

Características fisicoquímicas de suelos de uso agrícola y forestal. Caso: San Pablo de Tarugo, Chone - Ecuador

Physicochemical characteristics of soils for agricultural and forestry use. Case: San Pablo de Tarugo, Chone - Ecuador

Laura Gema Mendoza^{1*}, Verónica Vera², José Miguel Giler³ & Katherine Simbaña⁴

¹⁻²⁻³ *Docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, campus politécnico El Limón, Calceta-Ecuador*

⁴ *Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, campus politécnico El Limón, Calceta-Ecuador*

Recibido 10/02/2022; recibido en forma revisada 10 abril 2022; aceptado 30 de mayo 2022; disponible en línea 04/06/2022

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar las características fisicoquímicas de suelos de uso agrícola y forestal en San Pablo de Tarugo, Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Se empleó el método analítico descriptivo y técnicas como la entrevista y la observación directa. Se realizaron análisis de multielementos (nitrógeno amoniacal, fósforo, potasio, calcio y magnesio), textura, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y color en muestras en suelos agrícola (cultivo de yuca) y forestal. La textura del suelo agrícola es arcillo-arenosa, mientras que el suelo forestal es franco; la densidad aparente fue de 0.44 g/cm³ y 0.76 g/cm³ en suelo forestal, respectivamente; el suelo agrícola es ácido (5.50) y el suelo forestal es neutro (7.25); los multielementos reflejaron valores similares en ambos suelos; y, en ambos suelos predominan las tonalidades oscuras. La conductividad eléctrica es menor en suelo agrícola (216.67 uS/cm), pues el suelo forestal alcanzó los 400.00 uS/cm; asimismo, el suelo forestal contiene más del doble de materia orgánica (30.00 %), evidenciándose diferentes características fisicoquímicas en los suelos analizados.

Palabras clave: análisis, características fisicoquímicas, suelo agrícola, suelo forestal.

Abstract

The aim of this research was determine the physicochemical characteristics of soils of agricultural and forestry use in San Pablo de Tarugo, Chone, province of Manabí, Ecuador. The descriptive analytical method and techniques such as interview and direct observation were used. Analysis of multielements (ammoniacal nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium), texture, apparent density, pH, electrical conductivity, organic matter and color in samples of agricultural (cassava) and forest soil was performed. The texture of the agricultural soil is sandy clay, while the forest soil is loam; bulk density was 0.44 g/cm³ and 0.76 g/cm³ on forest floor, respectively; agricultural soil is acid (5.50) and forest soil is neutral (7.25); the multielements reflected similar values in both soils; and, in both soils, dark tones predominate. The electrical conductivity is lower in agricultural soil (216.67 uS/cm) since the forest soil reached 400.00 uS/cm; observing, the forest soil contains more than double the organic matter (30.00 %), evidencing different physicochemical characteristics in the analyzed soils.

Keywords: analysis, physicochemical characteristics, agricultural soil, forest soil.

Introducción

La salud del suelo está relacionada con su uso, el cual determina los procesos biogeoquímicos y disminuye la capacidad de los sistemas biológicos para sustentar y satisfacer las necesidades humanas; los principales

impactos del uso de suelo son la reducción de la recarga de los acuíferos, lo que produce un desequilibrio de la escorrentía superficial y provoca la pérdida de nutrientes, también afecta la estructura y la densidad aparente, altera las concentraciones de materia orgánica, mientras que los contenidos de nitrógeno,

* Correspondencia del autor:
E-mail: laura.mendoza@espm.edu.ec



fósforo y las poblaciones de microorganismos del suelo pueden disminuir o aumentar (Valarezo et al., 2021).

Las características fisicoquímicas revelan la respuesta de la productividad o funcionalidad del suelo al medio ambiente e indican la idoneidad del uso del suelo; por lo que, es fundamental determinar dichas características; así, la calidad del suelo incluye la evaluación de sus propiedades y los procesos del suelo en relación con su capacidad para funcionar de manera efectiva como componente de un ecosistema saludable; y, sustentar la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la producción de plantas y salud animal, incluyéndose la salud humana (Bai et al., 2018; Bünemann et al., 2018).

La llanura costera del Ecuador, con excepción de la parte norte extremadamente húmeda, es una región con alto potencial agrícola, caracterizada por un suelo muy fértil que permite el desarrollo de una agricultura altamente rentable, el 43% de las tierras de la planicie costera (2,8 millones de ha) son aptas para uso agrícola; esta zona está ubicada en áreas planas a ligeramente montañosas, con condiciones favorables para una amplia gama de cultivos tropicales como cacao, café, banano, palma aceitera, caña de azúcar, arroz, maíz, soya, yuca y numerosas frutas tropicales (Espinosa et al., 2018).

