos en P, Ca, Mg y K. La textura varía entre media pesada, presentando limitaciones para el cultivo del maní.

Los suelos de las terrazas altas del Piedemonte Llanero poseen muy buenas características físicas de textura y estructura, permeabilidad, retención de humedad, etc. Desde este punto de vista reúnen condiciones apropiadas para el cultivo del maní. Este paisaje comprende unas 212.500 hectáreas. Químicamente son suelos fuertemente

ácidos, con alto contenido de aluminio intercambiable y de baja fertilidad.

En la Tabla 8 se indican las principales características físicas y químicas de las terrazas del Piedemonte, altillanuras planas y vegas.

Los ensayos en las terrazas altas del Piedemonte y en las altillanuras y sabanas, permiten establecer dosis de N, P_2O_5 , K_2O y cal, para lograr rendimientos superiores a 2.0 t/Ha de maní en cáscara (Tabla 9).

Los suelos de terrazas altas representan un área potencial muy grande para el cultivo del maní, de aproximadamente 215 mil hectáreas. Sin embargo, los estudios indican algunas limitaciones químicas que son indispensable corregir para el buen desarrollo del cultivo. De acuerdo con los resultados de campo se tiene que el fósforo es el nutriente más limitante en la producción. Este elemento parece no influir en el porcentaje de cápsulas vanas pero sí en el número de cápsulas por planta. Las mejores fuentes de este elemento han resultado ser el superfosfato triple (SPT) al momento de la siembra en banda, al la-

TABLA 8. Algunas características químicas y físicas de suelos de terrazas altas, altillanuras planas y vegas, en los Llanos Orientales. Promedio de varias localidades.

Características	P a i s a j e s		
	Terrazas altas	Altillanuras	Vegas
Texturas	F.A. - F.Ar.	F - F.L.	F.Ar. Ir.-Ar.
pH	4.4 - 5.1	3.9 - 3.9	5.2 - 6.4
Materia Orgánica	2.2 - 5.0	3.4 - 4.3	2.1 - 4.0
P (ppm Bray II)	2.0 - 5.8	3.5 - 4.4	18.2 - 27.3
Al- me/100 gr	1.8 - 3.5	3.3 - 3.8	0.25 - 1.0
Ca- me/100 g	0.4 - 0.6	0.8 - 0.8	2.8 - 9.9
Mg- me/100 g	0.3 - 0.5	0.31 - 0.37	0.6 - 1.5
K - me/100 g	0.08 - 0.14	0.10 - 0.12	0.15 - 0.30
CIC-me/100 g	3.2 - 4.7	4.57 - 5.13	- -
Saturación Al (%)	56 - 75	72 - 74	- -

do de las semillas ó las Escorias Thomas (E.T) al voleo, al momento de la siembra, para los suelos de terrazas del Piedemonte. En los suelos de sabanas y altillanuras, el

TABLA 9. Dosis de N, P₂O₅, K₂O y Cal para maní en suelos de los Llanos Orientales

Paisajes	Dosis en kg / Ha			Grados	Dosis kg/Ha	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			Cal
terrazas altas del Piedemonte	20-40	100-150	40	1.000-2.000	0.5 : 3-4 : 1	400-600
Sabanas y Alti- llanuras planas	20-40	100-200	60	1.000-2.000	0.5 : 2.5 : 1-1,5	400-600

S.F.T., E.T. y una roca fosfórica nacional aplicados al voleo son iguales ó superiores en rendimiento a las aplicaciones en banda, al momento de la siembra.

Un resultado promisorio para la roca fosfórica nacional (22 % de P_2O_5 total) es el hecho que esta fuente en dosis altas de 300 a 400 kg/Ha de P_2O_5 es tan eficiente en la producción del maní, como el superfosfato triple y las Escorias Thomas, utilizadas estas fuentes en dosis bajas de 100 a 200 kg/Ha de P_2O_5 . Las tres fuentes se comparan con un sistema de aplicación en banda al momento de la siembra.

