

Determinación de parámetros físicos y químicos del suelo sometido a explotación extensiva para la alimentación de rumiantes de la FACIAG.

Determination of physical and chemical parameters of the soil subjected to extensive exploitation for feeding ruminants of the FACIAG.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18510543>

Autor ¹ Verónica Troya Moreira

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0004-0168-3293>

vtroya335@faciag.utb.edu.ec

Autor ² Juan Carlos Medina Fonseca


Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

 <https://orcid.org/0009-0004-76501335>

jmedinaf@utb.edu.ec

Autor ³ Lino Fabian Velasco Espinoza

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0003-39600-9652X>

lvelasco@utb.edu.ec

Autor ⁴ Edwin Amado Mendoza Hidalgo

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0003-0571-5024>

emendoza@utb.edu.ec

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: vtroya335@faciag.utb.edu.ec

Fecha de recepción: 15/04/2025

Fecha de aceptación: 24/06/2025

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los parámetros físicos y químicos del suelo bajo un sistema extensivo de pastoreo. Se aplicó un Diseño de completamente al azar (DCA), con tres repeticiones. Se analizaron parámetros físicos: textura, humedad y densidad aparente y Parámetros químicos: Contenido de nutrientes del suelo (nitrógeno, fósforo, potasio, etc.), pH y materia orgánica. Mediante los resultados obtenidos se determinó que el tratamiento T1:P1 presentó una textura Franco Arcilloso, el tratamiento T2:P2 textura Arcillo limoso, el tratamiento T3:P3 textura Arcillo limoso, el tratamiento T4:P4 textura Franco Arcilloso limoso y el tratamiento

T5:P5 textura Franco Arcilloso limoso. El tratamiento T4:P4 presento la mayor media de 54.56 %, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de humedad (42.72 %) se presentó en el tratamiento T5:P5. El tratamiento T1:P1 presento la mayor media de 1.73 gr/cm³, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que la menor densidad aparente (1.65 gr/cm³) se presentó en el tratamiento T3:P3. Existe un índice alto de compactación del suelo, restringiendo el crecimiento de las plantas de diversas especies. El tratamiento T1:P1 presento la mayor media de pH con 5.43, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor pH (5.23) se presentó en los tratamientos T3:P3 y T4:P4. Los tratamientos T2:P2 y T5:P5 presentaron la mayor media con 2.17 %, respectivamente, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de materia orgánica (1.83 %) se presentó en el tratamiento T1:P1. Existe un bajo contenido de materia orgánica mineralizada y la condición del suelo es acida. Los macronutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio y azufre se presentaron en contenidos bajos en el suelo, mientras el calcio y magnesio tuvieron un alto contenido en el suelo. Los micronutrientes como zinc y boro se presentaron en contenidos bajos en el suelo, mientras el cobre, hierro y manganeso tuvieron un alto contenido en el suelo.

PALABRAS CLAVE: Suelo, nutrientes, textura, densidad, rumiantes.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the physical and chemical parameters of the soil under an extensive grazing system. A completely randomized design (CRD) was applied, with three replications. Physical parameters were analyzed: texture, humidity and apparent density and chemical parameters: Soil nutrient content (nitrogen, phosphorus, potassium, etc.), pH and organic matter. Through the results obtained, it was determined that treatment T1:P1 presented a Clay Loam texture, treatment T2:P2 Silty Clay texture, treatment T3:P3 Silty Clay texture, treatment T4:P4 Silty Clay Loam texture and treatment T5:P5 Silty Clay Loam texture. Treatment T4:P4 presented the highest average of 54.56%, being statistically superior to the other treatments, while the lowest percentage of humidity (42.72%) was presented in treatment T5:P5. Treatment T1:P1 had the highest mean density, 1.73 g/cm³, statistically higher than the other treatments, while treatment T3:P3 had the lowest apparent density (1.65 g/cm³). There is a high level of soil

compaction, restricting plant growth of various species. Treatment T1:P1 had the highest average pH, 5.43, statistically higher than the other treatments, while the lowest pH (5.23) was found in treatments T3:P3 and T4:P4. Treatments T2:P2 and T5:P5 had the highest average, 2.17%, respectively, statistically higher than the other treatments. Treatment T1:P1 had the lowest percentage of organic matter (1.83%). The soil was acidic and showed low levels of mineralized organic matter. Macronutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium, and sulfur were present in the soil, while calcium and magnesium were present in high levels. Micronutrients such as zinc and boron were present in the soil, while copper, iron, and manganese were present in high levels.