La parroquia Canuto, ubicada en el cantón Chone de la provincia de Manabí, se caracteriza por la producción de una amplia gama de alimentos de primera necesidad; sin embargo, se ha determinado que el recurso suelo se empobrece paulatinamente por sobreexplotación del mismo, debido a prácticas como los monocultivos (Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Canuto, 2015). Bajo



Figura 1. Esquema del proceso de la investigación.

tales antecedentes, el objetivo de esta investigación fue determinar las características fisicoquímicas de suelos de uso agrícola y forestal en San Pablo de Tarugo, Chone - Ecuador.

Materiales y métodos

Se empleó el método analítico descriptivo para cumplir con el objetivo planteado, empleándose como técnicas la entrevista y la observación directa. En la figura 1 se detalla el proceso empleado para llevar a cabo la investigación.

Área de estudio

Las muestras de suelo analizadas provienen de San Pablo de Tarugo, ubicado en la parroquia Canuto, cantón Chone, provincia de Manabí; específicamente en las coordenadas 604197.3 9913091.7 (Zona 17S), a una altura aproximada de 62 msnm, en la figura 2 se detalla la ubicación geográfica. Acorde al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2019), el clima de esta zona es de tipo tropical, con una precipitación media de 121.9 mm; presentando 26°C de temperatura media y 83.5% de humedad relativa.

Toma de muestras

Se realizó la toma de muestras en suelo agrícola (cultivo de yuca) y suelo forestal según lineamientos establecidos por Agrocalidad (2020); en el suelo

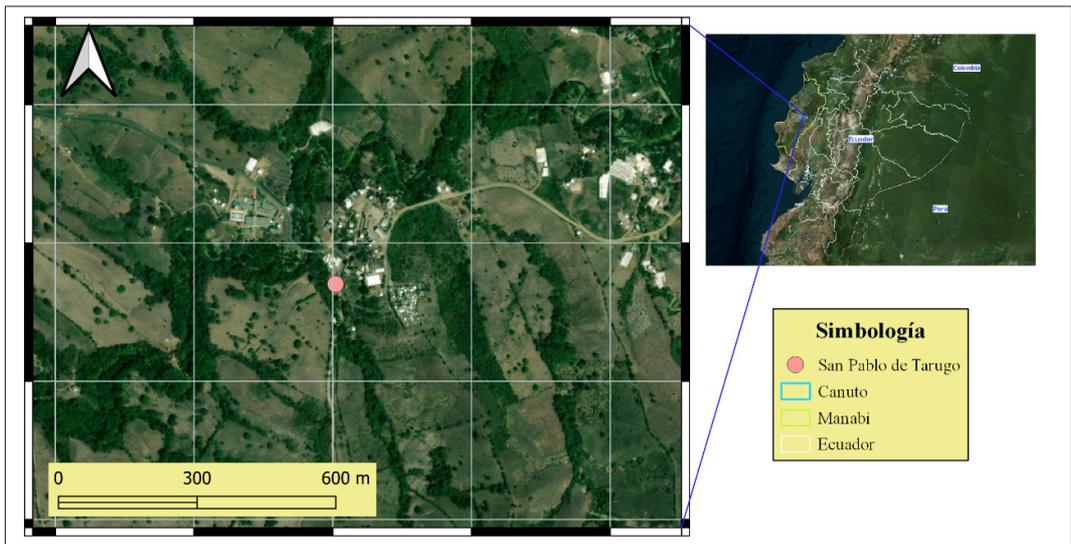


Figura 2. Ubicación geográfica del sitio de muestreo.

agrícola, dadas las condiciones geológicas, edáficas, hidrogeológicas y meteorológicas se dividió el área de muestreo (pendiente mayor al 5%) en tres zonas: alta, media y baja (Mendoza y Espinoza, 2017). Las tres muestras de 1 kg fueron resultados de la homogenización de 10 submuestras tomadas en zigzag a una profundidad de 20 cm en un cuadrante de aproximadamente 1 metro (Cuello, 2015), donde se evidenció mayor presencia de raíces secundarias (Lizcano et al., 2017).

Las muestras de suelo fueron analizadas en los laboratorios de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), según lo descrito a continuación:

Multielementos: Los multielementos como nitrógeno amoniacal (NH₄), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), y magnesio (Mg), se determinaron mediante absorción atómica.

Textura: La textura del suelo se determinó mediante el método de sedimentación; colocándose 100 g de muestra en 500 mL de agua; esta mezcla se llevó a la estufa a 350°C, se añadieron 25 ml de peróxido de hidrógeno y se agitó hasta quemar la materia orgánica (30 minutos aproximadamente); esta muestra se trasvasó a una probeta de 500 ml (sin tocar la pared) y se dejó reposar por 24 horas (tiempo de sedimentación) para determinar el porcentaje de limo, arena y arcilla; y, finalmente aplicar el triángulo de textura de Munsell.