El nitrógeno en estos suelos bajos en materia orgánica, limita la producción de maní pero no tan severamente como el fósforo. En el campo se presentan respuestas positivas muy altas en rendimiento a dosis bajas de nitrógeno. Este resultado parece indicar que el maní fija casi todo el nitrógeno que necesita para su normal crecimiento y producción siendo necesario apenas pequeñas cantidades, de 20 - 40 kg/Ha, para su establecimiento.

El potasio tiene respuestas aparentemente contradictorias

en estos suelos cuyo contenido es bajo. Los resultados confirman otras investigaciones en las cuales se manifiesta cierta habilidad por las raíces del maní para tomar ciertas formas de potasio en estos suelos cuyo K - intercambiable es bajo.

El encalamiento muestra efectos benéficos en el maní en este tipo de suelos muy ácidos, altos en aluminio intercambiable y bajos en calcio y magnesio. El Maní parece ser una planta bastante tolerante a la acidez: sin embargo, la aplicación de una a dos toneladas por hectárea de cal agrícola reduce considerablemente el vaneamiento de las cápsulas y aumenta los rendimientos de maní en cáscara. El encalamiento se debe efectuar con anticipación a la siembra, 20 días aproximadamente, al voleo e incorporado.

Los suelos de las terrazas del piedemonte han mostrado incrementos considerables en los rendimientos con las aplicaciones de dosis medias de los elementos menores boro (0.75 a 1.5 kg/Ha) : zinc (5 a 10 kg/Ha) y cobre (1.5 a 3.0 kg/Ha) y al magnesio entre 20 y 40 kg/Ha. En suelos de Carimagua, de altillanuras, ha habido respuestas pero

no significativas a los elementos boro, magnesio, zinc, cobre, molibdeno y magnesio.

Los ensayos sobre manejo de suelos en las terrazas del piedemonte indican que el aporque a los 30 días de la siembra aumenta la producción en un 20 a 25 % en comparación con maní sin aporcar. En suelos similares las pruebas de adaptación de las variedades Valencia 28, Selección Pintado, UDO 37, UDO 49, Pintado, Alaike, Tacui- 76 y Tenesse, muestran una gran diferencia en la respuesta a una misma dosis de fertilizantes. Obteniéndose rendimientos superiores a 2,4 t/Ha de maní en cáscara, aún con dosis bajas de fertilizantes. Estos resultados muestran que el maní es un cultivo económicamente muy promisorio para suelos de las terrazas altas de los Llanos Orientales.

3. AJONJOLI (Sesamun indicum L.)

Los ensayos de suelos en ajonjolí se han efectuado en el departamento del Tolima, principal productor de esta oleaginosa en el país, y en otras áreas potenciales del

Litoral Atlántico y Llanos Orientales. Con ajonjolí se han realizado un total de 36 ensayos.

El departamento del Tolima puede considerarse dividido en dos grandes zonas, por las características de los suelos. La zona Sur que comprende 13 municipios y que presenta una zona de vida natural muy adecuada para el cultivo del ajonjolí, de bosque seco tropical (bs-T). En esta zona predomina la serie de suelos Dindalito que se caracteriza por tener textura franco arenosa, con estructura en bloques moderados a finos, consistencia friable, no plástica ni pegajosa, con permeabilidad moderada y retención de humedad regular. Son suelos moderadamente ácidos, bajos en materia orgánica, medios en fósforo y con buen contenido de calcio, magnesio y potasio.

La zona Norte es geológicamente muy joven y en ella sobresale la serie de suelos Boluga. Esta serie tiene texturas medias a pesadas, con estructura en bloques sub-angulares medios, consistencia friable, ligeramente plástica y pegajosa, con permeabilidad moderadamente rápida y retención de humedad regular. Son suelos neutros muy bajos en materia orgánica, bajos en fósforo y altos en cal-

cio, magnesio y potasio.

Los ensayos en el campo, en los municipios de Coyaima, Natagaima y El Espinal en el departamento del Tolima y en suelos de terrazas del Piedemonte en los Llanos Orientales, sobre respuesta del ajonjolí a N, P₂O₅, K₂O, MgSO₄ y encalamiento, indican que se pueden obtener altos rendimientos de ajonjolí con la aplicación de dosis de la Tabla 10.

