

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO EN SISTEMAS PRODUCTIVOS CAFETEROS, MUNICIPIO DE LA UNIÓN, NARIÑO

*Evaluation of soil quality in production systems coffee, Union township, Nariño*

Yoiner Alexander Bastidas-Matituy<sup>1</sup>, Onaldo Albeiro Tepud-Rosales<sup>2</sup> y Jorge Fernando Navia-Estrada<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

<sup>2</sup>Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

<sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo. Ph.D. Profesor Asociado. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

## Resumen

Esta investigación se realizó en el municipio de La Unión (Nariño) ubicado en las coordenadas geográficas de 1° 36' y 06" de 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, semisombra, sin sombra (libre exposición), y café asociado a plátano. Con relación a las variables químicas y físicas del suelo al realizar el análisis de varianza en la mayoría de ellas no se encontraron diferencias significativas en las variables del suelo; excepto en el fósforo disponible (P dis.) y en la densidad real (DR); donde el P disponible en el sistema dos (café- plátano), fue donde se encontró mayor contenido, con un valor de 36,94 mg kg<sup>-1</sup> y el sistema uno (café sin sombra) se encontró la mayor DR con un valor de 2,71 mg kg<sup>-1</sup> y en el sistema cuatro (café-sombra) se encontró el menor valor de DR el cual fue de 2,35 mg kg<sup>-1</sup>; 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' y 15" West longitude; in order to examine soil quality in different productive systems of coffee (*Coffea arabica* L.) in the area. At first a definition was developed with the proposal of the International Network of research methodologies production systems - RIMISP that make field visits, design and data collection through semi-structured polls, create a database and analysis of multiple correspondence (ACM); Next, the determination of the physico-chemical soil was made. Later statistical analysis of variance and Tukey properties was performed. Four types of production were found in the area, which were: Coffee with shade, partial shade, no shade ( outdoor exposure) and coffee associated with banana. During the analisis of the variance of soils, related with the determination of some chemical and physical properties of soils, there was no significant difference; except available phosphorus (P dis.) and true density (DR); where the P available of the system number two (coffee - banana), is where it was found in higher content , with a value of 36.94 mg kg<sup>-1</sup>. In the sistem number one (sun coffe) where was found the rise of DR with the value of 2.71 mg kg. The system number four (brown-shade) was found with less content of DR which was 2.35 mg kg<sup>-1</sup>; In conclusion it was found that the best established production system is partial shade coffee and coffee - banana system; where coffee production and its quantity is rentable and soil quality is preserved.

**Key words:** Coffee, typology, quality, soil and systems



Recibido 15 de enero de 2017.  
Aceptado 3 de marzo de 2017.

**Autor para Correspondencia\*:**  
jornavia@yahoo.com

## Como citar:

BASTIDAS-MATITUY, Y. A., TEPUD-ROSALES, O. A., y NAVIA-ESTRADA, J. F. 2017. Evaluación de calidad de suelo en sistemas productivos cafeteros, municipio de la Unión, Nariño. Revista Facultad Ciencias Agropecuarias – FAGROPEC. Universidad de la Amazonia, Florencia – Caquetá. 9(1). Pp. 17-24

## 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 al.* (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 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 soportan representar una condición específica, para inferir sus cambios o tendencias posibles; para ello, estos deben cumplir los siguientes requisitos: a) Describir los procesos del ecosistema; b) Integrar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; c) Reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir; d) Ser sensitivas a variaciones en el clima y manejo; e) Ser accesibles y aplicables a condiciones de campo; f) Ser reproducibles; g) Ser fáciles de entender; i) 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 nutrientes (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 del 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" de 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 de 82,5% El cultivo del café es el renglón básico de la economía del municipio, se cultiva en 40 veredas de las 42 que corresponden al total (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 Berdegué, 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, 110 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 y se realizó el análisis de correspondencia múltiple (ACM). Mediante el software estadístico SPAD (Système Protable pur l' Analyses des Données) versión 5,6; se realizó un análisis de conglomerados 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 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 barrenado, a profundidad de 20 cm y se 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 (Tabla 1); se mencionan las metodologías utilizadas para la determinación cuantitativa de cada una de las variables.

Luego se realizó el análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias de Tukey para cada uno de los elementos determinado, a través del software estadístico InfoStat.