Densidad aparente: La densidad aparente se determinó *in situ* mediante el método del cilindro, primero se determinaron los puntos estratégicos para la extracción de las muestras de suelo, después se introdujo a presión un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de altura en cada punto de muestreo, enseguida se extrajo el cilindro colocándolo en una funda, la cual fue llevada a laboratorio y se procedió a pesar en estado fresco, luego se ingresó la muestra en la estufa a 105°C por 1 hora, una vez secado se pesó nuevamente la muestra para obtener los datos necesarios para realizar el cálculo respectivo aplicando la ecuación 1.

$$\text{Densidad aparente del suelo} = \frac{\text{peso del suelo seco}}{\text{volumen de suelo}} \text{ Ec 1}$$

pH: En 3 vasos precipitados de 100 ml se diluyeron 3 muestras de 10 g de suelo y 100 ml de agua; se procedió a colocar un vaso precipitado con su respectiva disolución en un termo agitador durante 10 minutos; se esperó a que la lectura se estabilizara y se tomó la lectura respectiva.

Conductividad eléctrica: En un vaso precipitado se colocó 10 g de muestra de suelo, se agregó 100 ml de agua destilada y se añadió una bala magnética

colocando la disolución por 10 minutos en el termo agitador, posteriormente se sumergió el conductímetro en la solución antes preparada. Con el resultado de la conductividad eléctrica, se determinó la salinidad aplicando la ecuación 2.

$$ST = 0.64 * CE \text{ Ec 2}$$

Donde:

ST= Contenido total de sales

CE= Conductividad Eléctrica

Materia orgánica: Se pesó 50 g de suelo tamizado, y se colocó en la estufa a 105° C por 10 minutos, se pesó las muestras nuevamente, adicionalmente se tomaron 10 g del suelo en un crisol y se ingresaron las muestras en la mufla a una temperatura de 450° C por 4 horas, revolviendo la mezcla cada cierto tiempo, posteriormente se puso en el desecador por 40 minutos y se pesó la muestra; determinándose el contenido de materia orgánica mediante la ecuación 3. Los resultados obtenidos fueron comparados con los criterios detallados en la tabla 1.

$$\%MO = \frac{A-B}{B-C} * 100 \text{ Ec 3}$$

Donde:

A= Peso del crisol o plato de evaporación y del suelo seco al horno antes de la ignición

B= Peso del crisol o plato de evaporación y del suelo seco después de la ignición

C= Peso del crisol o plato de evaporación con aproximación a 0.01 g

Color: El color se determinó en base seca: se ubicó una porción de 3 g de suelo en la placa, comparando y estableciendo el valor vertical y horizontal según la tabla Munsell para obtener el color establecido; y, en base húmeda: se ubicó una porción de 3 g de suelo en la placa, se agregó un poco de agua al suelo hasta humedecer completamente y comparar el color del suelo con el valor expresado en la tabla Munsell.

Resultados y discusión

En el suelo agrícola analizado, se siembran aproximadamente 4.000 plantas de yuca (variedades

Tabla 1. Categoría según el porcentaje de materia orgánica.

Descripción	Rango (%)
Muy bajo	<2
Bajo	2 - 5
Medio	5 - 15
Alto	15 - 40
Muy alto	> 40

Fuente: INIAP (2015)

mejoradas por el INIAP 650 y 651) por hectárea, siendo las condiciones de plantación óptimas las que brinda la época lluviosa. Es de indicar que no se realiza preparación del suelo antes de la plantación ni tampoco análisis de suelo después de la cosecha. Aunque, para considerar una buena nutrición de un cultivo de la yuca se debe tener en cuenta la relación suelo, planta y agua. Este terreno se ha mantenido siete años en constante producción, lo que indica que no existen problemas para un buen cultivo. Vera (2014), menciona que la yuca prospera en suelos fértiles, su ventaja comparativa con otros cultivos más rentables es su capacidad para crecer en suelos ácidos, sin embargo, no tolera encharcamientos ni condiciones salinas del suelo, existe una gran parte de la producción de yuca que se obtiene a partir de suelos pobres, con poca fertilización y en sistemas de cultivos múltiples. En cuanto a los resultados de los análisis, en la tabla 2 se muestra en detalle los niveles cuantitativos de los parámetros evaluados.

