

ZAMORANO  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Determinación de plan de fertilización para el cultivo de café (*Coffea arábica*), basado en el levantamiento y análisis de suelos de la finca La Soledad, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Rodrigo Lovo Zamora**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2012

## RESUMEN

Lovo Zamora. R. 2012. Determinación de un plan de fertilización para el cultivo de café (*Coffea arabica*), basado en el levantamiento y análisis de suelos de la finca La Soledad, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 26 p.

La adecuada nutrición y el estudio de los suelos, son factores de suma importancia para la caficultura. El objetivo de este estudio fue realizar un plan de fertilización ajustado a las condiciones morfológicas, físicas y químicas de los suelos de la finca La Soledad. Se realizaron 37 barrenaciones, donde se caracterizó número de horizontes, profundidad, color, textura y profundidad efectiva. Con la información recopilada se realizó un mapa de distribución de suelos por familias texturales. Mediante calicatas se identificaron las propiedades físicas: número de horizontes, profundidad, color, textura, estructura, consistencia, resistencia a la penetración, porosidad, raíces, límites. En laboratorio se analizaron las propiedades químicas de pH, materia orgánica, macro-elementos y micro-elementos. Los suelos predominantes fueron de textura franco arcillo arenosa, franco arenosa y franca, suelos profundos a muy profundos, con una resistencia a la penetración baja ( $\leq 2.5$ ) kg/cm<sup>2</sup>, colores negro, pardos y amarillentos, alta porosidad, variedad de tamaños y frecuencia en las raíces, estructuras granular y de bloques, alto contenido de materia orgánica en el horizonte superficial, rangos de pH de 5.36 a 6.48, variación en los niveles de macro y micro nutrientes. Con el análisis de la información, se realizó un mapa de familias texturales, y un plan de fertilización y enclavamiento para los diferentes suelos. Los suelos estudiados cuentan con las características necesarias para la explotación cafetalera. Se requiere desarrollar un plan de prácticas agronómicas y culturales que ayuden al cultivo a expresar el potencial productivo que tienen los suelos de la finca.

**Palabras clave:** Caracterización de suelos, condición del suelo, plan de fertilización.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
2. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	4
3. <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	9
4. <b>CONCLUSIONES</b> .....	22
5. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	23
6. <b>LITERATURA CITADA</b> .....	24

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Ubicación de las calicatas realizadas en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	1
2. Métodos para análisis químico de los suelos de la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	2
3. Familias texturales de los suelos de la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	2
4. Descripción de las calicatas uno, dos y tres en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	13
5. Descripción de las calicatas cuatro, cinco y seis en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	14
6. Resultados de los análisis de laboratorio, del primer y segundo horizonte de seis calicatas realizadas en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ...	17
7. Saturación de bases y relación entre elementos de los suelos de la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	18
8. Requerimiento de Cal en t/ha, para corregir el pH hasta llegar a un rango de 6.5 en los suelos de la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	19
9. Recomendación de fertilizante para los diferentes tipos de suelo para una producción de 43 qq/ha, de la finca “La Soledad” Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	20
10. Recomendación de fertilizante para la primera aplicación de los diferentes tipos de suelo de la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	21
11. Recomendación de fertilizante para la segunda aplicación de los diferentes tipos de suelo de la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	21
12. Producto para la aplicación foliar y etapa del cultivo en que se aplica, para una producción de 43 qq/ha. ....	22
13. Contenido nutricional de los productos comerciales. ....	22

Figuras	Página
1. Ubicación de la finca “La Soledad”, en Dipilto, Nueva Segovia Nicaragua. ....	1
2. Distribución de barrenaciones. Finca “La Soledad”, en Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. ....	2

3. Perfiles de suelos descritos en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.....	3
4. Mapa de familias texturales y ubicación de las calicatas. Finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.....	11

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del café (*Coffea arábica*) pertenece a la familia de la Rubiáceas, arbustivo, perenne y siempre verde, su centro de origen es Etiopía, se encuentra ampliamente difundido en los países tropicales y subtropicales y es la bebida más conocida a nivel mundial. La especie *arábica* es la de mayor antigüedad, y la más conocida en todo el mundo, dado que produce un café fino y aromático. La especie *arábica* es más delicada y menos productiva que las demás especies, alcanzando un mejor desempeño en tierras altas que comprenden altitud entre 900 a 2000 msnm, temperatura promedio de 17-23°C, precipitación pluvial de 1000-3000 mm/año, humedad relativa 65-85% y vientos de 20-30 km/hora (ANACAFE 2006), La cordillera Dipilto-Jalapa en Nicaragua, donde se encuentra ubicada la zona de estudio, cuenta con todos los parámetros productivos tanto climáticos como edafológicos (MARENA 2008).

El café posee una raíz pivotante, demandante de suelos profundos, de mínimo 50 cm. Las raíces de sostén y absorbentes forman entre el 80 y 90 % del sistema radical y son las responsables de la absorción del agua y nutrientes, mismas que se concentran en los primeros 30 cm del suelo por ello la importancia de realizar un estudio de suelos el cual permita tomar las mejores decisiones de manejo y fertilización (ANACAFE 2006). La acidez del suelo juega un papel importante en el desarrollo de todos los cultivos, ya que tiene efectos importantes sobre la vida microbiana del suelo, así como sobre la solubilidad de elementos nutritivos y tóxicos presentes en el mismo, siendo de estos últimos tradicionalmente el aluminio el de mayor importancia. Para bajar la acidez y con ello mantenerla dentro de rangos adecuados para el desarrollo de las plantas, se debe recurrir al empleo de sustancias conocidas como "encalantes" de las cuales el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) es la usada con mayor frecuencia (Chávez 1999).

En Nicaragua el café constituye la principal fuente de divisas por exportaciones, y la actividad que genera el mayor empleo temporal en el país, con más de 200 mil personas en épocas de cosecha (Diario LA PRENSA 2012). El desarrollo de la caficultura en Nicaragua, data de la década de los setentas, época en que el cultivo fue sembrado en mayores extensiones, junto con la llegada de nuevas variedades. No obstante el rubro sufre el abandono total en algunas zonas y parcial en otras zonas productivas, ya que se convirtieron en zonas latentes de conflicto armado, o por el simple hecho que eran inaccesibles, lo que originó la decadencia de los rendimientos de producción. La producción llegó a ser tan baja como de 600,000 qq oro en todo el país. Fue entonces hasta la década de los noventas, después de haber superado diferentes problemas que, la

Unión Nicaragüense de Cafetaleros (UNICAFÉ 1996) desarrollo estrategias de implementación nacional, mejorando la asistencia técnica y fomentando la renovación de cafetales (Bolaños 2001).

Nicaragua posee aproximadamente 145,600 ha de café sembradas y cultivadas, las cuales están concentradas en 3 departamentos: Jinotega, Matagalpa y Nueva Segovia, con 40%, 30-35% y 15% respectivamente de la producción nacional. El cultivo existe también en otros departamentos como: Boaco, Madriz, Estelí, Managua y Carazo, donde se cultiva en menores porcentajes. La producción del grano se encuentra bajo la responsabilidad de cerca de 43,182 productores, de los cuales el 93% son pequeños productores con extensiones de entre 0.70 y 3.5 hectáreas, 4% medianos productores entre 7 a 35 hectáreas y finalmente un 3% para productores que poseen entre 70 y 350 hectáreas (Diario El 19. 2012).

En la actualidad el ingreso y el volumen de las exportaciones de café de Nicaragua bajo 24,3% y 31,4% respectivamente, en el primer semestre de la cosecha 2011-2012, con relación al mismo periodo de la temporada anterior. Las ventas de café al exterior de octubre de 2011 a marzo de 2012, correspondientes a los seis primeros meses de la cosecha, sumaron 162,3 millones de dólares, mientras que de octubre de 2010 a marzo de 2011 fueron 214,5 millones de dólares. Dentro de los principales compradores del café nicaragüense se encuentran Estados Unidos, quien pagó a Nicaragua 71,4 millones de dólares por 314.650,4 quintales, superando a Venezuela, Alemania, Bélgica y Finlandia, que facturaron por el grano 19,6 millones de dólares (Diario La prensa 2012).