## Resultados y discusión

### Identificación de sistemas productivos

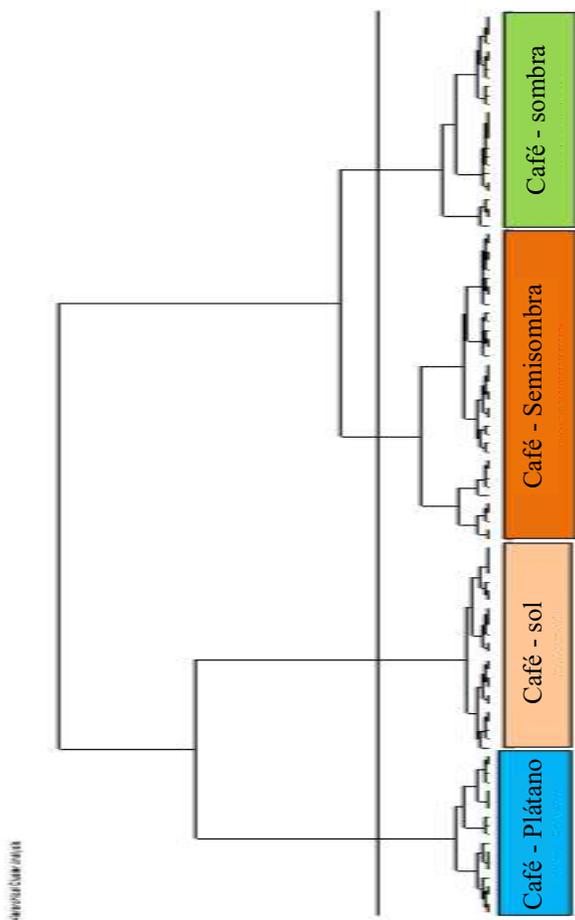
En la zona de estudio, se identificaron cuatro sistemas productivos (Figura 1), los cuales son: sistema productivo de café bajo sombra, semisombra, asocio café - plátano y sin sombra similar número al encontrado en estudios realizados por León (2004), en la determinación de la tipología de hogares cafeteros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

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 (Tabla 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

**Tabla 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	Potenciometría
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 <sub>3</sub> COONH 4 1N Ph7 NTC 5349	Espectrofotometría de absorción atómica
Magnesio de cambio	DTPA- NTC 5526	Espectrofotometría de absorción atómica
Potasio de cambio	CH <sub>3</sub> COONH 4 1N Ph7 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

Fuente: Este estudio, 2013.



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

**Tabla 2.** Distribución de los sistemas productivos de café en el municipio de la Unión-Nariño, 2013

Sistema	Denominación	Distribución
1	Café sin sombra	23,08%
2	Café asociado a plátano	18,26%
3	Café semisombra	34,62%
4	Café sombra	24,04%

Fuente: Este estudio, 2013

(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.

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 mayores 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 esta 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), explican 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 vastarix*), efectos adversos del clima y algunas plagas como la broca (*Hypothenemis hampei*).

#### Determinación de propiedades físicas y químicas

En el análisis de varianza (Tabla 3), se encontró que en los cuatro sistemas de producción no hay diferencias significativas, excepto en las variables fósforo disponible y en la densidad real.

#### Comparación de medias de Tukey.

El 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, 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

**Tabla 3.** Comparación de medias de Tukey a los elementos determinados en el Municipio de la Unión Nariño, 2013

PH		N		MO		CA de Cambio		Mg de Cambio	
Sistemas	Promedios	Sistemas	Promedios	Sistemas	Promedios	Sistema	Promedios	Sistema	Promedios
1	5,34a	4	0,32a	4	7,21a	1	4,77a	4	1,49a
4	5,23a	3	0,29a	3	6,14a	2	4,49a	2	1,44a
2	5,12a	1	0,26a	2	5,96a	3	4,21a	3	1,33a
3	5,08a	2	0,25a	1	5,58a	4	3,46a	1	1,29a
Al de cambio		C Org.		Densidad Aparente		Porosidad		K de cambio	
Sistema	Promedios	Sistema	Promedios	Sistema	Promedios	Sistema	Promedios	Sistema	Promedios
2	0,89a	4	4,18 a	3	1,10a	2	60,70a	2	0,57a
4	0,86a	3	3,56a	2	1,07a	3	59,43a	1	0,43a
3	0,80a	2	3,46a	4	1,06a	4	59,25a	3	0,42a
1	0,79a	1	3,24a	1	1,02a	1	56,55a	4	0,36a