En el suelo agrícola, la textura de la zona alta es arcillo arenosa, pues posee de 35 a 55% de arcilla y 45 a 65% arenoso, siendo apto para el cultivo de yuca. Los suelos arenosos se denominan suelos sueltos por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto una escasa retención de agua y de nutrientes, una de las ventajas que se puede destacar es que son fáciles de trabajar y no presentan problemas de aireación. En las zonas media y baja se obtuvo que la textura es arcillosa, con más de 30% de arcilla en el suelo lo cual es poco deseable, Pérez (2013) basado en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) de las partículas según su tamaño, indica que el rango para el suelo arcilloso es de 40-100 µm. Los suelos arcillosos almacenan dos veces más agua que un suelo arenoso, se puede regar con menos frecuencia; sufre menos pérdida de nutrientes por lixiviación; es más difícil de labrar y es mucho más susceptible a la compactación; por lo tanto, se recomienda agregar materia orgánica como el compost, estiércol, abono verde, lombrihumus para mejorar la condición física del suelo (Schoonover y Crim, 2015). Por otro lado, los resultados de textura para los suelos forestales

develaron que este suelo es de tipo franco. Un suelo franco se considera una textura ideal, porque presenta una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua, retención de agua y nutrientes (Herrera, 2016). Por lo tanto, si el suelo forestal tiene una baja compacidad del suelo, favorece el laboreo, disminuye la densidad aparente y favorece el crecimiento de las raíces.

El suelo agrícola presentó una densidad aparente en la zona alta de 0.46 g/cm³, la parte media obtuvo 0.43 g/cm³ y la zona baja presentó un 0.42 g/cm³, con un promedio de 0.44 g/cm³; para los suelos arcillosos arenosos el rango de <1.1 es ideal para el crecimiento del cultivo al beneficiar a las raíces, la densidad aparente es la característica que en mayor grado influye sobre la productividad de los cultivos, debido a su estrecha relación con otras propiedades del suelo; este comportamiento está asociado con las condiciones de disponibilidad y la tasa de difusión de los nutrientes en el suelo, cuando la densidad aparente del suelo aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento de las raíces, esta también dependerá a la vez de la temperatura, ya que, al aumentar la temperatura, la densidad disminuye (Bünemann et al., 2018).

Dado que, la densidad aparente, es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, presenta una relación inversamente proporcional al contenido de materia orgánica y al espacio poroso. Por otro lado, el suelo con vegetación tiene características propias, que inciden en los procesos formativos del suelo a través de la actividad biológica, este tipo de residuo vegetal es muy importante en la velocidad de humificación. Un tipo de suelo con valores bajos de densidad aparente implica suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje; por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene poca porosidad en su composición y que la infiltración del agua es más lenta, lo cual puede provocar anegamientos (Schoonover y Crim, 2015).

Tabla 2. Resumen de los resultados de los parámetros cuantitativos evaluados.

Parámetro	Suelo agrícola (zonas)			Promedio	Suelo forestal
	Alta	Media	Baja		
Densidad aparente (g/cm ³)	0.46	0.43	0.42	0.44	0.76
pH	5.70	5.50	5.30	5.50	7.25
Conductividad eléctrica (µS/cm)	230.00	220.00	200.00	216.67	400.00
Materia orgánica (%)	11.00	16.00	14.00	13.67	30.00
P (ppm)	42.00	24.00	25.00	30.33	47.00
NH ₄ (ppm)	14.00	20.00	14.00	16.00	17.00
K (meq/100mL)	0.55	0.56	0.37	0.49	0.85
Ca (meq/100mL)	16.00	17.00	16.00	16.33	16.00
Mg (meq/100mL)	4.40	4.40	5.40	4.73	8.50

Mientras que para los suelos forestales la densidad aparente fue de 0.76 g/cm³, siendo para un suelo franco un valor en este parámetro menor a 1.4 ideal para crecimiento de raíces y mayor a 1.8 una afectación para el crecimiento de las raíces. Los suelos forestales absorben 4 veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos por pastos, y 18 veces más que el suelo desnudo (Medrano, 2017). Estos suelos no sometidos al uso productivo, presentan un equilibrio entre la formación del suelo y los procesos erosivos, evitan los cambios climáticos e impiden la pérdida de la cubierta vegetal. El aumento de la densidad en suelos forestales reduce la porosidad del suelo, especialmente los poros mayores que juegan un importante rol para el crecimiento de las raíces y desarrollo de la flora en el suelo (Schoonover y Crim, 2015).