La finca La Soledad, ubicada en la comarca la laguna, municipio de Dipilto, departamento de Nueva Segovia, Republica de Nicaragua, fue productora de café de exportación, pero debido al paso del huracán Mitch (1998) la producción se encuentra en abandono. Es necesario levantar nueva información sobre la condición de los suelos, ya que estudios realizados anteriormente perdieron credibilidad con el paso del huracán. Según la Asociación de Municipios de Nueva Segovia (AMUNSE 2012), el Municipio sufrió una total transformación geofísica, infraestructural, económica, social, cultural y ambiental-forestal, lo que lo ubica a nivel nacional entre los ocho Municipios más destruidos, ocupando Dipilto el segundo lugar.

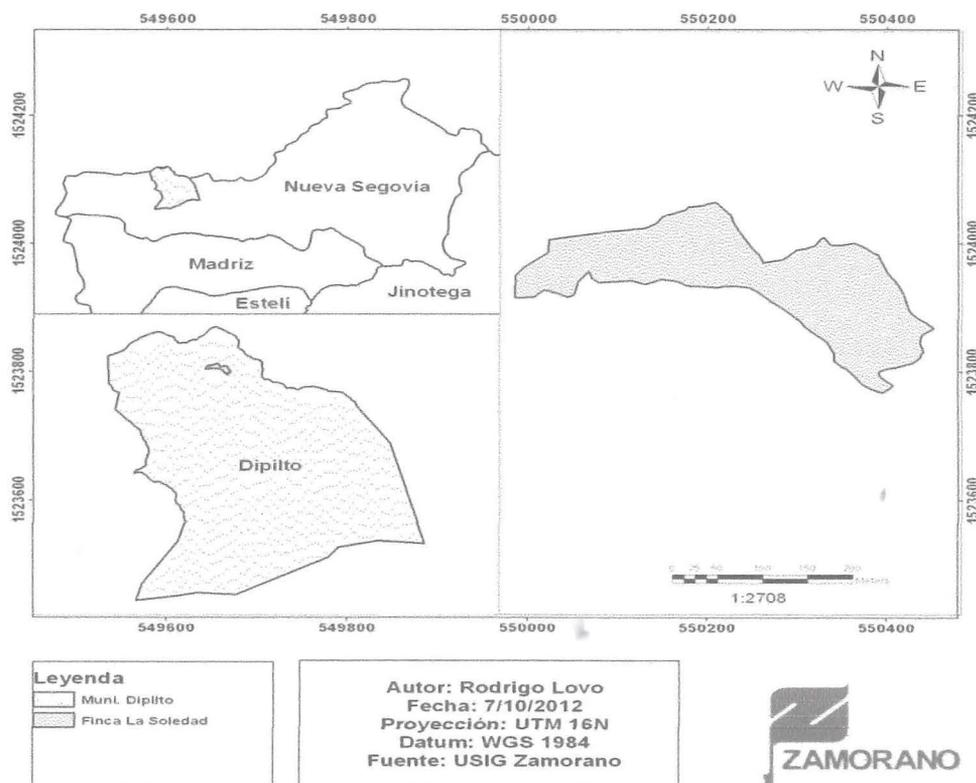
La crisis mundial del café del año 2000, hizo de la caficultura un negocio poco rentable en esos años, forzando a los caficultores a considerar otras alternativas, como fueron la producción de granos básicos y frutales. En esta época el promedio del precio compuesto de la Organización Internacional del Café OIC descendió un 21% en 1999, 25% en 2000, y 29% en 2001 hasta alcanzar el promedio anual más bajo desde 1971 (Osorio 2002), lo cual coincidió con la disminución del rendimiento de producción de los mismos años, los cuales fueron 1,227. 818, y 773 Kg oro/ha respectivamente (Hallam 2003-2004). Actualmente para la cosecha 2011-2012 la finca produjo 7,409 Kg oro, para un rendimiento de 341 Kg/ha.

Los objetivos de este estudio fueron:

- Realizar el estudio semidetallado de suelos de la finca La Soledad, para conocer sus características físicas y químicas.
- Determinar el plan de fertilización para el cultivo de café, basado en los resultados del análisis físico y químico de los suelos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

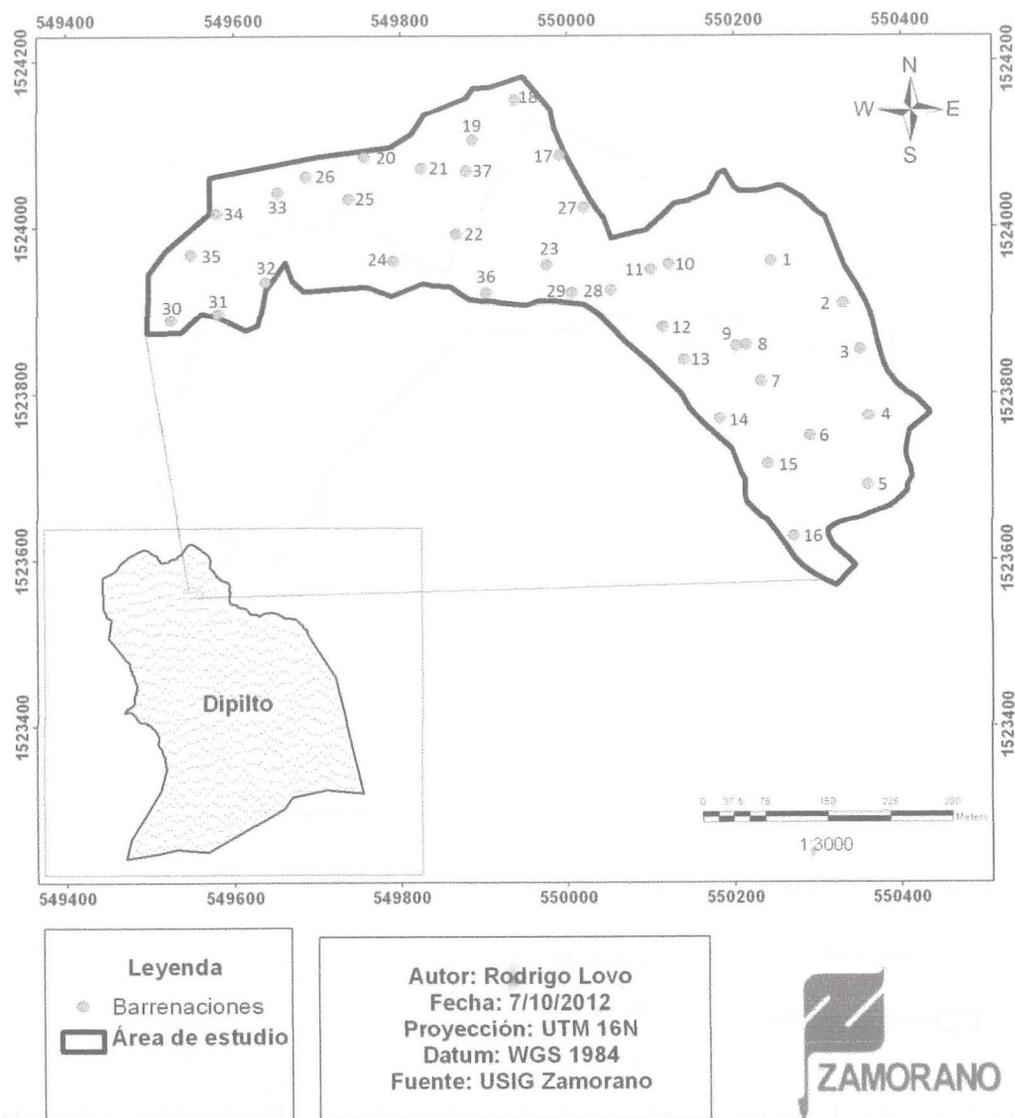
**Localización del área de estudio.** El estudio se llevó a cabo en la finca “La Soledad”, entre los meses de Julio a Septiembre de 2012. Ubicada a 12 Km de la cabecera departamental Ocotal, en la comarca “La Laguna número dos”, municipio de Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua (Figura 1). La Finca posee un total de 21.7 ha, las cuales se encuentran bajo el cultivo de café. La ubicación esta dada entre 13°46'52.19" Norte y 13°47'12.01" NE, presenta un rango de altitud que varía de 1,112 a 1,342 msnm, temperatura máxima de 28°C, mínima de 14°C y promedio de 21°C. Precipitación anual de 1800-1900 mm, distribuidos en doce meses, con mayor concentración entre los meses de Mayo a Octubre, constituyendo estos la época lluviosa de la región<sup>1</sup>.



