

**EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL
SUELO, EN SISTEMAS TIPIFICADOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), EN EL
MUNICIPIO DE LA UNION-NARIÑO.**

**YOINER ALEXANDER BASTIDAS
ONALDO ALBEIRO TEPUD**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO**

2014

**EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL
SUELO, EN SISTEMAS TIPIFICADOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), EN EL
MUNICIPIO DE LA UNION-NARIÑO.**

**YOINER ALEXANDER BASTIDAS
ONALDO ALBEIRO TEPUD**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero
agroforestal**

Asesor:

Jorge Fernando Navia

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO**

2014

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Agosto de 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
METODOLOGÍA.....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
CONCLUSIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA	25

EVALUACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO, EN SISTEMAS TIPIFICADOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN-NARIÑO.

Yoiner Alexander Bastidas¹

Onaldo Albeiro Tepud²

Jorge Fernando Navia³

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el municipio de La Unión (Nariño) ubicado en las coordenadas geográficas de 1° 36' y 06'' latitud Norte y a 77° 00' y 15'' longitud Oeste; con el propósito de evaluar la calidad del suelo en los diferentes sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) de la zona. Primero se elaboró una tipificación con la propuesta de la Red internacional de metodologías de investigación de sistemas de producción – RIMISP, que plantea visitas a campo, diseño y recolección de información a través de encuestas semiestructuradas, construcción de una base de datos y el análisis de correspondencia múltiple (ACM); luego se realizó la determinación de las propiedades físico-químico de los suelos, después el análisis estadístico de varianza y comparación de medias de Tukey. Se encontraron cuatro tipologías de producción en la zona, las cuales fueron: Café con sombra con un porcentaje de 24,04% , semisombra 34,62%, sin sombra (libre exposición) 23,08% y café asociado con plátano 18,26%; se realizó la determinación de algunas propiedades químicas y físicas de los suelos, pH, materia orgánica, fósforo disponible, nitrógeno, calcio de cambio, magnesio de cambio, potasio de cambio, aluminio, carbono orgánico, densidad aparente, densidad real y porosidad; y posteriormente comparaciones de medias de Tukey, no se encontró diferencias significativas en las

¹ Estudiante Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño alex.ander108@hotmail.com

² Estudiante Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño; ronaldrosales12@hotmail.com

³ Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Ph.D. Ciencias Agrarias con Énfasis en Suelos, Universidad Nacional de Colombia; Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. jornavia@yahoo.com

variables del suelo; excepto en el fósforo disponible (P dis.); donde el P dis. En las comparaciones de Tukey el sistema dos (café- plátano), fue donde se encontró mayor contenido, con un valor de 36,94 ppm; En conclusión se encontró que el mejor sistema de producción establecido es el sistema café- semisombra y café- plátano; donde la producción y rendimiento de café es rentable y se conserva la calidad de suelos.

PALABRAS CLAVE: Café, tipología, calidad, suelos, sistemas.

ABSTRACT

This research was conducted in the town of La Union (Nariño) located at the geographical coordinates of 1 ° 36 ' and 06" north latitude and 77 ° 00' and 15" West longitude ; in order to assess soil quality in different productive systems of coffee (*Coffea arabica* L.) in the area. First a definition was developed with the proposal of the International Network of research methodologies production systems - RIMISP posed field visits, design and data collection through semi-structured interviews, building a database and analysis multiple correspondence (ACM); then the determination of the physico -chemical soil after statistical analysis of variance and Tukey properties was performed. Four types of production were found in the area, which were shaded coffee with a percentage of 24.04% , 34.62 % partial shade , no shade (free exhibition) 23.08 % and coffee plátano18 associated with 26 % ; the determination of some chemical and physical properties of soils , pH , organic matter, available phosphorus , nitrogen , calcium exchange , exchange magnesium , potassium exchange , aluminum , organic carbon, bulk density , true density and porosity was performed ; and subsequently Tukey comparisons , no significant differences were found in soil variables ; except available phosphorus (P dis.) where the P device . Tukey comparisons of two system (coffee - banana), where it was found higher content , with a value of 36.94 ppm; In conclusion it was found that the best production system is established partial shade coffee and coffee - banana system ; where coffee production is cost performance and soil quality is preserved

KEY WORDS: Coffee, typology, quality, soil and systems.

INTRODUCCIÓN

El suelo, es un sistema constituido por las fases líquida, gaseosa y sólida, siendo esta última la más dominante y cuya composición fluctúa respecto al espacio y tiempo; sus componentes suelen estar dispuestos de la siguiente forma: materia inorgánica (45%), agua (20-30%), aire (20-30%) y MO (5%); dentro del cual, existe un intercambio continuo de moléculas e iones entre fases, mediado por un balance dinámico entre los procesos físicos, químicos y biológicos, manteniendo la salud y calidad del suelo (Doran y Parkin, 1994; Brady y Weil, 1996).

Knoepp, *et ál.*, (2000), definen a la calidad del suelo, como una combinación de características físicas, químicas y biológicas que tiene el ecosistema, que permite a través de sus indicadores, entender su dinámica respecto a la relación con las plantas, animales y el ambiente a un largo plazo. Otros autores, conceptualizan este término, como la capacidad de funcionamiento del sistema, para un uso específico, y puede estar definido por una propiedad inherente, o siendo producto de cambios producidos al ecosistema por condiciones naturales o por el hombre en el uso y/o manejo dado, además, tendría inferencia sobre la calidad ambiental y bienestar de las plantas, animales y humanos a un mediano y largo plazo (Dorin y Parkin, 1994; Gregorich, *et al.*, 1994; Lal, 1994).