En cuanto al pH, en suelo agrícola, la zona alta alcanzó un valor de 5.70, la zona media obtuvo 5.50 y la zona baja presentó 5.30, con un promedio total de 5.50. Este parámetro, es determina un suelo ácido cuando se obtienen valores inferiores a 5.50 y puede provocar que la absorción de fósforo se reduzca, lo que puede conducir a la aparición de síntomas carenciales. Por tal motivo, en un suelo con pH muy ácido existe una intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable, entonces en el complejo de cambio del suelo abundan los hidrogeniones y el aluminio, impidiendo que otros elementos necesarios tales como el calcio, magnesio, sodio o potasio permanezcan en él, pasando a la fracción soluble y siendo fácilmente eliminados con el agua de lluvia o de riego lo que puede provocar que no se obtenga un buen cultivo en este suelo (Andrade, 2017).

No obstante, un suelo puede ser ácido, pero si existe abundancia de materia orgánica, puede responder satisfactoriamente al cultivo, esto se da debido a que la materia orgánica de un suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes; por otro lado, las actividades microbianas que se dan en el proceso de descomposición de la materia orgánica, contribuyen a la fertilidad del suelo y un suelo fértil permitirá que exista un buen rendimiento del cultivo (Arequipa, 2017). En suelos forestales el pH fue de 7.25 lo que indica que son neutros debido a que existe alto contenido de nutrientes puesto que las hojas que caen de los árboles se descomponen y contribuyen a que exista un elevado contenido de materia orgánica. Respecto a la conductividad eléctrica, el suelo agrícola obtuvo en la zona alta 230 uS/cm, en la zona media 220 uS/cm y la zona baja 200 uS/cm, con un promedio de 216.67 uS/cm; mientras que para los suelos forestales alcanzaron un resultado de 400 uS/cm. La absorción de agua de lluvia en suelos forestales es mucho mayor (hasta 4 veces más) que en suelos cubiertos por pastos; pudiendo absorber hasta 18 veces más líquido el suelo desnudo (Andrade, 2017). La materia orgánica en suelo agrícola presenta una calidad media según los criterios detallados en la tabla 1, pues en la zona alta se obtuvo un 11.00% y en

la zona baja el contenido fue de 14.00%, exceptuando la zona media que presentó un contenido alto de materia orgánica (16.00%); obteniéndose 13.67% en promedio. Sin embargo, en el suelo forestal la materia orgánica es de 30.00%, catalogándose con un alto contenido de esta característica, evidenciándose una notable diferencia entre ambos usos de suelo. En el manejo orgánico del suelo (forestal y agrícola) se recomienda un sistema combinado que consiste en ayudarle al suelo a restablecer el equilibrio natural (Moreira, 2016). El abonado de los suelos es una opción atinada sobre todo cuando el contenido de materia orgánica es bajo y el efecto de la erosión evidente, debido a los beneficios directos e indirectos derivados del mejoramiento de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Así, su aplicación puede optimizar la calidad de la producción de los cultivos en cualquier tipo de suelo y restablecer en forma gradual sus cualidades naturales (Flores, 2016).

Los resultados obtenidos para fósforo en el suelo forestal fueron de 47.00 ppm mientras que realizando un promedio de los segmentos del suelo agrícola dio un valor de 30.33 ppm (42.00 ppm en la zona alta, 24.00 ppm en la zona media y 25.00 ppm en la zona baja), ambos valores indican un alto contenido de fósforo. En suelos agrícolas esto se debe a la aplicación de fósforo al suelo en cantidades superiores a las necesidades de las cosechas, lo que conduce a un incremento progresivo de la concentración de fósforo en el suelo. Mientras, en suelos forestales, el incremento de este nutriente se debe a que la mayoría de los árboles forman asociaciones micorrizas con los hongos y estos pueden aumentar la disponibilidad de nutrientes liberando ácidos orgánicos que aceleran la meteorización, enzimas que aceleran la descomposición de la materia orgánica, y fosfatasa para mineralizar el fósforo orgánico (Schoonover y Crim, 2015).

El suelo agrícola presentó un nivel promedio de 16.00 ppm de NH₄ (14.00 ppm en la zona alta, 20.00 ppm en la zona media y 14.00 ppm en la zona baja), por otra parte, en el suelo forestal existe un valor de 17.00 ppm, reflejando un contenido de nitrógeno bajo en ambos suelos. En los suelos forestales esta deficiencia se asocia a factores como el clima pues sin una temperatura y humedad adecuada no se dará la descomposición de materia orgánica, por otra parte, la composición química de los restos vegetales ser desfavorable para la producción de este compuesto y por último los microorganismos que se encuentren en el suelo, pueden ser inadecuados o son insuficientes para tener un alto contenido de nitrógeno. En contraste, la falta de este nutriente en los suelos agrícolas se puede deber a las precipitaciones, que provocan la salida de nutrientes como lixiviados entre los que predominan los nitratos y el nitrógeno orgánico disuelto (Bünemann et al., 2018). Las pérdidas de nitrógeno pueden acentuarse cuando el nitrógeno en fertilizantes y/o deposición atmosférica excede las necesidades de plantas, bacterias y hongos. El agua de escorrentía puede