KEYWORDS: Soil, nutrients, texture, density, ruminants.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el uso y gestión del suelo son fundamentales para proveer alimentos, materiales y energía ya que el suelo es un recurso limitado; esencial para garantizar el suministro global por su uso y gestión, son de vital importancia en el ecosistema para las necesidades humanas básica (Keesstra et al., 2016).

El interés de estudio del suelo se enfoca en evaluar su cualidad, salud mineral y orgánica capaz de soportar su vida vegetal; por ende, la determinación de las características física, químicas permiten valorar su aptitud productiva, siendo uno de los principales elementos para la sustentabilidad agrícola, es la determinación de la calidad de los suelos direccionando a su uso y manejo (López 2005 citado por Troya en el 2023).

En la actualidad el pastoreo intensivo está provocando problemas serios en la calidad del suelo, debido a la poca rotación del ganado en un sistema agrosilvopastoril, lo cual se refleja en suelos degradados por problemas de compactación y deficientes en nutrientes (Rodríguez et al., 2020).

La calidad y salud del suelo son criterios continuamente equivalentes, pero no siempre considerados semejantes (Doran, et al ,2013) nos indica que la materia orgánica, la diversidad de microorganismos y los productos microbianos son estados de las

propiedades dinámicas del suelo constituyéndolas en cualidades de sí mismo (roming, et al 1995 citado por toya en el 2023).

representa un impacto en la salud publica debido a su transmisión zoonótica, especialmente en contextos donde se realiza la pasteurización adecuada de productos lácteos. (Agrocalidad , 2020).

En este sentido las propiedades químicas están entrelazada con la calidad y disponibilidad del agua y nutrientes para las plantas. Los factores notables que abarcan pH, materia orgánica, conductividad eléctrica extraíble de P, N y K; así mismo los atributos físicos describen el almacenamiento del agua en el suelo y la provisión para las plantas lo que facilitan el desarrollo de las raíces. Estos comprenden propiedades tales como estructura, volumen, densidad, estabilidad, infiltración, profundidad y conductividad hidráulica (Altamirano E, 2022).

En consecuencia, la calidad del suelo se ve afectada por problemas como el aumento de densidad aparente la compactación y la perdida de erosión que disminuye la productividad de los sistemas. La ganadería se asocia con la degradación del ecosistema debido al impacto en el suelo y a la presión ejercida sobre el bosque consecuencia por la tala de árboles para establecer pasturas (Ramiro L, 2021).

El pastoreo es un sistema eficiente de manejo del ganado y los recursos naturales, buscando un equilibrio entre los ciclos del suelo, las plantas y el ganado de ocupación (pastoreo) y descanso para un uso planificado de los recursos (Ramiro L, 2021).

En el ámbito veterinario una de las problemáticas estaría relacionada con varios factores que pueden afectar la salud animal y la sostenibilidad de los ecosistemas de producción. Estos parámetros son esenciales ya que el suelo es una fuente importante de nutrientes, agua y microorganismos que influyen en el entorno en el que se desarrollan los animales, particularmente en sistemas de pastoreo y producción a campo abierto (Trujillo, G. , 2018).

A pesar de la problemática mencionada, el análisis del suelo es fundamental para entender y optimizar el ambiente donde los animales viven. esto nos permite tomar decisiones

informadas sobre el uso de fertilizantes, rotación de los pastizales, control de enfermedades y mitigación de los contaminantes, lo que favorece la producción sustentable y mejorar el bienestar animal (Molina E., 2023).

La determinación de los parámetros físicos y químicos del suelo es un componente esencial en la medicina veterinaria en el ecosistema de la producción animal teniendo un impacto directo en la salud y bienestar el rendimiento productivo de los animales. En los sistemas de pastoreo y la producción al aire libre, los animales están en contacto continuo con el suelo y depende de la vegetación para crecer en él, lo que lo hace crucial entender las propiedades del suelo para asegurar un ambiente sano y equilibrado especialmente en sistemas de producción extensiva (FAO, 2020).