**Figura 1.** Ubicación de la finca “La Soledad”, en Dipilto, Nueva Segovia Nicaragua.

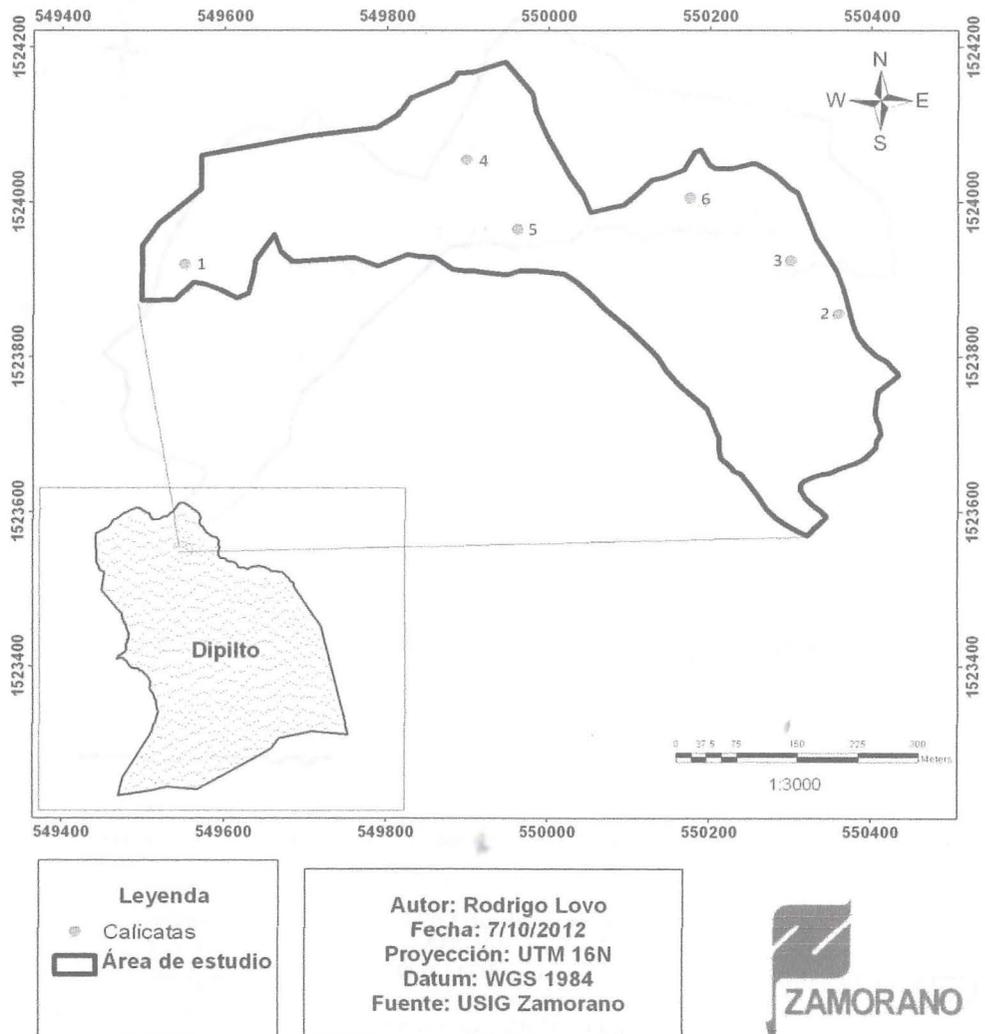
<sup>1</sup>Estación meteorológica de la finca La Esperanza, ubicada a 4 km de la finca La Soledad.

**Estudio de suelo en campo.** Se realizó la caracterización de los suelos por medio de barrenaciones y apertura de calicatas. Se realizaron un total de 37 barrenaciones distanciadas a 50 m aproximadamente (Figura 2). Se utilizó un barreno tipo holandés y otro de copa, alcanzando una profundidad de 1.2 m o hasta encontrar estratos impenetrables. Las características físicas que se determinaron fueron: Cantidad de horizontes, profundidad y espesor de cada uno, color (tabla munsell), textura (por el método del tacto) y presencia de materiales impenetrables.



**Figura 2.** Distribución de barrenaciones. Finca "La Soledad", en Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua

Con la información recopilada de las barrenaciones (textura), se procedió a calificar la familia textural de cada barrenación. Posteriormente se realizó el mapa de suelos por agrupación de familias texturales. La identificación de la estratificación de texturas se simbolizó de acuerdo la metodología que explican (Arévalo y Gauggel 2011), mediante la agrupación de texturas a diferentes profundidades: (00-30cm)/(30-60cm)/(60-90cm)/(90-120cm), con este criterio se ubicaron los lugares en donde se realizaron las calicatas. Se realizaron un total de seis calicatas distribuidas en toda la finca (Figura 3), las cuales se georeferenciaron con el sistema de GPS (Global Positioning System), (cuadro 1).



**Figura 3.** Perfiles de suelos descritos en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

**Cuadro 1.** Ubicación de las calicatas realizadas en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Perfil	Coordenadas		Altura (msnm)
	X	Y	
1	549558	1523863	1,215
2	550300	1523925	1,113
3	550360	1523856	1,125
4	549899	1524055	1,233
5	549962	1523965	1,242
6	550165	1524105	1,155

Las dimensión de las calicatas fueron de 1 m de ancho x 1 m de largo y 1.5 m de profundidad o hasta encontrar estratos impenetrables. Las características físicas y morfológicas que se determinaron en cada calicata fueron: horizontes maestros y profundidad de cada uno (apreciación visual y cinta métrica); en cada horizonte se observó: Color (tabla munsell), textura (sentido organoléptico del tacto), tipo, grado y clase de estructura (visual), consistencia en húmedo y mojado (sentido organoléptico), resistencia a la penetración (penetrómetro de bolsillo), tamaño, forma y cantidad de poros, tamaño y cantidad de raíces, límite, topografía y nitidez entre horizontes por apreciación visual, y pedregosidad (frecuencias indicadas en tabla munsell), (FAO 2006). La caracterización del suelo se realizó en el periodo de lluvias por lo cual no se pudo realizar la caracterización de consistencia en seco.

**Análisis químico de suelos.** Se recolectaron muestras de suelo del primer y segundo horizonte de cada calicata para analizar en el laboratorio de suelos y agua de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, donde se determinó: textura, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, zinc, boro y azufre, (cuadro 2) (Arévalo y Gauggel 2011).

**Cuadro 2.** Métodos para análisis químico de los suelos de la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Propiedad química	Método de analisis
Macronutrientes (K, Ca, Mg) micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn)	Solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica
Fósforo	Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría
Materia Orgánica	Walkley & Black
Nitrógeno	5% de materia orgánica
pH	Relación suelo agua 1:1
Boro y Azufre	Solución extractora fosfato de calcio, determinados por colorimetría

Para el plan de fertilización de cafetales en estos suelos, se tomó una muestra representativa por cada familia textural donde se realizaron las calicatas, se tomaron muestras del primer y segundo horizonte para un total de doce muestras. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, donde se efectuó un análisis completo (Textura, pH, materia orgánica, N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, B, S) para las muestras del primer horizonte y un análisis de rutina (pH, materia orgánica, N, P, K, Ca, Mg y Na) mas textura para los segundos horizontes, ya que estos horizontes representan la profundidad donde se encuentra la mayor concentración de raíces responsable de la absorción de agua y nutrientes (ANACAFE 2006). Con los resultados de los análisis de laboratorio, se procedió a la interpretación de los valores de los diferentes nutrientes, y posteriormente calcular los requerimientos de fertilizantes.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Condición física de los suelos.** Las texturas encontradas son medias (M) 4.11 ha, Franco, Franco Arenosa, Franco limosa. Suelos con texturas medias sobre arcillas livianas (Franco Arcillosa) con  $\leq 35\%$  de arcilla (M/F-) 4.57 ha. Suelos con texturas medias sobre arcillas pesadas (Franco Arcillosa) con  $\geq 35\%$  de arcilla (M/F+) 4.35 ha. Suelos con arcillas livianas (F-) 4.70 ha, texturas Franco Arcillosas, Franco arcillo limosas, Franco arcillo arenosas, con Arcilla  $\leq 35\%$ , y suelos con arcillas pesadas (F+) 2.31 ha, texturas Arcillo arenosas, Arcillo limosas y Arcillosas con arcilla  $\geq 35\%$  (Cuadro 3) (Figura 4).