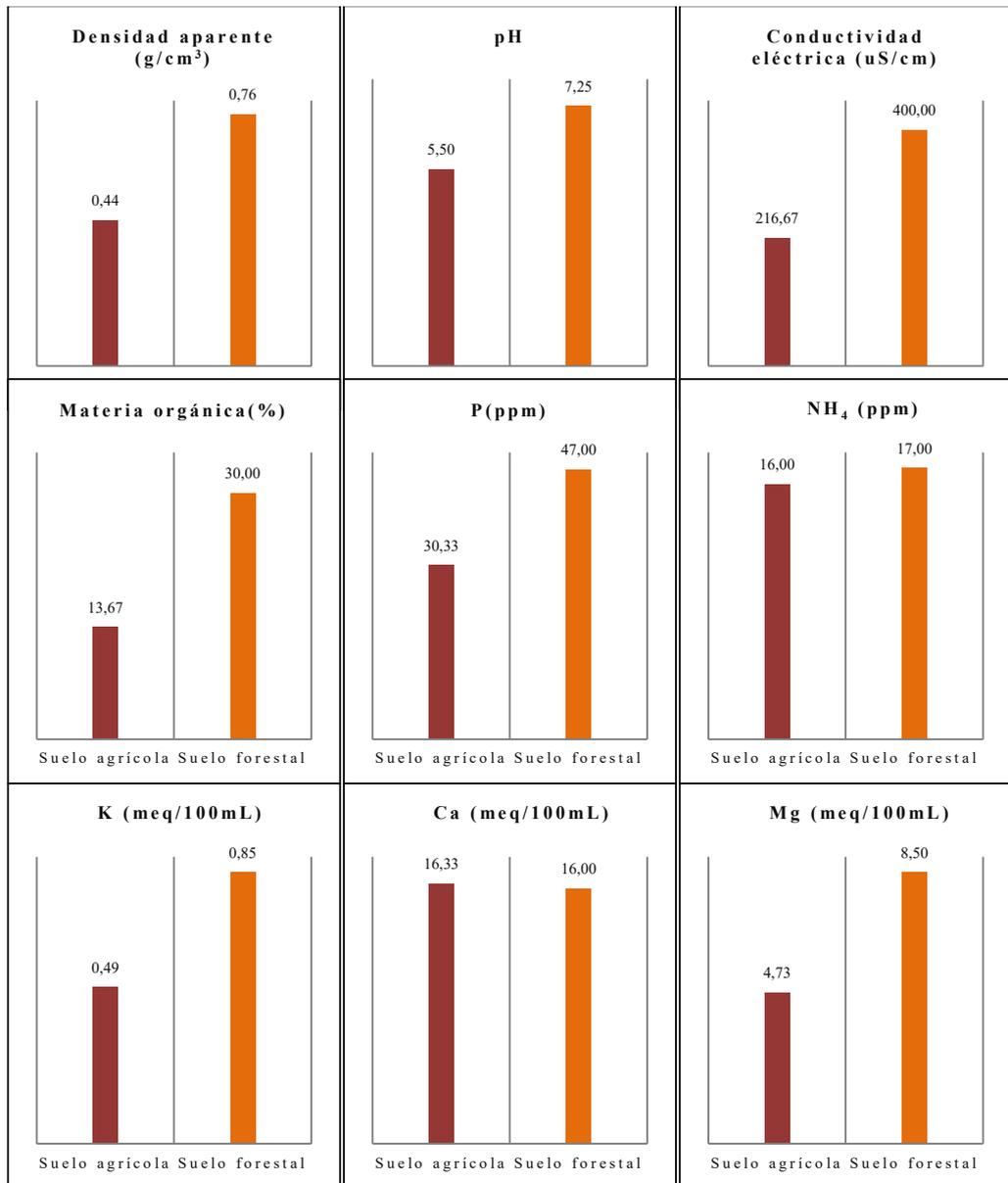


Figura 3. Representación gráfica de los resultados obtenidos.

llevarse una gran parte de los materiales resultantes de la erosión causada por las actividades forestales (construcción de pistas, preparación del suelo, talas, etc.) o cenizas producidas durante una quema de restos de corta, particularmente en laderas de fuerte pendiente (Flores, 2016). Otra de las razones según Donoso (2014) es que, durante los primeros años de la agricultura en suelos pobres, el nitrógeno de los residuos es insuficiente y los microorganismos usan el nitrógeno almacenado en el suelo. Este proceso es denominado inmovilización del nitrógeno y puede llevar a una deficiencia de nitrógeno en los cultivos que se manifiesta por una apariencia clorótica de las hojas.