DESARROLLO

La calidad del suelo es esencial para garantizar la sostenibilidad de los sistemas extensivos de pastoreos, que afecta directamente la productividad forrajera, en el bienestar animal y la conservación ambiental. Evaluando los parámetros físicos, químicos y biológicos permitiendo comprender sus prácticas de manejo y el pisoteo del ganado impactan los procesos del ecosistema y la capacidad de sostener su producción a largo plazo. (FAO, 2020).

En los parámetros físicos determinan la estructura, aireación e infiltración de agua en el suelo siendo factores críticos para el crecimiento de las plantas y el manejo de agua en el sistema de pastoreo (Brandy & weil ,2017). En los parámetros químicos tenemos lo que es la materia orgánica, los niveles de nutrientes y el PH son los fundamentales para mantener la fertilidad del suelo y la productividad de los pastizales (Stewart, B, 2019).

En Ecuador, entre 1982 y 2003, la degradación de los suelos constituyó el 14,2% del total de la tierra arable del país. Además, en 2011, cerca del 15% de los terrenos cultivados se hallaron en etapa de erosión, lo que indica un incremento del cambio del suelo en un 0,8%, repartidos en las regiones Sierra (25,9 %), Costa (30 %) y Amazonia (44 %) (Rodríguez et al., 2020).

En la actualidad, la agricultura y la ganadería son actividades esenciales para el progreso del país. Por lo tanto, el sector agropecuario aporta alrededor del 9% del Producto Interno Bruto (PIB), además de ser la principal fuente de trabajo, lo que le sitúa como un elemento crucial para disminuir la pobreza, mantener la soberanía alimentaria y fortalecer la economía nacional (MAG, 2019).

En Ecuador, el suelo está en una etapa de degradación debido al cambio de uso del suelo vinculado a las actividades agrícolas y ganaderas. Por lo tanto, estas actividades alteran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, impactando su fertilidad y calidad (Bravo et al., 2017).

El suelo se caracteriza como el resultado natural de la meteorización de las rocas y el comportamiento de los organismos vivos, con la habilidad de proporcionar soporte al desarrollo de las plantas. Además, el suelo no se caracteriza solo como la fina capa exterior de la corteza terrestre, sino que se caracteriza como un complejo cuerpo natural formado en la roca sólida a partir de la influencia de plantas, microorganismos y animales del suelo, agua y aire (Navarro y Navarro, 2013).

Determinar los parámetros físicos y químicos del suelo bajo un sistema extensivo de pastoreo para la alimentación de rumiantes de la FACIAG, utilizando estadígrafos de tendencias central y dispersión; para poder realizar la evaluación del sistema de ganadería extensiva en función de su impacto sobre los parámetros físicos y químicos del ecosistema. Se buscó generar conocimiento sobre cómo la práctica de manejo ganadero afecta las características del suelo y los ecosistemas circundantes.

Métodos

Se aplicó un Diseño de completamente al azar (DCA), con un diseño de medidas repetidas; para analizar cómo el sistema de pastoreo extensivo afecta las variables dependientes (parámetros físicos y químicos).

Se consideró la población para el presente trabajo de investigación al área pastoril “potreros” de la ganadería de la Facultad de Ciencias agropecuarias de la Universidad

Técnica de Babahoyo; misma que tiene una superficie de 40 ha destina al programa de ganadería bovina. En tal virtud la población de nuestra investigación fue las superficies antes descriptas para analizar cómo el sistema de pastoreo extensivo afecta o no, las variables dependientes (parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo).

Se consideró 5 muestras representativas para la presente investigación, mismas que son 5 parcelas experimentales como nuestra área macro; se seleccionaron áreas dentro de cada bloque experimental. La asignación de la parcela experimental fue basada en características homogéneas de las parcelas, para controlar posibles fuentes de variabilidad externa. Cada unidad experimental tuvo al menos 10 sub muestras (para representar los 5 tratamientos con 3 repeticiones).

Las áreas de muestreo dentro de cada parcela fueron uniformemente distribuidas, evitando zonas de bordes o de proximidad a caminos, donde los efectos del pastoreo puedan estar alterados.