En el Tolima con la aplicación de dosis adecuadas de nitrógeno, se obtienen rendimientos similares, con cualquiera de las fuentes nitrogenadas Urea (45 % de N), sulfato de amonio (21 % de N y 26 % de S) y nitrato de amonio o nitrón 26 (26 % de N). En estos suelos, la aplicación de 30 kg/Ha de N, en ajonjolí variedad ICA Pacandé sembrado en surcos entre 60 y 75 centímetros es la que ha permitido los más altos rendimientos.

El fraccionamiento del nitrógeno, a razón de una tercera parte a la siembra y las dos terceras partes restantes después del raleo o sea aproximadamente a los 30 días de la germinación parece ser el mejor método de aplicación de este nutrimento.

TABLA 10. Fertilización promedio para ajonjolí en suelos de la serie Dindalito en el Tolima y en las terrazas del Piedemonte Llanero.

	Dosis en kg / Ha				Grados	Dosis kg/Ha fertilizante Cial.	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgSO ₄			Cal
Serie Dinda-	30-60	30-60	30-60	0-30	-	1 : 1 : 1	300 - 600
lito						2* : 1 : 1	200 - 300
						1 : 2* : 1	200 - 300
						1 : 1 : 2*	200 - 300
Terrazas del	50-100	150-200	50-100	-	2000-3000	1 : 3 : 1	500 - 700
Piedemonte						1 : 2 : 1	800 - 1000

* Para suelos bajos en M.O ; P ó K

Los ensayos con elementos menores han mostrado respuestas con-contradictorias en el Tolima con ajonjolí. Sin embargo el sulfato de zinc y de hierro muestran una tendencia positiva en la producción.

En estos suelos de la serie Dindalito, de texturas livianas, alta permeabilidad y regular retención de humedad, la aplicación de agua suplementaria ha logrado incrementar la producción de ajonjolí considerablemente. El incremento ha sido hasta un 45 % en comparación con el rendimiento de ajonjolí temporal. Sin embargo, en otros ensayos, el uso del riego suplementario apenas incrementó la producción en 241 kg/Ha de semilla, lo cual no parece justificar económicamente esta práctica cultural, dado los altos costos del riego.

En los Llanos Orientales en los suelos de terraza del Piedemonte y en las altillanuras, los ensayos con ajonjolí indican que el fósforo es el nutrimento más limitante seguido del nitrógeno y el potasio, en la producción. Los cultivos sin aplicaciones de nitrógeno producen plantas de tamaño mediano y fructificación aceptable. En cambio los cultivos sin fósforo presentan plantas enanas

y con muy poca fructificación. Las plantas sin potasio son aparentemente normales con buen follaje, vigor y fructificación.

En estos suelos, al comparar varias fuentes de fósforo en el rendimiento del ajonjolí, variedad ICA Pacandé se encontró que el superfosfato triple endosis de 150 kg/Ha, al voleo era el de mayor producción. Sin embargo, el uso de dosis y sistemas de aplicación iguales con las fuentes roca fosfórica y superfosfato triple dan rendimientos similares. Estos resultados parecen indicar la posibilidad de utilizar como fuente de fósforo para fertilizar ajonjolí rocas fosfóricas nacionales con buen resultado.

4. PALMA AFRICANA DE ACEITE (Elaeis guineensis Jacq.)

La palma africana en Colombia ocupa zonas planas y de colinas suaves en los departamentos del Litoral Atlántico, Litoral Pacífico, Santanderes y Llanos Orientales principalmente. Estas zonas presentan suelos aluviales y coluviales en terrazas pobremente drenadas, siendo éste uno de los principales limitantes para el buen desarrollo del cultivo.