**Cuadro 3.** Familias texturales de los suelos de la finca "La Soledad", Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

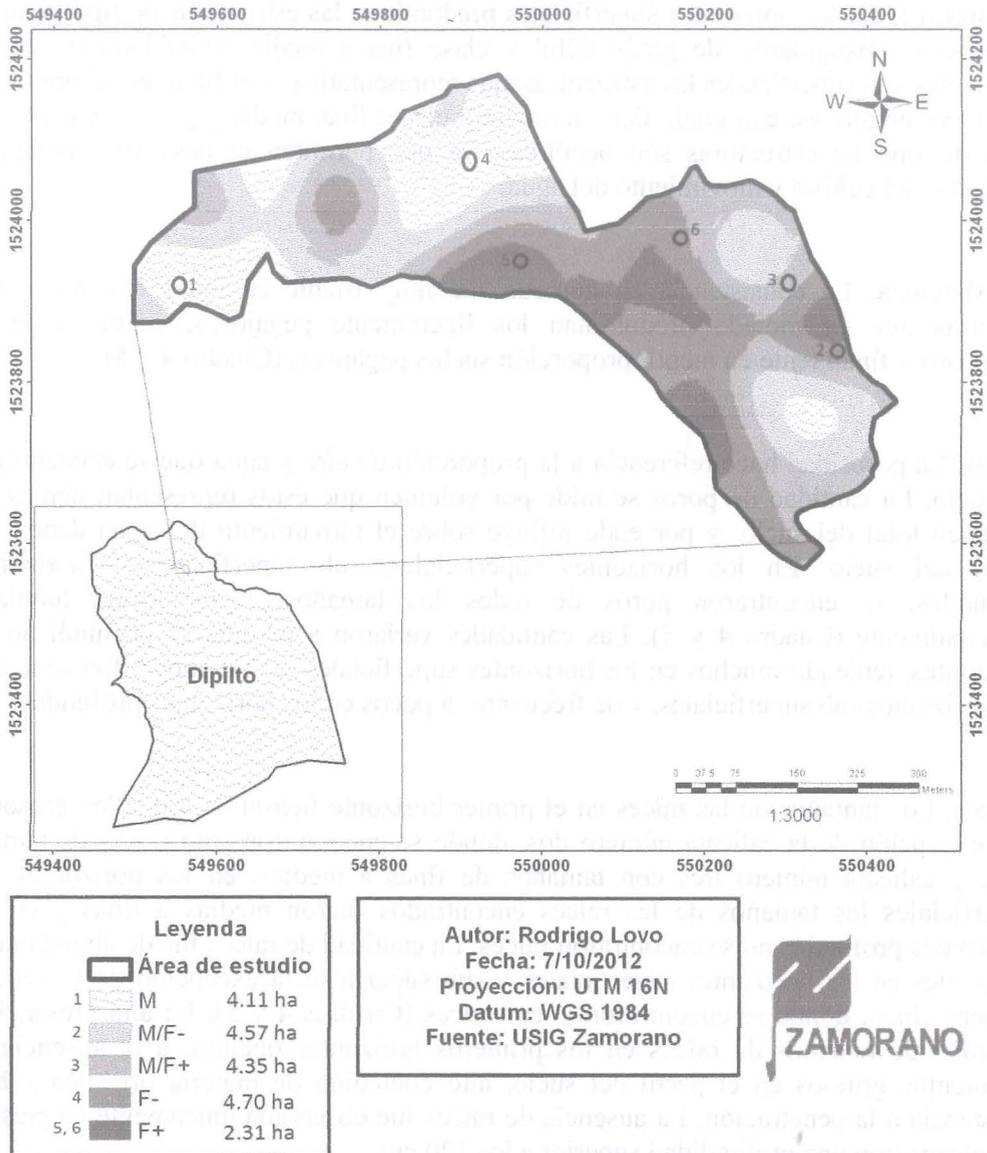
Familia textural	Textura	Área (ha)	Área (%)
M	F, FA, FL	4.11	18.9
M/F-	F, FA, FL/FA con $\leq 35\%$ de arcilla	4.57	21.1
M/F+	F, FA, FL/FA con $\geq 35\%$ de arcilla	4.35	20.0
F-	FAr, FArL, FArA con $\leq 35\%$ de arcilla	4.70	21.7
F+	ArA, ArL, Ar con $\leq 35\%$ de arcilla	2.31	10.6

M= Familias texturales medias, M/F- = Familias texturales medias sobre finas, M/F+ = Familias texturales medias sobre muy finas, F- = Familias texturales finas, F+ = Familias texturales muy finas, Texturas= F= Franco, FA= Franco arenoso, FL= Franco limoso, FAr= Franco arcilloso, FArL= Franco arcillo limoso, FArA= Franco arcillo arenoso, ArA= Arcillo arenoso, ArL= Arcillo limoso, Ar= Arcilloso.

**Textura.** En la mayoría de las barrenaciones se observó la presencia de texturas francas (F) entre los primeros 15 cm a 25 cm de profundidad, seguidas de horizontes con texturas franco arenosas (FA) y/o franco arcillo arenosas (FArA) principalmente.

**Fragmentos gruesos, profundidad efectiva y resistencia a la penetración.** No se encontraron fragmentos gruesos que puedan impedir el desarrollo de las raíces. Los suelos varían de muy profundos ( $\geq 120$  cm) 27.02% a profundos ( $\geq 100$  cm) 64.86%, con raras excepciones de suelos moderadamente profundos ( $\geq 95$  y  $\leq 100$  cm) 2.7% y ( $\leq 70$  cm) 5.40%, estos últimos donde se encontró roca sólida. El 85.8% de los valores de resistencia a la penetración son  $\leq 2.5\text{kg/cm}^2$  en profundidades superiores a los 59 cm (Cuadros 4 y 5). En los suelos estudiados no existe ningún factor limitante en cuanto a la profundidad efectiva ni por la resistencia a la penetración para las plantaciones de café, ya que el sistema radicular pivotante de las plantas de café, demanda una profundidad mínima de 50 cm, mientras que el 80-90% de las raíces responsables de la absorción, agua y del anclaje se posicionan en los primeros 30 cm de profundidad (Arévalo y Gauggel 2011).

**Color.** De los primeros dos horizontes descritos en las barrenaciones, en los primeros 30 cm de suelo el color predominante fue negro 7.5YR 2.5/2, seguido de pardo muy oscuro 7.5YR 2.5/2 y pardo oscuro 7.5YR 3/2. En los horizontes descritos en las barrenaciones, que comprenden profundidades de 30 cm a 60 cm, los colores más representativos fueron pardo 7.5YR 4/3, 7.5YR 4/2, 7.5YR 5/4, 7.5YR 4/4 y pardo amarillento oscuro 10YR 4/4, 10YR 4/6, 10YR 3/4 (Cuadros 4 y 5). Los colores determinados en los primeros horizontes, evidencian el alto porcentaje de presencia de materia orgánica descompuesta o en proceso de descomposición ( $\geq 5\%$ ), lo cual es la proporción ideal en un suelo, estos colores también hacen referencia a un alto nivel de microorganismos interactuando en el suelo (Arévalo y Gauggel 2011).



**Figura 4.** Mapa de familias texturales y ubicación de las calicatas. Finca "La Soledad", Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

**Estructura.** En los horizontes superficiales predominan las estructuras de tipo granular y bloques subangulares, de grado débil y clase fina a media, Seguidamente en los horizontes sub superficiales las estructuras mas representativas son bloques subangulares y bloques angulares, con grado débil a medio y clases fina, media y gruesa (Cuadro 4 y 5). Este tipo de estructuras son benéficas, ya que permiten el desarrollo radicular, aireación del cultivo y movimiento del agua.

**Consistencia.** La consistencia en húmedo fue muy friable en todos los horizontes, mientras que en mojado predominan los ligeramente pegajosos, seguidos de no pegajosos y finalmente en menor proporción suelos pegajosos (Cuadro 4 y 5).