En el suelo agrícola se determinó la existencia de un color entre marrón y negro (muestras secas - HUE 2.5 Y BROWISH BLACK 3/2) y entre negro y blanco - negro (muestras húmedas - HUE 2.5 Y BROWISH BLACK 3/1); en contrapartida, en suelos forestales el color determinado fue marrón en seco (HUE 2.5 Y BROWISH BLACK 3/2) y negro en húmedo (HUE 2.5 Y BLACK 2/1), lo que indica que en ambos suelos, predominan las tonalidades oscuras, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2016) un suelo con colores oscuros es indicativo de abundante materia orgánica, de acuerdo a ello Bünemann et al. (2018) manifiestan que el color

que presentan los suelos agrícolas es atribuible a las actividades humanas, en tanto, que el color obtenido en los suelos forestales, son considerados naturales con una sucesión bien definida de horizontes debido a la influencia que ejerce la cubierta forestal sobre este suelo.

En cuanto al K, en suelos agrícolas se obtuvo 0.55 meq/100mL en la zona alta, 0.56 meq/100mL en la zona media y 0.37 meq/100mL en la zona baja; resultando un promedio de 0.49 meq/100mL. Para el Ca se encontraron 16.00 meq/100mL en la zona alta, 17.00 meq/100mL en la zona media y 16.00 meq/100mL en la zona baja, con un promedio de 16.33 meq/100mL. Referente al Mg, se determinaron 4.40 meq/100mL en la zona alta, 4.40 meq/100mL en la zona media y 5.40 meq/100mL en la zona baja (4.73 meq/100mL en promedio). El suelo forestal mostró un contenido de 0.85 meq/100mL de K, 16.00 meq/100mL de Ca y 8.50 meq/100mL de Mg, reflejando una disponibilidad media. Los requerimientos nutricionales de suelos forestales se obtienen macronutrientes (K, Ca y Mg), desempeñando funciones muy importantes en el crecimiento de los árboles (Pilco y García, 2020). Por lo tanto, si se encuentran en condiciones medias ocasionarían deficiencias, disminuyendo el crecimiento de la planta. La relación de K, Ca y Mg en los suelos brindan condiciones estructurales adecuadas para la protección y crecimiento de los cultivos, por ello, el exceso de concentración en los suelos agrícolas es debido a la gran cantidad de fertilizantes químicos necesarios para una mayor producción. El potasio se encuentra en los suelos en cantidades variables y es absorbido por las plantas en forma de ion K⁺, mientras que el magnesio es esencial en el proceso de fotosíntesis. Por lo general, los suelos contienen más potasio que cualquiera de los otros nutrientes.

La figura 3, sintetiza de manera gráfica los resultados obtenidos, es de destacar que de todos los parámetros analizados el suelo forestal presenta mayores niveles, exceptuando el Ca. Se ha determinado que el contenido de materia orgánica afecta favorablemente el pH de los suelos ácidos, y que suelos sin cultivarse generalmente presentan mayor estabilidad de los agregados y un mayor contenido de materia orgánica en los horizontes superiores; no obstante, la magnitud de estos efectos es variable (Bai et al., 2018). Así, las diferencias entre las características del suelo forestal y el suelo agrícola, se atribuyen a las intervenciones antrópicas que dan en este último.

Conclusiones

Se determinó que la textura arcillo-arenosa del suelo agrícola cultivado con yuca es ideal para este tipo de cultivo; para el suelo forestal es franco, con un equilibrio ideal entre arenas, limo y arcilla. Entre los parámetros cuantitativos, la conductividad eléctrica en el suelo agrícola fue de 216.67 uS/cm, mientras que en el suelo forestal alcanzó los 400.00 uS/cm,

evidenciándose una notable diferencia; de manera semejante, el contenido de materia orgánica en el suelo agrícola fue de 13.67% y, en el suelo forestal se obtuvo 30.00%; de este modo, las características fisicoquímicas del suelo forestal difieren del suelo agrícola; sin embargo, la disposición final del uso de suelo debe responder a los intereses de los agricultores por lo que los resultados de esta investigación constituyen una línea base sobre las condiciones del suelo en la comunidad San Pablo de Tarugo y los efectos de su uso.