TABLA 11. Distribución porcentual del pH, materia orgánica, fósforo, potasio para los suelos cultivados con palma africana de aceite en Colombia

Elemento - categoría	Antioquia Córdoba Chocó	Meta Y Caquetá	Nariño	N. Santander Santander
pH				
menor 5,5 fuertemente ácido	36	85	25	17
5,6 - 6,5 mod.a liger. ácido	30	15	55	67
6,6 - 7,3 neutro	32	-	17	13
mayor 7,3 alcalino	2	-	3	3
% de materia orgánica				
menor 3,0 bajo	73	48	70	75
3,1 - 5,0 medio	9	47	11	8
5,1 -10,0 alto	18	5	19	17
P (ppm Bray II)				
menor 10,0 bajo	47	95	98	43
10,1 a 20,0 medio	15	3	2	24
20,1 a 40,0 alto	23	2	-	24
mayor 40,1 muy alto	15	-	-	9
K - intercamb.me/100 gr.				
menor 0,15 medio	100	100	75	53
0,16 0,30 medio	-	-	25	40
0,31 0,60 alto	-	-	-	4
mayor 0,61 muy alto	-	-	-	3
Relación Ca : Mg				
1 : 1 normal	32	43	-	44
1 : 2 - 4 desequilibrado	68	57	100	56
Número de muestras (n)				

Las propiedades químicas son a su vez muy variables dependiendo del suelo y del manejo de las plantaciones.

En la Tabla 11 se indican las características químicas del suelo para pH, materia orgánica, fósforo, potasio y la relación Calcio-Magnesio para cultivos de palma africana en varios departamentos.

De acuerdo con estos resultados, en el Litoral Atlántico, que comprende los departamentos de Antioquia, Chocó y Córdoba, predominan los suelos moderadamente ácidos a neutros; bajos en materia orgánica, P aprovechable y en K intercambiable. La relación Ca : Mg de 1:1 es apenas un 32 %, presentando las demás muestras un ligero desequilibrio en favor del magnesio.

Los suelos del Meta y Caquetá, son de una fertilidad natural muy baja. Estos son suelos extremadamente ácidos a fuertemente ácidos, bajos a medios en materia orgánica, bajos en fósforo aprovechable y en K - intercambiable.

En esta zona, un 43 % de los suelos presenta una relación Ca : Mg de 1 : 1.

En el departamento de Nariño, en el Litoral Pacífico, los

suelos cultivados con palma africana son en un alto porcentaje entre moderadamente ácidos y ligeramente ácidos, bajos en materia orgánica, en fósforo aprovechable y K - intercambiable. En estas zonas un 75 % de las muestras presentan una relación Ca : Mg desequilibrada en contra del calcio. Condiciones similares de fertilidad presentan las plantaciones de los departamentos de Santander.

En resumen los datos de la Tabla 11 indican que en Colombia, los suelos cultivados con palma africana son de una fertilidad entre baja y media, presentando una alta probabilidad de respuesta a las aplicaciones de N, P₂O₅, K₂O y al encalamiento, con cal dolomítica (CaCO₃ + MgCO₃). Los ensayos de campo corroboran esta afirmación.

Los ensayos de fertilización y manejo de suelos con palma de aceite son muy escasos hasta la fecha en Colombia si se tiene en cuenta el área cultivada y potencial y la gran diversidad de suelos donde están establecidas las plantaciones. En este sentido se han realizado ensayos con plántulas a nivel de viveros, en plantaciones desde transplante hasta producción y en plantaciones adultas.

En vivero, los ensayos se han efectuado con suelos aluviales de la Estación El Mira en Tumaco y rojos de terrazas altas del Piedemonte, en Acacías. En esta última localidad los suelos son franco arenosos, medios a altos en materia orgánica (4.9 %), bajos en P (12,2 ppm) y en Ca y Mg (0.8 y 0.4 m²/100 g) y medios en K (0.22 mm/100 g). Son suelos extremadamente ácidos (pH 4.4) y altos en aluminio intercambiable.

Los resultados de la fertilización en vivero para transplantar plántulas sanas y vigorosas a los 12 meses aproximadamente, indican que para las terrazas altas del Piedemonte y similares se deben aplicar 2 a 4 t/Ha de cal dolomítica (CaCO₃ + MgCO₃) y 200 kg/Ha de P₂O₅ (como superfosfato triplo) y K₂O (como cloruro de potasio). En estos suelos con 4.9 % de materia orgánica, no se requiere la aplicación de N. Los fertilizantes en este ensayo se aplicaron a bolsas de 15 litros de capacidad a razón de una tercera parte del N y K₂O al mes de siembra y luego cada tres meses las dos terceras partes restantes. El P₂O₅ y la cal se aplican en su totalidad al momento de la siembra en las bolsas.