**Poros.** La porosidad hace referencia a la proporción de aire y agua que se encuentra en un suelo. La cantidad de poros se mide por volumen que estos representan dentro del volumen total del suelo, y por ende influye sobre el movimiento del agua dentro del perfil del suelo. En los horizontes superficiales, sub superficiales y horizontes profundos, se encontraron poros de todos los tamaños, y de forma tubulares principalmente (Cuadro 4 y 5). Las cantidades variaron a medida se profundizan los horizontes, teniendo muchos en los horizontes superficiales, de muchos a frecuentes en los horizontes sub superficiales, y de frecuentes a pocos en los horizontes profundos.

**Raíces.** Los tamaños de las raíces en el primer horizonte fueron de todos los grosores, con excepción de la calicata número dos, donde se encontraron solo raíces de tamaño fino, y calicata número tres con tamaños de finas a medias, en los horizontes sub superficiales los tamaños de las raíces encontrados fueron medias a finas y en los horizontes profundos no se encontraron raíces. La cantidad de raíces fue de abundantes a frecuentes en los horizontes superficiales y sub superficial, a excepción de la calicata número cinco, donde se encontraron pocas raíces (Cuadros 4 y 5). La alta presencia y variedad de tamaños de raíces en los primeros horizontes obedece a la ausencia de fragmentos gruesos en el perfil del suelo, alto contenido de materia orgánica y baja resistencia a la penetración. La ausencia de raíces fue observada únicamente en perfiles que alcanzaron una profundidad superior a los 120 cm.

**Cuadro 4.** Descripción de las calicatas uno, dos y tres en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Suelo	Cal	Horizonte número	Prof (cm)	Color	Textura	Estructura			Consistencia		RP (kg/cm <sup>2</sup> )	Poros			Raíces		Limite	
						T	G	C	H	M		T	F	C	T	C	T	N
M	1	Ap	0-24	5YR 3/2	F	g	d	f	mf	pg	0.5	m	v,t,r	m	tg	ab	o	g
		Bw	24-49	7.5YR 5/4	FA	g	d	m	mf	lpg	2	f	t	f	m	f	p	d
		C <sub>1</sub>	49-59	10YR 4/6	ArA	bsa	m	g	mf	pg	2.5	f	t	p	f	f	p	g
		C <sub>2</sub>	59-154	5YR 6/8	ArA	bsa	d	g	mf	lpg	3	f	t,v	p	a	a	p	d
M/F-	2	Ap	0-16	10YR 3/3	F	g	d	f	mf	lpg	1	f	t	f	f	ab	p	d
		Bw	16-124	7.5YR 4/6	F	bsa	d	f	mf	npg	1.5	m	t	f	m	f	p	d
		C	124-150	7.5YR 5/8	FA	g	d	m	mf	lpg	1.75	m	t	p	a	a	p	d
M/F+	3	Ap	0-13	7.5YR 4/4	FAR	g	d	f	mf	lpg	0.25	t	t	m	f,m	ab	o	d
		Bw	13-94	10YR 4/4	FARL	bsa	d	m	mf	pg	1.5	t	t	p	f,m,g	f	p	d
		C <sub>1</sub>	94-125	7.5YR 5/4	F	ba	d	g	mf	npg	2.52	t	t	m	a	a	p	d
		C <sub>2</sub>	125-150	10YR 5/6	A	g	d	f	mf	npg	3.5	t	v	p	a	a	p	d

M= Familias texturales medias, M/F-= Familias texturales medias sobre arcillas finas, M/F+= Familias texturales medias sobre arcillas muy finas, Cal= Calicata, Prof= profundidad, Textura= F= Franco; FA= Franco arenoso; FAR= Franco Arcilloso; FARL= Franco Arcillo Limoso; ArA= Arcillo Arenoso; A= Arenoso. Estructura= T= tipo; g= granular; ba= bloques angulares; bsa= bloques subangulares. G= grado; d= débil; m= moderado. C= clase; f= finos; m= medianos; g= gruesos. Consistencia= H= húmedo; mf= muy friable; M= mojado, npg= no pegajoso; lpg= ligeramente pegajoso; pg= pegajoso. RP= resistencia a la penetración. Poros= T= tamaño; f= fino; m= medio; t= todos los tamaños; a= ausentes; F= forma; v= veciculares; t= tubulares; reticulares; a= ausente; C= cantidad; m= muchos; f= frecuentes; p= pocas; a= ausentes Raíces= T= Tamaño; tg= todos los grosos; g= gruesas, m= medias; f= finas, a= ausentes C=Cantidad; ab= abundantes; f= frecuentes, p= pocas, a=ausentes; Limite= T= topografía; p= plano; o= ondulado; N= nitidez; d= difuso; g= gradual.

**Cuadro 5.** Descripción de las calicatas cuatro, cinco y seis en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Suelo	Cal	Horizonte número	Prof (cm)	Color	Textura	Estructura			Consistencia		RP (kg/cm <sup>2</sup> )	Poros			Raíces		Límite	
						T	G	C	H	M		T	F	C	T	C	T	N
F-	4	Ap	0-20	5YR 3/2	F	g	d	f	mf	npg	1	m	t	m	tg	ab	o	g
		Bw	20-54	10YR 4/4	F	g	d	f	mf	lpg	2	m	t,v	m,f	m	f	p	d
		C <sub>1</sub>	54-130	10YR 5/6	F	ba	d	m	mf	npg	2.75	f	t	p	f	f	p	g
		C <sub>2</sub>	130-190	7.5YR 6/6	A	ba	d	m	mf	npg	3	a	a	a	a	a	p	d
F+	5	Ap	0-18	7.5YR 2.5/3	FAR	g	d	m	mf	lpg	1	m	t	m	tg	ab	p	d
		C <sub>1</sub>	18-40	10YR 5/6	FA	ba	m	g	mf	npg	2.5	f	t	m	f	p	p	d
		C <sub>2</sub>	40-160	7.5YR 6/6	F	f	m	g	mf	npg	2	m	t	f	m	p	p	d
F+	6	Ap	0-36	10YR 2/2	F	g	d	m	mf	npg	0.5	f	r	p	tg	ab	o	d
		C <sub>1</sub>	36-90	7.5YR 3.3	FA	bsa	d	m	mf	lpg	2	m	t,v	f,f	f	p	o	d
		C <sub>2</sub>	90-153	10YR 5/3	A	g	d	f	mf	npg	1.5	m	t	f	a	a	o	d

F= Familias texturales de arcillas finas, F+= Familias texturales de arcillas muy finas, Cal= Calicata, Prof= profundidad, Textura= F= Franco; FA= Franco arenoso; FAR= Franco Arcilloso; FARL= Franco Arcillo Limoso; ArA= Arcillo Arenoso; A= Arenoso. Estructura= T= tipo; g= granular; ba= bloques angulares; bsa= bloques subangulares. G= grado; d= débil; m= moderado. C= clase; f= finos; m= medianos; g= gruesos. Consistencia= H= húmedo; mf= muy friable; M= mojado, npg= no pegajoso; lpg= ligeramente pegajoso; pg= pegajoso. RP= resistencia a la penetración. Poros= T= tamaño; f= fino; m= medio; t= todos los tamaños; a= ausentes; F= forma; v= veciculares; t= tubulares; reticulares; a= ausente; C= cantidad; m= muchos; f= frecuentes; p= pocas; a= ausentes Raíces= T= Tamaño; tg= todos los grosores; g= gruesas, m= medias; f= finas, a= ausentes C=Cantidad; ab= abundantes; f= frecuentes, p= pocas, a=ausentes; Limite= T= topografía; p= plano; o= ondulado; N= nitidez; d= difuso; g= gradual.

**Propiedades químicas de los suelos.** Las propiedades químicas de los suelos guardan directa relación con la productividad de los diferentes cultivos que se establecen y los problemas ambientales que se generan cuando se hace uso inadecuado de fertilizantes, por ello la necesidad del análisis e interpretación de estas características en los suelos estudiados. Los suelos de la finca La Soledad presentan las siguientes características.