Debido a su importancia y la degradación del suelo, en la cual se ha visto expuesta en la actualidad, se ha connotado de una manera determinante el estudio de estas dinámicas, precisando en el contar con criterios estandarizados que permitan evaluar de una manera integral los cambios en la calidad del suelo a través de indicadores, instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar, comunicar fenómenos complejos y los cuales permiten representar una condición específica, para inferir sus cambios o tendencias posibles; para ello, estos deben cumplir los siguientes requisitos: Describir los procesos del ecosistema, integrar las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir, ser sensitivas a variaciones en el clima y manejo, ser accesibles y aplicables a condiciones de campo, ser reproducibles, ser fáciles

de entender, cuando sea posible ser componentes de una base de datos del suelo ya existente. Con base en estos parámetros, los indicadores se pueden clasificar en indicadores físicos, químicos y biológicos (Arshad y Coen, 1992; Adriaanse, 1993; Doran y Parkin, 1994; Soil Quality Institute - SQI, 1996; Dumanski *et al.*, 1998).

Una de las estrategias utilizadas para la conservación y mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo y por ende en su calidad, es la diversificación y asociación de especies dentro del sistema productivo principal, lo cual además contribuye a la biodiversidad del ecosistema (Saito, 2004).

En la actualidad, la caficultura, ha sido catalogada como uno de los ejes económicos y sociales más importantes en el territorio Colombiano, representado en cerca de cuatro millones de habitantes que dependen de esta actividad y constituyéndose en sinónimo de desarrollo rural, redistribución del ingreso y construcción de paz; sin embargo, la creciente demanda del producto a nivel mundial, ha orientado la actividad cafetera al uso de prácticas inadecuadas, tales como el establecimiento de monocultivos intensivos en zonas de ladera, la masiva e indiscriminada aplicación de agroquímicos; conllevando a la generación de conflictos de inequidad social, mantenimiento del cultivo, contaminación del recurso hídrico y disminución de la calidad del suelo (Muschler, 2004; Comité de Cafeteros de Nariño seccional La Unión, 2008; Federación Nacional de Cafeteros - FNC, 2008).

La economía rural del municipio de la Unión, Nariño, gira alrededor de la industria cafetera, caracterizada por su carácter minifundista, razón por la cual, según los planes de desarrollo del municipio, se propone adelantar acciones que contribuyan a mejorar la conectividad y biodiversidad de los paisajes cafeteros, aumento de los ingresos de los caficultores, la generación del esquema de pago por servicios ambientales, productos certificados y no certificados y otras alternativas que apoyen la viabilidad económica y ecológica a largo plazo de las fincas y para tal fin se propone la diversificación de cafetales y la implementación de árboles en los sistemas productivos (Comité de Cafeteros de Nariño, seccional La Unión, 2008; Alcaldía municipal de La Unión, 2012).

El uso de árboles en cafetales, se remonta desde su cultivación comercial, prestando principalmente servicios como disminución del estrés hídrico, prolongación del ciclo productivo, disminución en la pérdida de frutos, incremento de la calidad de fruto y conservación de la biodiversidad a través de su sombra; y disminución de requerimientos de insumos, conservación de los recursos naturales allí presentes, supresión de malezas, diversificación de productos, reducción en el ataque de plagas y enfermedades y el reciclaje de nutrimentos (Beer, 1987). Sin embargo, esta implementación responde a las condiciones edafoclimáticas y agrológicas de la zona, el objetivo del sistema productivo, insumos disponibles y necesidades del productor; así como la selección y manejo de los árboles, evitando la existencia de competencia excesiva entre el café y el árbol o efectos alelopáticas entre los dos (Gotsch, 1996; Vaz, 2000; Muschler, 2004).

Es por ello, que la presente investigación, tiene por objeto evaluar la calidad de suelo en los sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio de la Unión (Nariño), a través de la identificación de los sistemas representativos en la zona y su posterior determinación de algunas propiedades químicas y físicas del suelo; lo cual contribuye a dar pautas en la evaluación de aptitud y conveniencia de éste, permitiendo asegurar la sostenibilidad socio ambiental del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características generales del área de estudio. La investigación se llevó a cabo en el municipio de La Unión (Nariño), ubicado en las coordenadas geográficas de 1° 36' y 06'' latitud Norte y a 77° 00' y 15'' longitud Oeste, con una altitud promedio de 1837 m.s.n.m, temperatura media de 19 °C y precipitación media anual de 2116.6mm, brillo solar promedio de 4.9 h/día, evapotranspiración varía entre 152 mm y 185 mm y una humedad relativa promedio es 82.5%. (Ibarra y Bastidas, 2008; Comité de Cafeteros de Nariño seccional La Unión, 2008; Alcaldía municipal de la Unión, 2012).

METODOLOGÍA.

1. Identificación de sistemas productivos

Se realizó la tipificación de los sistemas productivos de café, con base a las recomendaciones de la propuesta de la Red internacional de metodologías de investigación de sistemas de producción – RIMISP para la tipificación de fincas, la cual plantea como fases de la metodología: La definición de la población a estudiar, variables a aplicar, diseño de instrumentos de toma de información, visitas a fincas, recolección y procesamiento de la misma (elaboración de la base de datos, clasificación y descripción de las variables), el análisis estadístico y la determinación de los sistemas productivos allí presentes (Escobar y Berdegúe, 1990; Valerio, *et al.*, 2004; Pokorny *et al.*, 2011; Guzmán, *et al.*, 2012).

Siguiendo la metodología, en primera instancia se realizó una visita a campo y con base en ello, se estableció como población de estudio, 104 productores seleccionados aleatoriamente, luego se realizó el diseño y recolección de información a través de encuestas semiestructuradas que contenían 39 variables, se revisó la información de las encuestas y se construyó una base de datos, estos se verificaron, donde se despreciaron las variables con poco valor discriminatorio, utilizando como criterio de selección aquellas variables que presenten un coeficiente de variación superior al 30%, se categorizaron las restantes, obteniendo un total de 26 variables.