Fuente: Este estudio, 2013

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 y Acevedo, 2008; afirman que el carbono orgánico del suelo tiene un efecto importante en la agregación de las partículas del suelo, lo cual redundaría 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 meq/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 mg kg<sup>-1</sup> respecto a los otros sistemas identificados; la densidad aparente de los sistemas osciló entre 1,02 gr/cm<sup>3</sup> en el sistema de café sin sombra y el sistema de café a semisombra, con 1,10 gr/cm<sup>3</sup>; 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 DA inferiores a 1 gr/cm<sup>3</sup> 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. Se encontró que los cuatro sistemas productivos están dentro de los rangos (café - sombra y café - semisombra) con valores menores a 5 cmol<sub>(c)</sub>kg<sup>-1</sup>.

#### Comparación de medias de Tukey del Fosforo disponible y Densidad Real.

Con relación a las variable de Fósforo disponible que en el sistema de asocio café con plátano (Sistema 2), se encontró el mayor contenido de este Fósforo, con un valor promedio de 36,94 mg.kg<sup>-1</sup>(Tabla 4); presentando diferencias estadísticas significativas frente a los demás sistemas; la cantidad recomendada de este elemento para los cafetales, oscila entre 20 y 45 mg kg<sup>-1</sup> (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 es de 332,1 Kg, que representa buenas producciones de café (Robinson y Mitchel, 1964).

**Tabla 4.** Comparación de medias de Tukey Fósforo (P) disponible en el municipio de la Unión, Nariño 2013

Sistema	Promedios
2	36,94 a
3	22,59 ab
4	18,39 ab
1	12,54 b

Fuente: Este estudio, 2013.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas de los cuatro sistemas productivos; indicando que: en el sistema de café sin sombra (Sistema 1), se encontró la mayor densidad real con un valor de 2,71 mg kg<sup>-1</sup> (Tabla 5) y el de menor densidad sistema de café con sombra (Sistema 4), con un valor de 2,35 mg kg<sup>-1</sup> (Tabla 5); presentando diferencias estadísticas respecto a los demás sistemas; en suelos minerales, la densidad real oscila entre 2,6 y 2,7g/cm<sup>3</sup> (Paz y Sánchez, 2007); en los suelos muy orgánicos, su valor oscila entre 1,4 y 2,0 g/cm<sup>3</sup> (Salamanca y Sadeghian, 2007). La densidad es importante porque en conjunto con la densidad aparente, se puede calcular la

porosidad de un suelo, lo cual hace que las raíces de las plantas penetren fácilmente en el suelo (Dexter, Czyz, y Gate, 2007.)

**Tabla 5.** Comparación de medias de Tukey Densidad Real, para cada sistema en el municipio de La Unión, Nariño, 2013.

Sistema	Promedios
1	2,71 a
3	2,65 ab
2	2,59 ab
4	2,35 b

Fuente: Este estudio, 2013.

#### Indicadores físicos-químicos de calidad de suelos

Según los rangos utilizados en la determinación de la sustentabilidad de los sistemas de producción de café,  $V_{min}$  y  $V_{max}$  (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 determinan 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 (Tabla 6); tanto en los indicadores químicos como físicos, como lo reporta (Pérez, 2002), los sistemas de producción con sombrero medio o en asocio con plátano presentan una alto porcentaje de la calidad del suelo; en relación con propiedades químicas y físicas 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 (Tabla 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 del 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

**Tabla 6.** Indicadores físicos-químicos de calidad de suelos en el municipio de La Unión-Nariño, 2013.

Indicador Químico	Rango óptimo		Sistemas			
	$V_{min}$	$V_{max}$	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 (disponible) ppm	20	45	12,54	36,94	22,59	18,39
Ca ( $cmol_{(c)}Kg^{-1}$ )	1,8	2,4	4,77	4,49	4,21	3,46
Mg ( $cmol_{(c)}Kg^{-1}$ )	0,6	1,2	1,29	1,44	1,33	1,49
K ( $cmol_{(c)}Kg^{-1}$ )	0,3	0,4	0,43	0,47	0,42	0,36
Al ( $cmol_{(c)}Kg^{-1}$ )	0	1,1	0,79	0,89	0,8	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
<b>Indicador Físico</b>						
Densidad aparente( $gr/cm^3$ )	>1,10		0,43	0,57	0,42	0,36
Densidad real ( $gr/cm^3$ )	2,6	2,7	2,71	2,59	2,65	2,35
Porosidad (%)	< 50		56,55	60,7	59,43	59,25