**Materia orgánica.** El contenido de materia orgánica varía de 4.30-7.39% en el primer horizonte, a 0.78-1.63% en el segundo, en donde los primeros horizontes en su mayoría se encuentran valores muy altos donde se acumula y los segundos se reduce (Cuadro 6). El alto contenido de materia orgánica en el suelo, influye positivamente en la estabilidad de los agregados del suelo, así como en la retención de humedad y nutrientes y actividad de los microorganismos (Arévalo y Gauggel 2011).

**Reacción del suelo y rango de pH.** El pH del suelo está en rangos de 5.36 hasta 6.48 moderadamente y ligeramente ácidos. Un pH por debajo de 6.0 puede presentar problemas de absorción de nutrientes por su acidez, principalmente con elementos como magnesio, calcio y fósforo (Arévalo y Gauggel 2011). Los perfiles uno, cinco y seis, con rangos mayores a 6.0 y menores a 6.48 (Cuadro 6) no deberían presentar problemas de absorción, ya que en este rango de pH es donde la mayoría de los nutrientes están disponibles para la planta.

#### **Macro nutrientes.**

**Nitrógeno:** Posee una relación directa con el contenido de materia orgánica en el suelo. El valor promedio que se maneja para el café es de 0.2% a 0.5% (IHCAFE 2001). Los horizontes superficiales de los suelos estudiados presentaron un contenido de nitrógeno medio 0.22% a 0.37%, mientras tanto los suelos bajo los horizontes superficiales presentaron un contenido bajo de 0.05% a 0.08% (Cuadro 6), por lo cual la explotación agrícola de estos suelos deberá contener una formulación con contenido de nitrógeno alto.

**Fósforo:** Los niveles adecuados en un suelo para el uso agrícola apropiado según el laboratorio de aguas y suelos de la EAP, son de 13 a 30 ppm. Los contenidos de fósforo en los suelos representativos presentaron rangos variados de bajos a altos. Para los perfiles descritos uno, dos, cuatro y cinco fue bajo, con un valor de 1 a 8 mg/kg, para el perfil número tres alto con 31 mg/kg y finalmente medio en el perfil número 6 con 20 mg/kg (Cuadro 6). Es importante realizar la fertilización adecuada con fósforo dada su importancia en las primeras etapas para la formación vigorosa y desarrollo adecuado de la raíces, así también como promotor de la floración y desarrollo del fruto (ANACAFE 2006).

**Potasio:** Las plantas de café presentan un mayor requerimiento de potasio que de los demás cationes en sus tejidos, ya que se encuentra presente en todos los tejidos y tiene una gran movilidad, se sabe que más de 60 enzimas son activadas por este elemento. Posee un efecto de contribución a la fijación de nitrógeno atmosférico, así también, regula el nivel hídrico de en la hojas mediante el aumento y disminución de la presión osmótica (ANACAFE 2006). Según los resultados de las pruebas de laboratorio, la saturación de bases para potasio presenta valores bajos en casi todos los horizontes (Cuadro 6).

**Calcio:** El calcio desempeña un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como su habilidad para poder adaptarse a las adversidades del clima. La abundancia de calcio mejora la absorción y utilización de nitrógeno en forma de amonio, al mismo tiempo aumenta la absorción de potasio (ANACAFE 2006). Los suelos analizados en este estudio presentan niveles altos de calcio en la mayoría de sus muestras excepto en la calicata dos (Cuadro 6).

**Magnesio:** De igual manera que en el potasio y el fósforo, el magnesio tiene relación directa con las funciones de célula de la planta. El 15% del magnesio total, forma parte de la clorofila, participa en los procesos fotosintéticos y en la producción de carbohidratos (IHCAFE 2001). El contenido de magnesio en estos suelos, es variable desde niveles bajos a altos tanto en el horizonte superficial como en el segundo horizonte (Cuadro 6).

**Azufre:** Según las muestras analizadas en laboratorio, el estudio revela niveles bajos de azufre (Cuadro 6). El S es un constituyente de las proteínas, comparable al nitrógeno y forma parte de diferentes aminoácidos (IHCAFE 2001).

**Micro nutrientes.** El estudio revela niveles medios a altos de cobre, altos en hierro, bajo a medio de manganeso, los valores de zinc para las calicatas son altos en la uno y cinco, medio en la dos y seis y bajo en la tres y cuatro, niveles bajos de boro (Cuadro 6).

Los micronutrientes al igual que los macronutrientes son de vital importancia para los cultivos, con la diferencia de que estos se requieren en cantidades menores, por lo tanto, estos contenidos de micronutrientes indican la necesidad de su aplicación de acuerdo a los requerimientos específicos del café, de lo contrario serán una limitante para la producción (IHCAFE 2001).

**Cuadro 6.** Resultados de los análisis de laboratorio, del primer y segundo horizonte de seis calicatas realizadas en la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Suelo	Cal	Hor	Prof (cm)	pH	Tex	%					mg/Kg											
						Arena	Limo	Arcilla	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
M	1	Ap	0-24	6.02	FArA	54	24	22	4.96	0.25	1	208	2009	300	24	19	2.0	185	94	10.4	0.2	
		Bw	24-49	6.13	FArA	54	20	26	1.04	0.05	1	30	1539	260	27							
M/F-	2	Ap	0-16	5.36	FArA	48	26	26	4.3	0.22	8	57	2328	220	24	20	4.2	237	112	3.0	0.4	
		Bw	16-124	5.78	FArA	54	26	20	0.91	0.05	2	45	1338	360	22							
M/F+	3	Ap	0-13	5.68	FA	64	22	14	6.95	0.35	31	87	1107	280	17	19	2.2	125	10	0.7	0.4	
		Bw	13-94	5.51	FArA	64	14	22	1.63	0.08	1	27	1051	200	17							
F-	4	Ap	0-20	5.52	FArA	56	24	20	6.01	0.3	3	39	2146	200	25	20	3.4	237	19	1.4	0.3	
		Bw	20-54	6.48	FA	64	20	16	0.78	0.04	2	22	1616	160	50							
F+	5	Ap	0-18	6.02	F	52	34	14	7.39	0.37	8	124	3325	160	5	19	6.2	186	119	9.3	0.4	
		C <sub>1</sub>	18-40	5.12	FArA	60	20	20	0.78	0.04	3	74	938	100	50							
F+	6	Ap	0-36	6.02	FArA	56	24	20	6.16	0.32	20	186	2604	380	8	20	2.4	130	69	1.7	0.5	
		C <sub>1</sub>	36-90	6.16	FArA	56	18	26	1.04	0.05	2	123	1854	180	10							
Rango									2.00	0.20	13	Saturacion de bases					20	1.7	56	28	1.7	0.5
									4.00	0.50	30						80	3.4	112	112	3.4	80

M= Familias texturales medias, M/F-= Familias texturales medias sobre arcillas finas, M/F+= Familias texturales medias sobre arcillas muy finas, F-= Familias texturales de arcillas finas, F+= Familias texturales de arcillas muy finas, Cal= Calicata; Hor =Horizonte; Prof =Profundidad; Tex: textura; F= Franca; FA= Franco arenoso; FArA = Franco arcillo arenoso; M.O= materia organica;

**Cuadro 7.** Saturación de bases y relación entre elementos de los suelos de la finca "La Soledad", Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