En El Mira, los resultados en base a emisión foliar, diámetro del estipe y área de la hoja número cuatro, indican que las palmitas se deben fertilizar con 16 gramos de nitrógeno (como úrea) por bolsa de 15 kilogramos de suelo, más 32 gramos de P_2O_5 (como superfosfato triple) y 16 gramos de K_2O (como cloruro de potasio).

En este ensayo, los elementos se aplicaron fraccionados a razón de un sexto, dos sextos y tres sextos al mes, tres y seis meses de la siembra, respectivamente.

Los cultivadores de palma utilizan varias dosis y modalidades de fertilización para plántulas en la fase de vivero en bolsas. En los Llanos Orientales se recomienda hacer una mezcla de los abonos siguientes: un bulto de úrea más un bulto de cloruro de potasio, más medio bulto de carbonato de magnesio. De esta mezcla se aplica cada mes aproximadamente 16 gramos en cada bolsa, hasta el trasplante definitivo al campo. Esta fertilización se complementa con aspersiones de úrea foliar cada mes a razón de 100 gramos de este fertilizante por 20 litros de agua. Las aspersiones se inician en plántulas de un mes para evitar quemazón de las hojas.

En la plantación INDUPALMA (San Alberto), se acostumbra preparar una mezcla de un bulto de superfosfato triple, más un bulto de sulfato de potasio y otro de sulfato de magnesio. De esta mezcla se aplican 12 gramos por bolsa cada dos meses; iniciando en plántulas de dos meses. La dosis de 12 gramos se incrementa en cuatro gramos cada dos meses hasta completar un máximo de 25 gramos.

La fertilización anterior se complementa con úrea a razón de 12 gramos por bolsa cada dos meses hasta el transplante.

En la plantación de Hipilandia (Río de Oro, Cesar) se sigue aproximadamente el siguiente plan de fertilización:

<u>Edad (meses)</u>	<u>Gramos de 12-12-17-2 por palmita</u>
4	7
5 - 6	10
7 - 8	15
9 - 10	20
10 - 13	23
14 ó más	40

Cuando se presenta un amarillamiento por deficiencia de nitrógeno se complementa la fertilización con Nitrón 26, en dosis que varían de 20 hasta 100 gramos por bolsa; dependiendo de la edad de las plántulas. En caso de deficiencia de magnesio, se aplica el sulfomag (22 % de K_2O y 18 % de MgO) a razón de 100 gramos repartidos en dos a tres aplicaciones antes del transplante.

Para corregir deficiencias de boro, en vivero se acostumbra aplicar borax al suelo en dosis de uno a tres gramos por bolsa ó aplicar foliarmente borax del 60 % de B, a razón de un gramo del producto en 10 litros de agua. De esta solución se aplican 100 gramos por planta dos a tres veces antes del transplante al campo.

En plantaciones jóvenes, desde transplante hasta tres o cuatro años en sitio definitivo, se acepta universalmente la aplicación de N, P y/o P y Mg. Las dosis y frecuencias y fuentes depende en cada plantación de la fertilidad de los suelos.

En la plantación de COLDESA (Turbo), en suelos aluviales de terrazas pobremente drenados, en plantas jóvenes se

recomienda aproximadamente la siguiente fertilización 125 gramos de urea a 250 gramos de sulfato de amonio y 250 gramos de cloruro de potasio por palma anualmente. En esta plantación cuando se presentan deficiencia de B y Mg se aplican 500 a 1000 gramos en Keiserita (sulfato de magnesio) por palma anualmente y 50 a 100 gramos de borax (60 % de B) por palma anualmente.

En la plantación de Hipilandia, para plantas jóvenes se recomiendan aplicación en kg/Ha por año, de 1,0 de nitrón 26, 1, 0 de sulfomag, 1,0 de KCL y 50 gramos de bórax.