En el análisis estadístico por medio del análisis de correspondencia múltiple (ACM). Mediante el software estadístico SPAD (Système Protable pur 1`Analyses des Données) versión 5,6; se realizó un análisis de conglomerados se codificaron las variables que representan las características significativas en la determinación de los 104 fincas que determinarán los sistemas de producción de café, a los cuales se les realizó el análisis de conglomerados; posteriormente se realizó el análisis estadístico de los conglomerados resultantes, para lo cual se determinó la media y desviación estándar (Ds). Con base al análisis se determinaron cuatro sistemas priorizados y por el método Ward, se establecieron tipologías por grupos de sistemas de producción a través del análisis de

clúster, con la construcción de dendogramas y una descripción de estos sistemas. Investigadores como Solano *et al.*, (2000), Schultze *et al.*, (2001) y Castel *et al.*, (2003), han utilizado esta herramienta estadística, en la caracterización de sistemas de producción semiextensivos.

2. Determinación de algunas propiedades físicas y químicas

Una vez identificados los sistemas productivos, se realizó la respectiva toma de muestras a los suelos, haciéndose de manera aleatoria, para ello se realizó un recorrido sobre el terreno en forma de zig-zag, recolectando submuestras en cada vértice donde cambie de dirección durante el recorrido. Para cada sistema productivo, se realizaron cuatro muestreos, para un total de 16 muestras; se hizo uso de un barreno, a profundidad de 20 cm y depositaron a un balde plástico donde se homogenizaba la muestra y se transportó para su correspondiente análisis de suelos (ICA, 1992; Brady y Weil, 1996).

Posteriormente, en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño, se realizó la determinación de cada elemento del suelo; en el **Cuadro 1.**, se mencionan las metodologías utilizadas para la determinación cuantitativa de cada una de las variables.

Cuadro 1. Metodologías utilizadas para la determinación del contenido de cada elemento del suelo, en el municipio de la Unión- Nariño, 2013.

PARAMETRO	MÉTODO	TÉCNICA
pH, potenciómetro, relación suelo-agua 1:1	NTC 5264	Potenciométrica
Materia orgánica	Walkley-Blak (colorímetro) NTC 5403	Espectrofotométrica UV-VIS
Fósforo disponible	Bray II y Kurtz NTC 5350	Espectrofotométrica UV-VIS

Calcio de cambio	CH ₃ COONH ₄ 1N pH7 NTC 5349	Espectrofotometría de absorción atómica
Magnesio de cambio	DTPA- NTC 5526	Espectrofotometría de absorción atómica
Potasio de cambio	CH ₃ COONH ₄ 1N pH 7 NTC 5349	Espectrofotometría de absorción atómica
Aluminio de cambio	Extracción KCL 1N NTC 5263	Volumétrica
Nitrógeno	Con base en la Materia Orgánica.	Cálculo
Carbono orgánico.	Walkley-Black (colorimétrico)	Espectrofotométrica uv-vis
Densidad real	Método del picnómetro	Gravimétrica
Densidad aparente	Probeta graduada	Gravimétrica
Porosidad	Con base la densidad real y densidad aparente	Cálculo

Luego se realizó las pruebas de comparaciones de medias de Tukey para cada uno de los elementos determinados, a través del software estadístico InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Identificación de sistemas productivos

Análisis conglomerados

Las variables son las siguientes: número hijos, área total finca, área del sistema productivo, porcentaje de sombra, especies sombra, especies frutales, altura total árbol sombrío (mt), altura comercial (mt), distancia siembra plátano, precio (\$) racimo plátano, espesor hojarasca (cm), número de trabajadores permanentes, productos agrícolas obtenidos, plagas y enfermedades que afectan al cultivo del plátano, incidencia roya, infestación broca,

aplicación abonos orgánicos, aplicación pesticidas, manejo arvenses, manejo cobertura suelo, medio transporte y sistema secado café.

El cuadro 2. Descripción de variables cuantitativas utilizadas para la tipificación de los sistemas de producción de café, municipio de La Unión, Nariño.