C	Hor	Tex	pH	cmol/Kg						% saturación				Ca	Ca+Mg	Ca	Mg								
				K	Ca	Mg	Na	A.I	CICe	K	Ca	Mg	Na	Mg	K	K	K								
1	Ap	FArA	6.02	0.5	10.0	2.5	0.1	0.1	13.3	4.0	m	75.6	a	18.8	m	1.3	m	4	m	24	a	19	a	5	m
	Bw	FArA	6.13	0.1	7.7	2.2	0.1	0.1	10.2	0.8	b	75.8	a	21.3	a	1.1	m	4	m	126	a	99	a	28	a
2	Ap	FA	5.36	0.1	11.6	1.8	0.1	1.3	15.0	1.0	b	77.5	a	12.2	b	1.0	m	6	a	93	a	80	a	13	a
	Bw	FArA	5.78	0.1	6.7	3.0	0.1	0.3	10.2	1.1	b	65.6	m	29.4	a	1.6	m	2	m	84	a	58	a	26	a
3	Ap	FA	5.68	0.2	5.5	2.3	0.1	0.3	8.5	2.6	b	65.4	m	27.6	a	1.2	m	2	m	35	a	25	a	10	a
	Bw	FArA	5.51	0.1	5.3	1.7	0.1	0.3	7.4	0.9	b	71.3	a	22.6	a	0.9	m	3	m	99	a	75	a	24	a
4	Ap	FArA	5.52	0.1	10.7	1.7	0.1	0.3	12.9	0.8	b	83.1	a	12.9	b	0.9	m	6	a	122	a	106	a	16	a
	Bw	FA	6.48	0.1	8.1	1.3	0.2	0.1	9.8	0.6	b	82.6	a	13.6	b	0.7	m	6	a	169	a	145	a	24	a
5	Ap	F	6.02	0.3	16.6	1.3	0.0	0.1	18.4	1.7	b	90.4	a	7.2	b	0.7	m	12	a	57	a	52	a	4	m
	C <sub>1</sub>	FArA	5.12	0.2	4.7	0.8	0.2	1.3	7.2	2.6	m	64.9	a	11.5	b	0.4	m	6	a	29	a	25	a	4	m
6	Ap	FArA	6.02	0.5	13.0	3.2	0.0	0.1	16.8	2.8	b	77.5	a	18.8	m	1.7	m	4	m	34	a	27	a	7	a
	C <sub>1</sub>	FArA	6.16	0.3	9.3	1.5	0.0	0.1	11.2	2.8	b	82.6	a	13.4	b	0.8	m	6	a	34	a	30	a	5	m
Rango										3	60	15	0	2		2									
										5	75	20	15	5	13	2	5								

C= calicata; Hor= horizontes; Tex= textura; F= Franca; FA= Franco arenoso; FArA = Franco arcillo arenoso; A:I= acidez intercambiable; a= alto, m= medio, b= bajo.

**Encalamiento.** El encalamiento es una práctica que debe realizarse con anticipación a la fertilización, al menos 30 días entre la aplicación de la enmienda y la del fertilizante, esto, con el objetivo de corregir los niveles de pH, ya que puede ser un factor limitante que restrinja el buen desarrollo de las raíces, aun cuando el cultivo de café ha demostrado ser una planta con tolerancia a las altas concentraciones de aluminio (IHCAFE 2001), limita los rendimientos. Según los resultados de análisis de laboratorio el pH de la finca “La Soledad” presenta suelos con acidez ligera a moderada, como es el caso de los suelos donde se abrieron las calicatas dos (FArA), cuatro (FArA) y tres (FA), las cuales presentaron pH de 5.36, 5.52 y 5.68 respectivamente.

La proporción de cal sugerida para hacer este procedimiento en suelos Franco arcillo arenosos y considerando su rango de pH es de 7.4 t/ha para la calicata dos, 5.2 t/ha para los suelos de las calicata número cuatro, mientras tanto en suelos Franco arenosos como el de la calicata número tres se utiliza una dosificación de 2.9 t/ha, donde se considera aplicar Cal dolomítica por su bajo valor encontrado en el análisis de laboratorio. La enmienda debe ser aplicada directamente al contorno de la planta, lo cual representa el 50 % del área del terreno, para llevar el pH hasta un rango promedio de 6.5, donde la mayoría de los nutrientes son absorbidos con mayor facilidad (Arévalo y Gauggel 2011).

La aplicación debe realizarse treinta 30 días antes del inicio de la época lluviosa, y ver el efecto del encalado en las primeras brotaciones. La Cal se aplica alrededor de la planta y de una manera uniforme, con el fin que la aplicación cubra la zona donde se concentra la mayor actividad radicular. Debe incorporarse con azadón para asegurar que la reacción del suelo se dé (IHCAFE 2001).

**Cuadro 8.** Requerimiento de Cal en t/ha, para corregir el pH hasta llegar a un rango de 6.5 en los suelos de la finca “La Soledad”, Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Calicata	pH		Diferencia pH	Textura	D.R t/ha	D.A t/ha	Fuente de Cal
	Actual	Ideal					
2	5.35	6.5	1.15	FArA	7.4	6.3	Dolomítica
4	5.52	6.5	0.98	FArA	5.2	4.5	Dolomítica
3	5.68	6.5	0.82	FA	2.9	2.5	Agrícola

D.R= Dosis requerida; D.A= Dosis ajustada.

**Fertilización edáfica.** La fertilización para todos los cultivos debe estar basada principalmente en la demanda de nutrientes por parte de la planta en las diferentes etapas fenológicas y la densidad del cultivo, y el café no es la excepción. Para aplicar nitrógeno, fósforo y potasio a los suelos, se usan fuentes simples y fórmulas completas, existen también las denominadas fórmulas completas denominadas cafetaleras, que incluyen en su formulación los elementos magnesio y boro en las proporciones necesarias según los requerimientos. Generalmente estas fórmulas poseen una mayor proporción de nitrógeno y potasio (15 a 20 %), seguidos en su orden por magnesio, fósforo y boro. La fórmula mas apropiada para una finca o lote en particular, depende del contenido y balance de los nutrientes del suelo, por ello la importancia de realizar los análisis químicos pertinentes (Chavez 1999).

El requemiento del cultivo es de 402.5, 84 y 231 kg/ha/año de NPK respectivamente (Valencia 1998), para lo cual se propone aplicar la cantidad de nutriente expresado en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO y Mg contemplados en el cuadro 9.

**Cuadro 9.** Recomendación de fertilizante para los diferentes tipos de suelo para una producción de 43 qq/ha, de la finca “La Soledad” Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Fuente de fertilizante	Suelo				
	<sup>a</sup> M 1	M/F- 2	M/F+ y F+ 3 y 5 kg/ha	F- 4	F+ 6
Nitrato de Amonio (34-0-0)	400	430	178	400	289
Sulfato de magnesio (0-0-0-0-16)	156	250	63	125	125
Cloruro de Potasio (0-0-60)	267	334	117	283	167
DAP (18-46-0)	76	70	52	76	65

<sup>a</sup>M= Familias texturales medias, M/F-= Familias texturales medias sobre finas, M/F+= Familias texturales medias sobre muy finas, F-= Familias texturales finas, F+= Familias texturales muy finas, °1= numero de calicata que lo representa.

**Época y fraccionamiento de la aplicación.** En gran medida, la época de fertilización en los cafetales esta ligada al régimen de precipitación, ya que las lluvias ejercen una gran influencia sobre la fenología del café, manteniendo la humedad adecuada del suelo para permitir el crecimiento de las plantas y la solubilización de los nutrientes contenidos en los fertilizantes (Chavez 1999). Por ello la importancia de restringir los abonos edáficos a los periodos lluviosos y fraccionar la aplicación en dos aplicaciones, la primera al inicio de la época de lluvia entre mayo y junio, la segunda entre octubre y diciembre. El fraccionamiento debe incluir el 60% de N, 100% de P y Mg y 40% de K en la primera aplicación, y solo el 40% de N y 60% de K en la segunda aplicación.

El requerimiento del cultivo es de 402.5, 84 y 231 kg/ha/año de NPK respectivamente, para lo cual se propone aplicar la cantidad de nutriente expresado en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO y Mg contemplados en el cuadro 9.

**Cuadro 10.** Recomendación de fertilizante para la primera aplicación de los diferentes tipos de suelo de la finca "La Soledad", Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Fuente de fertilizante	Suelo				
	<sup>a</sup> M	M/F-	M/F+ y F+	F-	F+
	°1	2	3 y 5	4	6
-----kg/ha-----					
Nitrato de Amonio (34-0-0)	240	295	195	240	229
Sulfato de magnesio (0-0-0-0-16)	156	250	63	125	93
Cloruro de Potasio (0-0-60)	107	134	80	113	107
DAP (18-46-0)	76	70	52	76	54

<sup>a</sup>M= Familias texturales medias, M/F-= Familias texturales medias sobre finas, M/F+= Familias texturales medias sobre muy finas, F-= Familias texturales finas, F+= Familias texturales muy finas, °1= numero de calicata que lo representa.

**Cuadro 11.** Recomendación de fertilizante para la segunda aplicación de los diferentes tipos de suelo de la finca "La Soledad", Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua.