En las plantaciones de los Llanos Orientales se recomienda básicamente el siguiente plan de fertilización : al momento del transplante, 3,0 kilogramos en cada hoyo de Escorias Thomas. Cloruro de potasio, hasta completar tres años, en dosis de 1 - 2 kg/palma. Durante los tres primeros años se aplica además, dos veces, carbonato de magnesio ($MgCO_3$), a razón de 100 gramos por planta. Al tercer año se inicia el abonamiento con borax (60 % B) a razón de 120 gramos por palma al año; repartidos en tres aplicaciones.

En plantaciones adultas, en plena producción, los fertilizantes están basados en análisis de suelos y especialmente en análisis foliar. De acuerdo con estos resultados la fertilización en explotaciones intensivas debe satisfacer las necesidades de las palmas para mantenerlas a un máximo de productividad, con dosis de mantenimiento y de establecer, a partir de informaciones permanentes de análisis foliares, una adecuada fertilización con dosis correctivas.

En la palma africana se han definido las hoja 9 y 17 a partir del ápice, para efectuar el análisis foliar. La hoja 9 se usa en plantas jóvenes y la 17 en plantas adultas. Para estas hojas se han definidos niveles críticos y óptimos para varios nutrimentos. De acuerdo con estos niveles se decide la fertilización de una plantación.

En la Tabla 12 se presentan estos niveles, basados en experiencias del IRHO, para plantaciones en otros países.

En Colombia apenas se está iniciando este trabajo de investigación que permitirá establecer estos niveles críticos, para diferentes localidades.

Siguiendo el criterio de aplicar fertilizantes para mantenimiento y dosis adicionales para corregir las deficiencias que manifieste el análisis foliar, las diferentes plantaciones en Colombia realizan un plan de abonamiento anual. Este generalmente consiste en dosis básicas de mantenimiento en un semestre y de corrección en el semestre siguiente. En la Tabla 13 se indican las diferentes dosis por palma de fertilizantes anualmente.

Los resultados de la investigación con fertilizantes, en palmas adultas permiten algunas recomendaciones que se incluyen en la Tabla 14. Con estas dosis de fertilizantes se logran rendimientos altos de racimos y aceite.

5. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

El D.I.A. y el I.C.A. han dedicado considerables esfuerzos económicos y técnicos al cultivo de las oleaginosas soya, ajonjolí, maní y palma africana de aceite. Estos esfuerzos en el área de suelos han generado una buena tecnología en relación a las necesidades de fertilización y algunas prácticas culturales de manejo como rotaciones

TABLA 12. Niveles críticos y óptimos de varios elementos en porcentaje de materia seca en las hojas 9 y 17 de palma africana de aceite.

Características	Elementos en %						en p p m			
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	B	Cu	Fe	Mo
Nivel crítico										
Hoja No. 9	2,7	0,160	1,25	0,50	0,23	-	-	-	-	-
Hoja No. 17	2,5	0,150	1,00	0,60	0,24	-	-	-	-	-
Nivel óptimo										
Hoja 17	2,8	0,180	1,15	0,75	0,29	200	12-15	6	100	0,3

TABLA 13. Fertilización de palma africana de aceite en diferentes localidades en

Colombia

Localización	Nitrógeno	Dosis en kg/palma/año		Borax*
		Fósforo	Potasio	
Coldesa-Turbo	-	-	1 - 1,5 KCL	0,5-1,0 MgSO ₄ 100
Indupalma-Sn.Alberto	1-2 urea	-	1,5-2,0 KCL	1,0-1,5 MgCl ₂ 50
Hipilandia-Río de Oro	4-6 nitrón 26	-	3,0-4,0 KCL	3,0-4,0 Sulfomag 100
Llanos Orientales	4 urea 6	2 Escorias Thomas	4 KCL	120
	6 nitrón			

* El borax se aplica en las axilas de las hojas número nueve

TABLA 14. Fertilización en palma africana de aceite adulta en diferentes localidades de Colombia.