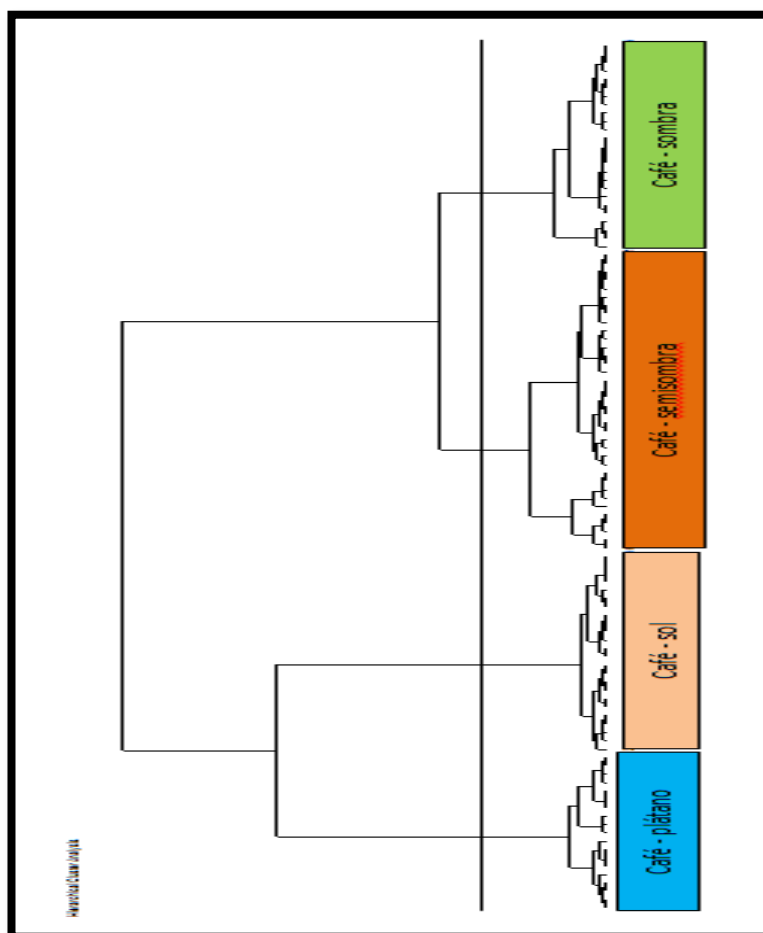
SISTEMA PRODUCCIÓN VARIABLE	Café-plátano		Café-sol		Café-sombra		Café-semisombra	
	Media	Ds	Media	Ds	Media	Ds	Media	Ds
Número hijos	4.05	2.07	2.58	1.18	2.80	1.32	3.32	2.31
Área total finca	1.43	1.58	1.72	1.82	1.54	1.19	2.17	3.14
Área del sistema productivo	1.40	1.58	1.56	1.74	1.23	0.93	1.37	1.41
Porcentaje de sombra	14.16	5.51	0	0	48.40	9.54	22.39	11.7
Especies sombra	1.16	0.69	0	0	5.76	1.36	3.06	0.98
Especies frutales	1.47	0.96	0.5	0.78	3.08	1.15	1.94	0.86
Altura total árbol sombrío (mt)	-	-	-	-	10.04	3.34	9.86	2.52
Altura comercial (mt)	-	-	-	-	2.76	0.88	2.61	0.69
Distancia siembra plátano	7.21	1.96	-	-	-	-	-	-
Precio (\$) racimo plátano	3.503	133.8	-	-	-	-	-	-
Espesor hojarasca (cm)	1.68	0.89	0.92	0.65	4.28	0.89	2.25	1.05
No trabajadores permanentes	1.16	0.37	1.17	0.48	1.08	0.28	1.44	0.91
Productos agrícolas obtenidos	2.0	0.58	1.29	0.46	3.16	0.90	1.97	0.65

Para la tipificación de los sistemas de producción fueron muy determinantes las variables: porcentaje de sombra con un promedio de 48.40% que lo representa el sistema de

producción café-sombra En este sistema, es común observar algunas áreas con muy poca sombra y otras con demasiado sombrero, aunque el promedio de sombra es del 48.40%, superior al establecido en algunas normas de producción de café bajo sombrero, (Rainforest ,2008 y Smithsonian Migratory Bird Center, 2004), establecen como porcentaje de sombrero mínimo para el café un 40%. Este sistema presenta diferencias significativas frente a los demás sistemas de producción; con valores de 22.39 % café-semisombra y 14.16% café-plátano y 0% café-sol; en la variable, especies de sombra, se reportó un promedio de 5,76 especies diferentes por sistema de producción; el cual se caracteriza en el sistema de producción café-sombra y disminuyendo el promedio con un valor de 3.06 especies en el sistema de producción café-semisombra, 1.16 en el sistema de producción café-plátano y 0 en el sistema producción café- sol ; y la última variable determinante es la altura total del árbol de sombrero y su arquitectura o forma de la copa; es muy determinante en el sistema de producción café-sombra con un valor de 10.04 mt y un valor de 9.86 mt en el sistema de producción café-semisombra

En la zona de estudio, se identificaron cuatro sistemas productivos (**Figura 1.**), los cuales son: sistema productivo de café bajo sombra, semisombra, asocio café – plátano y sin sombra similar número al encontrado en estudios realizados por León (2004), en la determinación de la tipología de hogares cafeteros del departamento de Caldas, donde el análisis le permitió conformar cuatro tipos de hogares diferentes, en Costa Rica, realizando esta metodologías, se encontraron las cuatro tipologías, al comparar los sistemas de manejo en fincas de café orgánico y convencional (Porrás, 2006).

Figura 1. Tipologías de los sistemas productivos de café en el municipio de la Unión-Nariño, 2013.



Los cuatro sistemas de producción de café identificados muestran diferencias significativas

1. café sin sombra
2. café asociado con plátano
3. café- semisombra
4. café- con sombra

En la zona de estudio, predominó el sistema productivo de café en modalidad de semisombra (Sistema 3), correspondiente al 34.62% de la población encuestada; seguido del sistema de café bajo sombra con el 24.04% (Sistema 4), café sin sombra (Sistema 1) y

la asociación café-plátano (Sistema 2), representaron el 23.08% y 18.26% respectivamente (**Cuadro 2.**). En relación a estos sistemas, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – FNC, informa que en este cultivo a nivel nacional, predomina el sistema productivo bajo algún tipo de sombrío, con aproximadamente el 70% (FNC, 1997). En Costa Rica, estudios realizados por Galloway y Beer (1997), definen tres sistemas de manejo: Tradicional, manejo semitecnificado y manejo tecnificado; por otra parte, en Centroamérica estudios realizados por Moguel y Toledo (1999), indican cinco tipos básicos de sistemas productivos, respecto a la cantidad de sombrío y el tipo de dosel: Cultivo rústico, policultivo tradicional, policultivo comercial, monocultivo bajo sombra, cultivo a plena exposición solar.

Cuadro 3. Distribución de los sistemas productivos de café en el municipio de la Unión-Nariño, 2013.