Referencias

- Agrocalidad. 2020. *Muestreo para análisis de suelos*. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/agua8.pdf>. Consulta Marzo 2021.
- Andrade, F. 2017. *Los desafíos de la agricultura. La nutrición de los cultivos*. [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/929CA0CDECC641000325811E00569D0A/\\$FILE/Actas%202017%20-%20FINAL.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/929CA0CDECC641000325811E00569D0A/$FILE/Actas%202017%20-%20FINAL.pdf). Consulta Abril 2021.
- Arequipa, A. 2017. *Calidad del suelo*. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26630/1/Tesis181%2020Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20536.pdf>. Consulta Agosto 2021.
- Bai, Z., Caspari, T., Ruiperez, M., Batjes, N., Mäder, P., Bünemann, E., Goede, R., Brussaard, L., Xu, M., Santos, C., Reintam, E., Fan, H., Mihelič, R., Glavan, M., y Tóth Z. 2018. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 265. 1-7. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S016788091830224X?token=6E2056BB9FD5EF773116A331B07664232C256C7AAE462AD1E550F0498FAE8F7256AADF220E3F3845BF5761A14ADF373&originRegion=us-east-1&originCreation=20220402215618>
- Bünemann, E., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T., Mäder, P., Pulleman, M., Sukke, W., Groenigen, J., y Brussaard, L. 2018. Soil quality - A critical review. *Soil Biology and Biochemistry* 120: 105-125.
- Cuello, L. 2015. *Actividades de aprendizaje-producción agrícola*. <http://analuisacuello.blogspot.com/2015/03/>. Consulta Julio 2021.
- Donoso, C. 2014. *Ecología Forestal*. https://www.researchgate.net/publication/277131964_SUELOS_EN_ECOSISTEMAS_FORESTALES. Consulta Noviembre 2021.
- Espinosa, J., Bernal, G., y Moreno, J. 2018. *The Soils of Ecuador*. Springer International Publishing, Suiza.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). Consulta 2016. *Estado Mundial del Recurso Suelo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ai5126s.pdf> FAO, Roma.
- Flores, M. 2016. *Estudio comparativo de indicadores físicos químicos y biológicos de la calidad del suelo*. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3077/1/UNACH-ING-AMB-2016-014.pdf>. Consulta Junio 2021.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Canuto. 2015. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360044680001_PDYOT%20CANUTO%20CHONE_04-07-2016_11-47-38.pdf. Consulta Mayo 2020.
- Herrera, J. 2016. Erosión del suelo por fertilizantes de la agricultura convencional, efecto en el cultivo de maíz versus bosque primario en Jaeneche. (Tesis de pregrado Ing. Ambiental) *Dspace*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11539/1/TESIS%20Danilo%20Herrera.%20CORRECCION%20FINAL.pdf>

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 2019. *Series mensuales de datos meteorológicos Chone-U. Católica Código: M0162*. Quito, INAMHI.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2015. *Valores de ponderación de materia orgánica*. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4092/1/120700.pdf>- Consulta Abril 2021.
- Lizcano, R., Dilier Olivera, V., y Saavedra, D. 2017. *Muestreo de Suelos, Técnicas de Laboratorio e Interpretación de Análisis de Suelos*. https://www.researchgate.net/publication/323823646_Muestreo_de_Suelos_Tecnicas_de_Laboratorio_e_Interpretacion_de_Analisis_de_Suelos. Consulta Agosto 2021.
- Medrano, W. 2017. Análisis de cambio de uso de suelo al sur del cantón Samborondón mediante sistemas de información geográfica y teledetección. (Tesis de pregrado Ing. Ambiental). *Dspace*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29491/1/TESIS%20MAR%20MEDRANO.pdf>
- Mendoza, R., y Espinoza, A. 2017. *Guía de muestreo del suelo*. <http://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>. Consulta Noviembre 2020.
- Moreira, E. 2016. *El uso de abonos y sus efectos*. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/2938/1/45011_1.pdf. Consulta Octubre 2021.
- Pérez, L. 2013. *Edafología. Ciencias Ambientales*. <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm>. Consulta Enero 2022.
- Pilco, J., y García, D. 2020. Determinación de cadmio en suelos agrícolas del cantón Pallatanga, provincia de Chimborazo, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales* 14(1): 151-172. <https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/view/1288/1323>
- Schoonover, J., y Crim, J. 2015. An Introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research & Education* 154(1): 21-17. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1936-704X.2015.03186.x>
- Valarezo, G., Carrión, V., Capa, D., y Jiménez, L. 2021. Soil quality/health indicators in a disturbed ecosystem in southern Ecuador. *Soil Science Annual* 72(2). http://www.soilsa.com/pdf-135991-67511?filename=Soil%20quality_health.pdf
- Vera, V. 2014. *Factores limitantes en el cultivo de yuca (Nutrición Vegetal)*. <https://es.slideshare.net/sextobtres/factores-limitantes-en-elcultivo-de-yuca-nutricion-vegetal>. Consulta Mayo 2021.