Fuente de fertilizante	Suelo				
	<sup>a</sup> M	M/F-	M/F+ y F+	F-	F+
	°1	2	3 y 5	4	6
-----kg/ha-----					
Nitrato de Amonio (34-0-0)	160	197	130	160	153
Cloruro de Potasio (0-0-60)	160	200	120	170	160

<sup>a</sup>M= Familias texturales medias, M/F-= Familias texturales medias sobre finas, M/F+= Familias texturales medias sobre muy finas, F-= Familias texturales finas, F+= Familias texturales muy finas, °1= numero de calicata que lo representa.

**Método de aplicación.** Existen dos metodologías primordiales para la aplicación de fertilizantes edáficos las cuales son en banda y al voleo. La fertilización en banda consiste en aplicar una banda dispersa entre los surcos de los cafetales, y la aplicación al voleo consiste en hacer una aplicación puntualizada en contorno al tronco principal del árbol o en media luna. Dentro de lo principales factores a considerar a la hora de la aplicación se encuentra la pendiente del terreno, ya que en terrenos con alta pendiente es preferible utilizar el método del voleo, en media luna en la parte de arriba; También es importante hacer una limpieza de hojarasca y malezas, de modo que el fertilizante quede en contacto directo con el suelo para facilitar su absorción (ANACAFE 2006).

**Fertilización foliar.** La fertilización foliar es una práctica que debe realizarse en pro de poder complementar la fertilización edáfica de los cafetales. Este tipo de fertilización proporciona a la planta una rápida y eficaz asimilación de los micronutrientes, principalmente en procesos fisiológicos como la pre y post floración, etapas que por lo general ocurren en época de verano, donde no hay la humedad adecuada en el suelo como para hacer una fertilización edáfica (IHCAFE 2001).

Los fertilizantes foliares poseen la capacidad de aportar nutrientes específicos de una manera más rápida que los edáficos, ya que estos son absorbidos directamente por las hojas a través de la cutícula y los estomas (IHCAFE 2001). Las hojas más jóvenes son las que realizan la absorción de una manera más eficiente. Se seleccionaron los productos quelatados como fuente de micro nutrientes a aplicar; según la etapa fenológica del cultivo (Cuadro 12) y su contenido (Cuadro 13).

**Cuadro 12.** Producto para la aplicación foliar y etapa del cultivo en que se aplica, para una producción de 43 qq/ha.

Producto	Etapa		
	Pre-floración	Post-floración	Maduración
1	Metalosate Zinc 500 cc	Metalosate Tropical 750 cc	Metalosate Multimíneral 500 cc
2	Metalosate Boro 500 cc	Metalosate Calcio 500 cc	Metalosate Potasio 750 cc

**Cuadro 13.** Contenido nutricional de los productos comerciales.

Nombre comercial	Composición %
Metalosate Zinc	Zn 6.8
Metalosate Boro	B 5
Metalosate Calcio	Ca 6.1
Metalosate Potasio	24
Metalosate tropical	Mg 0.5 , B 1 , Fe 0.66 , Mo 0.1 , Zn 2
Metalosate multimíneral	Ca 1 , Mg 1 , Cu 0.5 , Fe 0.5 , Mo 0.1 , Zn 0.5

#### 4. CONCLUSIONES

- No se encontraron limitantes morfológicas ni físicas en los diferentes suelos, ya que estos varían de profundos a muy profundos, con texturas Franco Arcillo Arenosas, Franco Arenosas y Francas, sin presencia de rocas o fragmentos de ellas que limiten el desarrollo radicular de los cafetales.
- Los suelos de la finca se encuentran bajos en P, K, Mg, S, Mn, Zn y B, por lo que es necesario aplicar fórmulas de fertilización ajustada al contenido de nutrientes de cada tipo de suelo.
- La mayor limitante dentro de los suelos fue la presencia de suelos ligeramente a moderadamente ácidos con pH de 5.36, 5.68 y 5.52 para los lotes 2, 3 y 4 respectivamente; Lo cual influye de manera directa en la absorción de nutrientes, principalmente en elementos como fósforo, potasio, calcio y magnesio.

## 5. RECOMENDACIONES

- Aplicar enclavamiento y los esquemas y fórmulas de fertilización recomendadas en este estudio.
- Implementar un plan de trabajo que permita el ordenamiento de los diferentes lotes, incluyendo prácticas culturales y agronómicas a corto y mediano plazo como: regulación de sombra, control de malezas, control de plagas y enfermedades, planes de fertilización y conservación de suelos.
- Realizar análisis foliares para evaluar la capacidad de absorción de nutrientes de las plantaciones de café (*coffea arábica*) en estos suelos, bajo estas condiciones.

## 6. LITERATURA CITADA

ANACAFE. Asociación Nacional del Café. 2006. Guía técnica de caficultura. Con el apoyo de la embajada de España en Guatemala. 214 p.

AMUNSE 2012. Caracterización Dipilto, Departamento de Nueva Segovia (en línea). Consultado el 25 de Agosto de 2012.

Disponible en <http://www.amunse.org.ni/municipios/dipilto>

Arévalo, G y Gauggel, C. 2011. Manual de practicas. Manejo de suelos y nutrición vegetal. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 105 p.

Bolaños, M. 2001. El café y su impacto ambiental en Nicaragua. Unión Nicaragüense de Cafetaleros UNICAFE. (en línea).

Consultado el 11 de Junio de 2012. Disponible en

<http://web.catie.ac.cr/informacion/RAFA/rev29/pag46.pdf>

Chávez, V. 1999. Manejo de la Fertilización en Café (en línea).

Consultado el 25 de octubre de 2012. Disponible en

<http://dev.ico.org/documents/ed1849c.pdf>

Diario La prensa. 2012. Exportación de café de Nicaragua a la baja (en línea).

Consultado el 15 de Junio de 2012. Disponible en

<http://www.laprensa.com.ni/2012/04/28/activos/99629>

Diario La prensa. 2012. Ingresar Nicaragua más de 700 millones por venta trimestral de café (en línea).

Consultado el 8 de Julio de 2012. Disponible en

<http://nuevaya.com.ni/2012/04/ingresa-nicaragua-mas-de-700-millones-por-venta-trimestral-de-cafe/>

Diario La prensa. 2012. Ingresar Nicaragua más de 700 millones por venta trimestral de café (en línea).

Consultado el 8 de Julio de 2012. Disponible en

<http://nuevaya.com.ni/2012/04/ingresa-nicaragua-mas-de-700-millones-por-venta-trimestral-de-cafe/>

Diario El 19 Digital. 2012. Nicaragua logra destacada participación en Feria de Café Especiales de América en Estados Unidos (en línea).

Consultado el 12 de Julio de 2012. Disponible en

[http://www.el19digital.com/index.php?option=com\\_content&view=article&catid=23:nacionales&id=38012:nicaragua-logra-destacada-participacion-en-feria-de-cafe-especiales-de-america-en-estados-unidos&Itemid=12](http://www.el19digital.com/index.php?option=com_content&view=article&catid=23:nacionales&id=38012:nicaragua-logra-destacada-participacion-en-feria-de-cafe-especiales-de-america-en-estados-unidos&Itemid=12)

FAO, 2006. Guidelines for soil description. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, 96 p.

Hallam, D. Depósito de documentos de la FAO. Situación de los mercados de productos básicos 2003-2004. (en línea).

Consultado el 5 de Septiembre de 2012. Disponible en

<http://www.fao.org/docrep/007/y5117s/y5117s03.htm>

IHCAFE, Instituto Hondureño del Café. 2001. Manual de caficultura. 203 p.

MARENA, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales 2008. Boletín ambiental (en línea). Cordillera Dipilto-Jalapa

Consultado 31 de Julio de 2012. Disponible en

<http://www.marena.gob.ni/cordillera-dipilto-cordillera-dipilto-442>

Osorio, N. 2002. Organización Internacional del Café (OIC). La crisis mundial del café: una amenaza para el desarrollo sostenible (en línea). Consultado el 20 de Septiembre de 2012. Disponible en

<http://dev.ico.org/documents/ed1849c.pdf>

UNICAFÉ, Unión Nicaragüense de Cafetaleros. 1996. Manual de Caficultura de Nicaragua. Elaborado con el financiamiento del contravalos Italia/Nicaragua. 242 p.

Valencia, G. 1998. Manual de nutrición del café. Instituto de la Potasa y el Fósforo IMPOFOS. Quito, Ecuador. 63 p.