Sistemas	Número de fincas	Porcentaje (%)	Denominación
1	24	23.08	Café-sol
2	19	18.27	Café-plátano
3	36	34.62	Semisombra
4	25	24.03	Sombra
Total	104	100	

Al realizar el análisis en cada uno de estas tipologías, se encontraron diferencias significativas respecto a la densidad de siembra, en donde existe la mayor densidad de siembra se reportó en el sistema de café sin sombra, disminuyendo en los sistemas de asociación café – plátano, sombra y semisombra, con densidades de 4.000 plantas/ha. De igual forma, se encontraron diferencias significativas en la fertilización, el sistema café sin sombra, las dosis son superiores, en comparación a los sistemas café con semisombra y/o sombra; respecto a las prácticas de manejo del cultivo, son más intensas y frecuentes a

medida que el cultivo disminuye su porcentaje de sombra, al igual que el manejo de arvenses, donde el suelo del sistema de café sin sombra presenta una cobertura parcialmente desnuda; en diferencia con los suelos de los demás sistemas, oscilando promedios de cobertura entre 20% hasta un 90%, lo que infiere en la presencia de síntomas erosivos. Para algunos productores, el uso de sombrío, especialmente con especies nativas e introducidas del municipio, tales como Guamo (*Inga spp.*), Aguacate (*Persea sp.*), Balso (*Ochroma pyramidale*), Guayacán (*Lafoensia speciosa*), Limón (*Citrus lemon*), Nacedero (*Trichantera gigantea*), Arrayán (*Myrcianthes sp.*), Cachimbo (*Erythrina sp.*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Naranja (*Citrus sinensis*), y Matarratón (*Glyricidia sp.*), e inclusive el asocio con plátano (*Musa paradisiaca*) y banano (*Musa spp.*), entre otras; se considera en la región, como una práctica agroecológica que favorece la biodiversidad y, por ende, la presencia de agentes de control biológico (Farrel y Altieri, 1997; Beer *et al.*, 1998; Muschler, 2001; Farfán, 2011).

Respecto a la productividad, la relación café cereza/café pergamino seco, es superior en el sistema de café sin sombra y está disminuye a medida que aumenta el nivel de sombra, de igual manera el factor rendimiento (calidad del café), con valores oscilantes entre 90 y 86 en el sistema bajo sombra. Beer *et al.* (1998), explica estos resultados, debido a la presencia de una mayor competencia por agua y nutrientes, así como la incidencia de plagas y enfermedades en sistemas de asocio; Una similitud encontrada en todos los sistemas productivos, fue la utilización de variedades Colombia y Castillo, que han venido sustituyendo a la Caturra y Borbón, por motivos de resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*), efectos adversos del clima y algunas plagas como la broca (*Hypothenemus hampei*).

2. Determinación de propiedades físicas y químicas

En el **cuadro 4** de comparación de medias de Tukey a los elementos determinados se presentan las variables que no tienen diferencias significativas en los cuatro sistemas de producción

Comparación de medias de Tukey.

Cuadro 4. Comparación de medias de Tukey a los elementos determinados en el Municipio de la Unión Nariño, 2013.

PH		N (%)		MO (%)	
Sistemas	Promedios	Sistemas	Promedios	Sistemas	Promedios
1	5.34a	4	0.32a	4	7.21a
4	5.23a	3	0.29a	3	6.14a
2	5.12a	1	0.26a	2	5.96a
3	5.08a	2	0.25a	1	5.58a
CA de Cambio (m-eq/100gr)		Mg de Cambio (m-eq/100gr)		Al de cambio (m-eq/100gr)	
Sistema	Promedios	Sistema	Promedios	Sistema	Promedios
1	4.77a	4	1.49a	2	0.89a
2	4.49a	2	1.44a	4	0.86a
3	4.21a	3	1.33a	3	0.80a
4	3.46a	1	1.29a	1	0.79a
C Org. (%)		Densidad Aparente (gr/cm ³)		Porosidad (%)	
Sistema	Promedios	Sistema	Promedios	Sistema	Promedios
4	4.18 a	3	1.10 ^a	2	60.70a
3	3.56a	2	1.07 ^a	3	59.43a
2	3.46a	4	1.06 ^a	4	59.25a
1	3.24a	1	1.02 ^a	1	56.55a
K de cambio (m-eq/100gr)		Densidad Real (gr/cm ³)			
Sistema	Promedios	Sistema	Promedios		
2	0.57 ^a	1		2,71 a	
1	0.43 ^a	3		2,65 a	

3	0.42 ^a	2	2,59 a
4	0.36a	4	2,35 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Con base a las comparaciones de Tukey se reportó las variables no significativas; con unas tendencias del contenido de materia orgánica (M.O.) se reportó dentro del rango comprendido entre 5.58 % en el sistema productivo de café sin sombra y 7.21% en los sistemas productivos con sombra, indicando un alto porcentaje de M.O. para estos suelos en la zona; algunos estudios (PROCAFE, 2006), aseguran que esta materia orgánica presente en los cafetales, puede ser originado debido a los restos vegetales, hojas, ramas, tallos, etc., que caen al suelo y se transforman por descomposición, humificación o mineralización en nutrientes solubles, y a su vez responde a la relación existente entre los elementos de Carbono y Nitrógeno, (Martínez, Fuentes, Acevedo, 2008). afirman que el carbono orgánico del suelo tiene un efecto importante en la agregación de las partículas del suelo, lo cual redundando en cambios en la porosidad, densidad aparente, retención de agua y de aire; es mayor en el sistema de producción café -sombra (sistema 4) con un valor de 4.18 % y disminuyendo a medida que la sombra se reduce; razón por la cual se recomienda el asocio del café con otras especies vegetales, como es el caso de los sistemas agroforestales (Alfaro, 2004; Hulugalle y Weaver, 2005).

De igual forma, el pH encontrado se encuentra en el rango adecuado entre, 5 y 5.5, categorizado entre mediano a ligeramente ácido, lo cual propicia que la mayor parte de los elementos minerales, estén disponibles para la nutrición del café (PROCAFE, 2006). El contenido de nitrógeno (N), indica un mínimo en el sistema de café sin sombra con un 0,25% y un máximo contenido en el sistema de café-sombra 0,32%, en consecuencia al alto porcentaje de la M.O; el aluminio (Al), tiene cantidades superiores a 0.3 m-eq/100gr., dificultando que otros nutrientes como son el fósforo (P), hierro (Fe), boro (B) y zinc (Zn), sean disponibles para la nutrición del cafetal (Cardona y Sadeghian, 2005).