Localidad	gramos/palma anualmente			Forma de aplicación de los fertilizantes
	N	P205	K20 Borax*	
Motilonia	60-120	80-160	150-300	½ N Y K20 cada 6 meses. El P Y Borax anualmente
Caribia	60-120	90-160	150	½ N, P205 Y K20 cada 6 meses
Oleaginosas Risaralda	90	49- 90	125-165	Como 12-12017-2 cada 6 meses

* El borax se aplica en la axila de la hoja número nueve

y preparación del suelo en soya, aporques en maní y riego en ajonjolí.

No obstante los logros hasta el presente es necesario hacer énfasis en el futuro en los siguientes aspectos:

En soya ampliar los estudios microbiológicos para las áreas actualmente cultivadas y las potenciales. Enfatizar más en los ensayos sobre fertilización foliar con N y los productos comerciales en comparación con la fertilización al suelo.

En maní que en la actualidad se está cultivando en el Tolima, es necesario iniciar ensayos en esta zona sobre fertilización y manejo. En los Llanos Orientales, donde actualmente se está investigando en maní, se deben incrementar los estudios microbiológicos y de elementos menores.

En ajonjolí, en el Tolima, es necesario investigar más a fondo el uso de diferentes métodos de riego; fertilización foliar y rotaciones de ajonjolí con algodón y arroz. En las áreas potenciales de la Costa Atlántica se deben iniciar estudios de fertilización y manejo de suelos.

En palma africana se deben establecer ensayos que determinen dosis, fuentes, épocas y métodos de fertilización en palmas adultas en producción; en palmas nuevas y en semilleros. Además niveles críticos para N, P, K, Ca, Mg y B mediante análisis foliar. Estos ensayos deben estar localizados en Centros Experimentales en series de suelos representativos de zonas extensas. La cobertura con diferentes tipos de leguminosas parecer ser un tema interesante especialmente en aquellas zonas en donde el kudzú por su desarrollo tan exuberante se convierte en un problema.

En cocotero, debido al desconocimiento casi total de una tecnología adecuada para mantener plantaciones nuevas, con variedades enanas de alta producción, es necesario iniciar a la mayor brevedad posible ensayos en suelos que estén localizados en Centros Experimentales en el Litoral Pacífico y en el interior del país. En el Litoral Atlántico estos ensayos deben quedar unos en el Golfo de Darién y otros en el área de Santa Marta. En el Litoral Pacífico, en Tumaco.

6. BIBLIOGRAFIA

1. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - ICA. Programa Nacional de Suelos. Informes anuales de labores de 1957 a 1978. Estación Experimental Tulio Ospina, Medellín.
2. MENA, E. Estudio de la fertilización de la Palma de Aceite en Viveros, en El Mira (Tumaco). Archivo del Programa de Oleaginosas Perennes. (Hojas a máquina) 1-30. 1979.
3. MUÑOZ, A. R. Aspectos Generales de la Nutrición y Fertilización de la Palma Africana de Aceite (Elaeis guineensis Jacq) con Énfasis en las Condiciones Colombianas. En: Palma Africana de Aceite. Manual de Asistencia Técnica No. 22. Instituto Colombiano Agropecuario. Centro Experimental Palmira (Valle) 204-253 1978.
4. OWEN, E. J.; L. F. SANCHEZ y M. A. HINCAPIE. Fertilización de la Palma Africana (Elaeis guineensis Jacq) en Vivero en los Llanos Orientales. (sin publicar) 1-15. 1979.

5. PARRA, A. C. Fertilización de la soya en el Valle del Cauca. (Sin publicar) 1-22. 1979.
6. SANCHEZ, R. G. Fertilización del ajonjolí (Sesamun indicum L.) en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario, Regional 6, El Espinal - Tolima. Hojas en mimeógrafo. 1-42. 1973.
7. SANCHEZ, L. F. y E. J. OWEN. Influencia de la fertilización con N, P, K y Cal sobre el rendimiento del maní (Arachis Hypogaeae L.) cultivado en suelos de terrazas altas de los Llanos Orientales. Rev. ICA 13 (3) : 465-472. 1978.
8. SUAREZ, M. J. Fertilización de la soya en Colombia. Programa de Suelos. Regional 8 - Villavicencio. Hojas en mimeógrafo. 1-28. 1973.