Fuente: (Valencia, 1986; Valencia, 1987; Valencia; Valencia, 1999, Este estudio, 2013).

químicas necesarias para el crecimiento y desarrollo del cultivo de café. En cambio el sistema de producción café-sombra (sistema 4), mostró una gran cantidad de materia orgánica con una densidad aparente baja y una porosidad alta con deficiencias en el (P) disponible (Tabla 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 presenta una gran competencia por nutrientes, lo que hace que 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.

#### Conclusiones

En el municipio de La Unión- Nariño 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.

Se encontraron cuatro tipologías de producción en café, (café-semisombra, café-plátano, café-sombra y café sin sombra) donde indica un conocimiento por parte de los productores en el asocio con especies multipropósito y la conservación de recursos naturales.

La mayor cantidad de Fósforo 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.

En general, los contenidos de nutrientes reportados en los sistemas de producción asociados, son los propicios para este cultivo y contienen las cantidades óptimas para un buen desarrollo

#### Literatura citada

- ADRIAANSE, A. Environmental Policy Performance Indicators. A Study on the Development of Indicators for Environmental Policy in the Netherlands. S.D.U. Uitgeverij, Netherlands.1993. 175 p.
- ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA UNIÓN-NARIÑO. 2012. Plan de desarrollo municipal “La esperanza de un pueblo” [en línea]. 2012. 142 p. [Consultado el 17 de abril de 2014].Disponible en: <http://www.launion-narino.gov.co>.
- ALFARO, V. Materia orgánica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroforestal e organico. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. 2004. 186 p.
- ARSHAD, M. y COEN, G. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. American Journal of Alternative Agriculture, 7 (1-2): 25-31. June, 1992.

- BEER, J. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry System*, 5 (1): 3-13. March, 1997.
- BEER, J., MUSCHELER, R., KASS, D. y SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38: 139-164. 1998.
- BRADY, N. y WEIL, R. *The nature and properties of soils*. USA: Prentice Hall, 1996. 740 p.
- CARDONA, C. y SADEGHIAN, K. Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra y a plena exposición solar. *Cenicafé*, 56(4): 348-364. 2005.
- CASTEL, J., MENA, Y., DELGADO, M., CAMÚÑEZ, J., BASULTO, J., CARAVACA, F., GUZMÁN, J. y ALCALDE, M. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research*, 47: 133-143. 2003.
- COMITÉ DE CAFETEROS DE NARIÑO, SECCIONAL LA UNIÓN. Comité departamental de Nariño. Informe Comité Departamentales, documento técnico [en línea]. 2008. p. 92 - 103. [Consultado el 17 de abril de 2014]. Disponible en: <http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Nari%C3%B1o4.pdf>.
- DEXTER, A.R., CZYZ, E.A. y GATE, O.P. A method for prediction of soil penetration resistance. *Soil Till. Res.*, 93: 412-419. 2007.
- DORAN, J. y PARKIN, B. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. *Soil Science Society of America, Inc. Special Publication*, (35). 410p. 1994.
- DUMANSKI, J., GAMEDA, S. y PIERI, C. Indicators of land quality and sustainable land management. Washington D.C.: The World Bank, 1998..
- ESCOBAR, G. y BERDEGUÉ, J. 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. 1990. 284 p.
- FARFÁN, F. Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café. Manizales, Caldas (Colombia): Cenicafé, 2014. 342 p.
- FARRELL, J. y ALTIERI, M. Sistemas agroforestales. En: agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. La Habana, Cuba: CLADES/ACAO, 1997. 163 p.
- FASSBENDER, H. y BORNEMISZA, E. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, Costa Rica: IICA, 1994. 420 p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC. Sistema de Información Cafetera. Encuesta Nacional Cafetera SICA. Informe Final. Bogotá, Colombia. 1997. 178 p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA- FNC. Política gremial cafetera, FNC [en línea]. 2008. [Consultado el 14 de mayo de 2013]. Disponible en: [www.CafédeColombia.com.co](http://www.CafédeColombia.com.co).
- FUNDACIÓN SALVADOREÑA PARA INVESTIGACIONES DEL CAFÉ-PROCAFE. Interpretación de resultados de análisis de suelo y recomendaciones de fuentes orgánicas e inorgánicas para el cultivo del café. El Salvador: PROCAFE, 2006.
- GALLOWAY, G. y BEER, J. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Serie técnica. Informe técnico N° 285. Proyecto agroforestal CATIE-GTZ. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1997. 168 p.
- GOTSCH, E. Break-thruph in Agriculture. *Rio de Janeiro: AS-PTA*. 1196. 22 p.
- GREGORICH, E., CARTER, M., ANGERS, D., MONREAL, C. y ELLERT, B. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian J. of Soil Science*, (74): 367-386. 1994.
- GUZMÁN, A., ABT, M. y BRASSIOLO, M. Tipificación de las estrategias de uso del bosque por pequeños productores campesinos en Santiago del Estero. Quebracho (Santiago del Estero), 20(1): 39-48. ene-jul. 2012.
- HULUGALLE, N. y WEAVER, T. 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*, 36(1): 1449-1464. 2005.
- IBARRA, A. y BASTIDAS, O. Identificación de prácticas agroforestales en la conservación de suelos de fincas productivas con café en el Municipio de la Unión, Nariño. Pasto: Universidad de Nariño. Departamento de Ingeniería Agroforestal. 2008. 108 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - ICA. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Produmedios, Santafé de Bogotá, Colombia. 1992. 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*, 138: 357-368. 2000
- LAL, R. *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. 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. 2004. 143 p.
- MARTÍNEZ, E., FUENTES, J. P. y ACEVEDO, E. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *R. C. Suelo Nutr. Veg*, 8(1): 68-96. 2008.
- MOGUEL, P. y TOLEDO, V. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1): 11-21. 1999.
- MUSCHLER, R. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry systems*, (85): 131-139. 2001.
- MUSCHLER, R. Shade management and its effect on