En el caso del Potasio (K), se encontró que el sistema de asocio café – plátano, contiene una mayor cantidad, con 0,57 m-eq/100gr, respecto a los otros sistemas identificados; la densidad aparente de los sistemas osciló entre 1,02 gr/cm³ en el sistema de café sin sombra y el sistema de café a semisombra, con 1,10 gr/cm³; Paz y Sánchez (2007), reportan que en suelos cultivados en café bajo sombrío, es mayor el contenido de MO y densidad aparente (DA), Los valores de densidad aparente inferiores a 1 gr/cm³ se obtienen normalmente en suelos orgánicos; por ende su capacidad de retención de humedad en comparación con suelos a libre exposición solar, de igual forma, estudios realizados por Porras (2006), encontraron que el contenido de potasio y la densidad aparente presentan correlación en suelos con sistemas productivos bajo sombra, semisombra y asocio café- plátano; además los suelos fértiles se distinguen por los altos contenidos de calcio y magnesio, mientras que los suelos muy ácidos presentan deficiencias de estos; lo cual se reportó que en los cuatro sistemas productivos los valores, están dentro de los rangos establecidos (café-sombra y café-semisombra) con valores menores a 5 m-eq/100gr, (Valencia 1986,1987)

Comparación de medias de Tukey del fósforo disponible.

Con relación a las variable de fósforo disponible, se indicó que en el sistema de asocio café con plátano (Sistema 2), se encontró el mayor contenido de Fósforo (P), con un valor promedio de 36,94 ppm (cuadro 5); presentando diferencias estadísticas significativas frente a los demás sistemas, la cantidad recomendada de este elemento para los cafetales, oscila entre 20 y 45 ppm (Fassbender y Bornemisza, 1994); sin embargo, respecto a las fertilizaciones realizadas en la zona es baja, debido al contenido de fósforo por la aplicación de mulch de plátano; que representa buenas producciones de café. (Robinson y Mitchel, 1964).

Cuadro 5. Comparación de medias de Tukey fósforo disponible en el Municipio de la Unión Nariño, 2013.

P Disp. (ppm)	
Sistema	Promedios
2	36,94 a
3	22,59 ab
4	18,39 ab
1	12,54 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Rangos óptimos de las propiedades físicos-químicas del suelo para crecimiento y desarrollo del café (*Coffea arabica* L)

Según los rangos utilizados en la determinación de la sustentabilidad de los sistemas de producción de café, Valores mínimos (Vmin) y Valores máximos (Vmax) por (Valencia, 1986; Valencia, 1987) y analizando los valores de cada una de las variables encontrados en este estudio; los cuatro sistemas de producción de café determina una buena calidad de suelos para la zona; aunque los sistemas de producción más factibles son: el sistema de café- semisombra (sistema 3) y café- plátano (sistema 2); los valores comparados están dentro de los rangos establecidos (cuadro 6); tanto en los factores químicos como en los factores físicos, eso lo reporta (Pérez, 2002). En el sistema de producción café sin sombra (sistema 1); los valores del suelo encontrados tienden a salir de los rangos establecidos en comparación con los otros sistemas o los encontramos a un límite (cuadro 6) de lo cual se determinó que los sistemas de producción de café sin sombra promueven la pérdida de la calidad del suelo, comprometiendo la sostenibilidad de sistema productivo; en un estudio realizado por (Pinheiro, 2003) evaluó el efecto del monocultivo del café sobre la calidad del suelo, encontrando alteraciones en sus variables físicas y químicas como: aumento de la densidad aparente, disminución de la porosidad y pérdida de la propiedades químicas necesarias para el crecimiento y desarrollo del cultivo de café. En cambio el sistema de producción café-sombra (sistema 4), se encontró una gran cantidad de materia orgánica con

una densidad aparente baja y una porosidad alta pero también se encontró unas deficiencias en el P disponible(cuadro 6); (Paz y Sánchez, 2007), reportan que en suelos cultivados en café bajo sombrero, es mayor el contenido de MO y densidad aparente y la capacidad de retención de humedad, aunque se presentan una gran competencia por nutrientes, lo que hace elementos como Mg, K , P dis, B, Cu; no estén de forma asimilable por el cultivo de café y además los contenidos de Al afecta la disposición de aquellos.

Cuadro 6. Rangos óptimos de las propiedades físicos-químicas de suelo para el café en el municipio de la Unión-Nariño, 2013

Factores Químicos	Rango óptimo		Sistemas			
	Vmin	Vmax	1	2	3	4
pH	5.0	5.5	5.34	5.12	5.08	5.23
M.O (%)	2.1	5.7	5.58	5.96	6.14	7.21
P (ppm)	20	45	12.54	36.94	22.59	18.39
Ca (meq/100 gr)	1.8	2.4	4.77	4.49	4.21	3.46
Mg (meq/100 gr)	0.6	1.2	1.29	1.44	1.33	1.49
K (meq/100 gr)	0.3	0.4	0.43	0.47	0.42	0.36
Al (meq/100 gr)	0.0	1.1	0.79	0.89	0.80	0.86
C orgánico (%)			3.24	3.46	3.56	4.18
N (%)	0.4	0.5	0.26	0.25	0.29	0.32
Factores Físicos						
Densidad aparente(gr/cm^3)	< 1.10		1.02	1.07	1.10	1.06
Densidad real (gr/cm^3)	2.6	2.7	2.71	2.59	2.65	2.35
Porosidad (%)	>50		56.55	60.70	59.43	59.25

Fuente: (Valencia, 1986, 1987; PROCAFE, 2006; Fassbender y Bornemisza, 1994)

CONCLUSIONES

En el municipio de la Unión- Nariño se encontró cuatro tipologías de producción en café, (café-semisombra, café-plátano, café-sombra y café sin sombra), siendo los más sobresalientes los sistemas de producción establecidos café- semisombra y café- plátano; donde la producción y rendimiento de café es rentable y se conserva la calidad de suelos.