Para asegurar la representatividad de las muestras, se utilizó una técnica de muestreo estratificado. El muestreo estratificado se realizó tomando muestras en distintas ubicaciones de la parcela, mientras que el muestreo compuesto consistió en mezclar varias submuestras para obtener una muestra representativa del área total de la parcela.

Dependiendo del tamaño de la parcela y el área total a muestrear, se establecieron entre 5 y 10 puntos de muestreo por parcela. Estos puntos deben estar distribuidos de manera uniforme para capturar la heterogeneidad espacial del suelo. Se aplicó un diseño de muestreo en zig-zag (Gómez, 2013).

Para evaluar los efectos del pastoreo y la actividad biológica, las muestras se tomaron a una profundidad de muestreo de 0.20 cm, ya que la principal actividad del suelo se encuentra a esa profundidad.

Cada punto de muestreo consistió en la extracción de varias submuestras, tomadas con una sonda de muestreo de suelos (preferentemente tipo Ø 5 cm o Ø 10 cm) o con una pala de muestreo dependiendo de la textura del suelo. Las submuestras obtenidas de cada

punto se combinaron para formar una muestra compuesta representativa de la parcela en esa profundidad

Las mediciones de los parámetros físicos del suelo se llevaron a cabo utilizando instrumentos específicos y aplicando técnicas (Gómez, J, 2013) para cada parámetro las mismas que son las siguientes:

- Textura del suelo (porcentaje de arena, limo y arcilla): Se empleó el método de sedimentación (Método de Bouyoucos) para determinar la distribución de partículas en el suelo (Gómez, J, 2013).-
- Humedad del suelo: Se midió utilizando la técnica de pesado de humedad en laboratorio, por lo que se tomó una submuestra de aproximadamente 500 g de suelo, que fue pesada antes y después de ser deshidratada a 105°C en una estufa (Gómez, J, 2013).
- Densidad aparente: Se determinó utilizando un cilindro de volumen conocido. La muestra de suelo se tomó en un volumen determinado (por ejemplo, 100 cm³) y se pesó para obtener la densidad (Gómez, J, 2013).

Los análisis químicos de suelo requieren una muestra homogénea y representativa del sistema edáfico. Las submuestras extraídas se sometieron a los siguientes análisis:

- pH del suelo: Se tomó una submuestra de 100 g del suelo seco (105 °C) y se diluyó en agua destilada (1:1). Luego, se midió el pH utilizando un medidor de pH de suelo de alta precisión previamente calibrado (Gómez, J, 2013).

Los parámetros químicos como: Contenido de materia orgánica (MO), Nutrientes disponibles, fueron determinados en el Laboratorio de Suelos certificado del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), donde se enviaron las muestras para su análisis respectivo.

Resultados

Parámetros físicos del suelo

Textura

En la Tabla 2 se muestran los valores de porcentajes de partículas del suelo y su clase textura, en cual tomando como referencia el porcentaje de arena (35 %) en el tratamiento T1:P1 fue superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor

porcentaje de arena (15 %) en el tratamiento T5:P5, con un coeficiente de variación de 7.99 % y un promedio de 14.80 % de arena; el porcentaje de limo (51 %) en el tratamiento T2:P fue superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de limo (47 %) en el tratamiento T4:P4, con un coeficiente de variación de 1.88 % y un promedio de 45.6 % de limo; el porcentaje de arcilla (45.33 %) en el tratamiento T2:P2 fue superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de arcilla (34 %) en el tratamiento T1:P1, con un coeficiente de variación de 4.0 % y un promedio de 39.59 % de arcilla.

La clase textural se la determinó en base a los porcentajes de partículas del suelo, mediante el triángulo textural descrito por la USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos), donde el tratamiento T1:P1 presentó una textura Franco Arcilloso, el tratamiento T2:P2 presentó una textura Arcillo limoso, el tratamiento T3:P3 presentó una textura Arcillo limoso, el tratamiento T4:P4 presentó una textura Franco Arcilloso limoso y el tratamiento T5:P5 presentó una textura Franco Arcilloso limoso, evidenciando que existen varias clases texturales en el área de pastoreo extensivo.

Textura en la determinación de parámetros físicos y químicos del suelo sometido a explotación extensiva para la alimentación de rumiantes de la FACIAG.