- coffee growth and quality in Wintgens, *Coffee: growing, processing, sustainable production*. Wiley. 2004. p. 339-353.
- PAZ., I. y SANCHEZ, M. Relación entre dos sistemas de sombrero de café y algunas propiedades físicas del suelo en la meseta de Popayán. *Revista Unicauca*, 5 (2): 39-43. 2007.
- PEREZ, A. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. Viçosa-Brasil: Universidade Federal de Viçosa. Programa de mestrado em nutrição de solo e planta. 2002. 83p.
- PINHEIRO, L. Qualidade de um solo com café e sob mata secundária no município de Vicosá. Viçosa-Brasil: Universidade Federal de Viçosa. Programa de Doutorado em nutrição de solo e planta. 2003. 102 p.
- POKORNY, B., et al. Produção familiar como alternativa de um desenvolvimento sustentável para a Amazônia: lições aprendidas de iniciativas de uso florestal por produtores familiares na Amazônia boliviana, brasileira, equatoriana e peruana. Belém-PA-Brasil: Gráfica Alves, 2011. 174p.
- PORRAS, C. 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. 2006. 14 p.
- PORRAS, C. 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. 2006. 105 p.
- ROBINSON, J. y MITCHEL, H. 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. 1964. p 24-28.
- SAITO, M. Sustainable coffee production in Wintgens. *Journal. Coffee: growing, processing, sustainable production*. Wiley – UCH, Weinheim. 2004. p. 384-390
- SALAMANCA, J. y SADEGHIAN, K. 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. y RISCHKOWSKY, B. Relating household characteristics to urban sheep keeping in West Africa. *Agricultural Systems*, (67): 139-152. 2001
- SOIL QUALITY INSTITUTE - SQI. 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. 1996.
- SOLANO, C., BERNUÉS, A., ROJAS, F. y JOAQUÍN, N.; (2000) Relationships between management intensity and structural and social variables in dairy and dual-purpose systems in Santa Cruz, Bolivia. *Agricultural Systems*, (65): 159-177. 2001
- VALERIO, D., GARCÍA, A., ACERO, R., PEREA, J., CASTALDO, A. y MARTOS, J. Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. Documento de trabajo. Producción animal y gestión. Dpto Producción animal, Universidad de Córdoba. España. 2004. 9p.
- VALENCIA, A. G. 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. Sistemas agroforestais como opção de manejo para microbacias. Informe Agropecuario 21: 207. Belo Horizonte. Brasil. 2000, p. 75-81.