La mayor cantidad de fosforo disponible, se encontró en el sistema de asocio café con plátano, lo cual plantea una alternativa productiva y rentable en la zona, reduciendo los costos en mantenimiento del cultivo y proporcionando una productividad similar al sistema productivo de café a libre exposición.

AGRADECIMIENTOS

A los caficultores y administradores de las fincas donde se realizó el estudio por su valiosa colaboración. Al Comité de cafeteros de Nariño seccional La Unión. Al Doctor Jorge Fernando Navia Estrada Ph.D presidente de este estudio, al profesor Héctor Ordoñez, al Ingeniero agroforestal Álvaro Cadena; por su ayuda durante todo el desarrollo de este trabajo, a la Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

- ADRIAANSE, A. (1993) *Environmental Policy Performance Indicators. A Study on the Development of Indicators for Environmental Policy in the Netherlands*. S.D.U. Uitgeverij, Netherlands. 175 p.
- ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA UNIÓN (2012). Plan de desarrollo municipal “La esperanza de un pueblo”. 142 p. Disponible en: <http://www.launion-narino.gov.co>. Consultado el 17 de abril de 2014.
- ALFARO, V. (2004) *Materia orgánica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e organico*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. 186 p.
- ARSHAD, M. y COEN, G. (1992) Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture* 7. Pp 25-31.
- BEER, J. (1987) Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5. Pp 3-13.
- BEER, J.; MUSCHELER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. (1998) Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38. Pp 139 – 164.
- BRADY, N. y WEIL, R. (1996). *The nature and properties of soils*. 11 ed. Prentice Hall. USA. 740 p.
- CARDONA, C., SADEGHIAN, K. (2005) *Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra y a plena exposición solar*. CENICAFÉ. Colombia. Pp: 348-364.

- CASTEL, J.; MENA, Y.; DELGADO, M.; CAMÚÑEZ, J.; BASULTO, J.; CARAVACA, F., GUZMÁN, J.; ALCALDE, M. (2003) Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research*. N° 47. Pp 133-143.

- COMITÉ DE CAFETEROS DE NARIÑO, SECCIONAL LA UNIÓN (2008). Comité departamental de Nariño. Informe Comité Departamentales, documento técnico. Pp: 92 – 103. Disponible en: <http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Nari%C3%B1o4.pdf> Consultado el 17 de abril de 2014.

- DEXTER, A.R., CZYZ, E.A., GATE, O.P, (2007). A method for prediction of soil penetration resistance. *Soil Till. Res.* 93,412-419.

- DORAN, J. y PARKIN, B. (1994). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. *Soil Science Society of America, Inc. Special Publication*. Number 35. Madison, Wisconsin, USA. 410p.

- DUMANSKI, J.; GAMEDA, S; y PIERI, C. (1998). *Indicators of land quality and sustainable land management*. The World Bank, Washington D.C.; USA.

- ESCOBAR, G. y BERDEGUÉ, J. (1990) *Conceptos y metodologías para tipificación de sistemas de finca: la experiencia de RIMISP*. Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción RIMISP. Santiago de Chile. 284 p.

- FARFÁN V. (2011) *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. Chinchina, Caldas Colombia. 395 p.

- FARRELL, J.; ALTIERI, M.; (1997) Sistemas agroforestales. *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. (Ed. M.A. Altieri). CLADES/ACAO. La Habana, Cuba. 163 p.

- FASSBENDER, H.; BORNEMISZA, E. (1994) *Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina*. San José, Costa Rica, IICA.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC (1997) Sistema de Información Cafetera. Encuesta Nacional Cafetera SICA. Informe Final. Bogotá, Colombia. 178 p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA- FNC. (2008) Política gremial cafetera, FNC - 2008, Disponible en www.CafédeColombia.com.co Consultado el 14 de mayo de 2013.
- FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ - PROCAFE. (2006) *Interpretación de resultados de análisis de suelo y recomendaciones de fuentes orgánicas e inorgánicas para el cultivo del café*. PROCAFE, El Salvador.
- GALLOWAY, G.; BEER, J. (1997) Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Serie técnica. Informe técnico N° 285. Proyecto agroforestal CATIE-GTZ. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 168 p.
- GOTSCH, E. (1996) Break-thrOUGH in Agriculture. *Rio de Janeiro: AS-PTA*. 22 p.
- GREGORICH, E.; CARTER, M.; ANGERS, D; MONREAL, C. y ELLERT, B. (1994) Towards a minimum data set to asses soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian J. of SoilScience* 74. Pp 367-386.
- GUZMÁN, A.; ABT, M.; y BRASSIOLO, M. (2012) Tipificación de las estrategias de uso del bosque por pequeños productores campesinos en Santiago del Estero. *Quebracho* (Santiago del Estero) Vol.20, n.1, Pp: 38-48.

- HULUGALLE, N.; WEAVER, T. (2005) Short-Term Variations in Chemical Properties of Vertisols as Affected by Amounts, Carbon/Nitrogen Ratio, and Nutrient Concentration of Crop Residues. *Soil Science and Plant Analysis* Vol 36 n° 11. Pp: 1449-1464.

- IBARRA, A. y BASTIDAS, O. (2008) *Identificación de prácticas agroforestales en la conservación de suelos de fincas productivas con café en el Municipio de la Unión, Nariño*. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. 108 p.

- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - ICA (1992) *Fertilización en diversos cultivos*. Quinta aproximación. Produmedios, Santafé de Bogotá, Colombia. 32 p.

- KNOEPP, D.; COLEMAN, D. y CROSSLEY, C. (2000). Biological indices of soil quality: an ecosystem case study of their use. *Forest Ecology and Management* Vol. 138. Pp 357-368.

- LAL, R. (1994) *Métodos y normas para evaluar el uso sostenible de los recursos suelo y agua en el trópico*. USDA. SMSS Monografía técnica N° 21. Departamento de Agronomía. Ohio State University, Columbus, Ohio, USA. 96p.

- LEÓN, J. (2004) Estrategias de vida en familias cafeteras y su relación con la riqueza etnobotánica de fincas en el departamento de Caldas, Colombia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Turrialba, Costa Rica. 143 p.

- MARTÍNEZ, E., FUENTES, J. P., y ACEVEDO, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *R. C. Suelo Nutr. Veg*, 8(1), 68-96.

- MOGUEL, P.; TOLEDO, V. (1999) Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(1). Pp 11-21.

- MUSCHLER, R. (2001) Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry systems* 85. Pp 131–139.
- MUSCHLER, R. (2004) Shade management and its effect on coffee growth and quality in Wintgens, *Coffee: growing, processing, sustainable production*. Wiley. Pp 339-353.
- PAZ., I.; SANCHEZ, M. (2007) Relación entre dos sistemas de sombrio de café y algunas propiedades físicas del suelo en la meseta de Popayan. *Revista Unicauca* Vol. 5 n° 2. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Colombia. Pp 39-43.
- PEREZ M., A. M. impactos de un sistema agroforestal com café na qualidade do solo. Vicosá UFV, 2002, 83p. (Dissertacao – mestrado em Solos e Nutricao de Plantas)
- PINHEIRO L., L.A. Qualidade de um solo com cafe e sob mata secundaria no municipio de Vicosá - MG. Vicosá. UFV, 2003. 102 p. II. (Tese – Doutorado em Solos e Nutricao de Plantas)
- POKORNY, B.; GODAR, J.; HOCH, L.; JOHNSON J.; DE KONING, J.; MEDINA, G.; STEINBRENNER, R.; VOS, V.; y WEIGELT, J. (2011) *La producción familiar como alternativa de un desarrollo sostenible para la Amazonía: Lecciones aprendidas de iniciativas de uso forestal por productores familiares en la Amazonía boliviana, brasilera, ecuatoriana y peruana*. CIFOR. Bogor, Indonesia. 174 p.
- PORRAS, C. (2006) *Comparación de sistemas de manejo en fincas de café orgánico y convencional dentro del Corredor Biológico Turrialba- Jiménez*, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Turrialba, Costa Rica. 14p.
- PORRAS C. (2006) *Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba-Jiménez*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. Turrialba, Costa Rica. 105 p.

- RAINFOREST Alliance. 2010. Estándares para Agricultura Sostenible. Norma para Agricultura Sostenible. Certificación Rainforest Alliance, Versión 2010. Red de Agricultura Sostenible (San José - Costa Rica). 53 p.
- ROBINSON, J.; MITCHEL, H. (1964) Studies on the effect of mulch and irrigation on root and stem development in *Coffea arabica* L. *The effects of mulch and irrigation on yield* 14. Turrialba, Costa Rica. Pp 24- 28.
- SAITO, M.(2004) Sustainable coffee production in Wintgens. *Journal. Coffee: growing, processing, sustainable production*. Wiley – UCH, Weinheim. Pp: 384 -390.
- SALAMANCA, J. SADEGHIAN, K. (2007) Efecto del uso y manejo sobre las propiedades físicas de algunos suelos de la zona cafetera colombiana. En: Curso escuela Latinoamericana de Física de Suelos y el Manejo de la tierra y el Agua en Zonas de Ladera, Universidad de Cuenca, Ecuador Octubre 1-10, 2007.
- SCHULTZE, M.; RISCHKOWSKY, B. (2001). Relating household characteristics to urban sheep keeping in West Africa. *Agrycultural Systems* N° 67. Pp 139-152.
- SMITHSONIAN MIGRATORY BIRD CENTER, National Zoo. Normas para la Producción, el Procesamiento y la Comercialización de Café “Bird FriendlyR”. - Certificado Orgánico Bajo Sombra - Smithsonian Migratory Bird Center, National Zoo, Washington, DC. USA. 2004. 19 p.
- SOIL QUALITY INSTITUTE - SQI. (1996). Indicators for Soil Quality Evaluation. *USDA Natural Resources Conservation Service*. Prepared by the National soil survey center in cooperation with the Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National soil tilth Laboratory, Agricultural research service. USA.

- SOLANO, C.; BERNUÉS, A.; ROJAS, F.; JOAQUÍN, N.; FERNÁNDEZ, W.; HERRERO, M. (2000) Relationships between management intensity and structural and social variables in dairy and dual-purpose systems in Santa Cruz, Bolivia. *Agricultural Systems* N° 65. Pp 159-177.
- VALERIO, D.; GARCÍA, A.; ACERO, R.; PEREA, J.; CASTALDO, A; y MARTOS, J. (2004) *Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos*. Documento de trabajo. Producción animal y gestión. Dpto Producción animal, Universidad de Córdoba. España. 9 p.
- VALENCIA, A.G. (1986)-a. Nutrición mineral del cafeto, In: Tecnología del cultivo del café, Comitecafé Caldas-Cenicafé, segunda edición, pp 113-131. (1987). Deficiencias Minerales en el Cafeto y Manera de Corregirlas, Boletín Técnico N°1, Tercera Edición
- VAZ, P. (2000) Sistemas agroflorestais como opção de manejo para microbacias. Informe Agropecuario 21: 207. Belo Horizonte. Brasil. Pp 75-81.