Tratamientos	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
T1:P1.	35.00 a	31.00 c	34.00 b	Franco Arcilloso
T2:P2.	3.67 c	51.00 a	45.33 a	Arcillo limoso
T3:P3.	3.67 c	51.33 a	45.00 a	Arcillo limoso
T4:P4.	16.67 b	47.00 b	36.33 b	Franco Arcilloso limoso
T5:P5	15.00 b	47.67 b	37.33 b	Franco Arcilloso limoso
Promedio	14.80	45.6	39.59	
Coeficiente de variación (%)	7.99	1.88	4.07	
Significancia estadística	**	**	**	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ns: no significancia estadística

** : significancia estadística

Tratamiento (T).

Pastoreo extensivo (P).

Humedad (%)

En la Tabla 3 se muestran los valores de humedad del suelo, en la cual el tratamiento T4:P4 presento la mayor media de 54.56 %, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de humedad (42.72 %) se presentó en el tratamiento T5:P5, con un coeficiente de variación de 1.36 % y un promedio de 45.79 % de humedad.

Porcentaje de humedad en la determinación de parámetros físicos y químicos del suelo sometido a explotación extensiva para la alimentación de rumiantes de la FACIAG.

Tratamientos	Humedad (%)
T1:P1.	48.46 b
T2:P2.	48.72 b
T3:P3.	34.52 d
T4:P4.	54.56 a
T5:P5	42.72 c
Promedio	45.79
Coeficiente de variación (%)	1.36
Significancia Estadística	**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ns: no significancia estadística

** : significancia estadística

Tratamiento (T).

Pastoreo extensivo (P).

Densidad aparente (g/cm^3)

En la Tabla 4 se muestran los valores de densidad aparente, en la cual el tratamiento T1:P1 presento la mayor media de 1.73 gr/cm^3 , siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que la menor densidad aparente (1.65 gr/cm^3) se presentó en el tratamiento T3:P3, con un coeficiente de variación de 0.51 % y un promedio de 1.67 gr/cm^3 .

Valores de densidad aparente en la determinación de parámetros físicos y químicos del suelo sometido a explotación extensiva para la alimentación de rumiantes de la FACIAG.

Tratamientos	Densidad aparente (g/cm^3)
--------------	--

T1:P1.	1.73 a
T2:P2.	1.63 d
T3:P3.	1.65 cd
T4:P4.	1.70 b
T5:P5	1.67 c
Promedio	1.67
Coeficiente de variación (%)	0.51
Significancia estadística	**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ns: no significancia estadística

** : significancia estadística

Tratamiento (T).

Pastoreo extensivo (P).

Parámetros químicos del suelo

pH del suelo

En la Tabla 5 se muestran los valores de pH del suelo, en la cual el tratamiento T1:P1 presento la mayor media de 5.43, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor pH (5.23) se presentó en los tratamientos T3:P3 y T4:P4, con un coeficiente de variación de 1.29 % y un promedio de 5.31.

Valores de pH en la determinación de parámetros físicos y químicos del suelo sometido a explotación extensiva para la alimentación de rumiantes de la FACIAG.

Tratamientos	pH del suelo
T1:P1.	5.43 a
T2:P2.	5.30 ab
T3:P3.	5.23 b
T4:P4.	5.23 b
T5:P5	5.37 ab
Promedio	5.31
Coeficiente de variación (%)	1.29
Significancia estadística	**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ns: no significancia estadística

** : significancia estadística

Tratamiento (T).

Pastoreo extensivo (P).

Materia orgánica (%)

En la Tabla 6 se muestran los valores de materia orgánica, en la cual los tratamientos T2:P2 y T5:P5 presentaron la mayor media con 2.17 %, respectivamente, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de materia orgánica (1.83 %) se presentó en el tratamiento T1:P1, con un coeficiente de variación de 5.86 % y un promedio de 2.06 %.

Valores de materia orgánica en la determinación de parámetros físicos y químicos del suelo sometido a explotación extensiva para la alimentación de rumiantes de la FACIAG.

Tratamientos	Materia orgánica (%)
T1:P1.	1.83 b
T2:P2.	2.17 a
T3:P3.	2.10 ab
T4:P4.	2.07 ab
T5:P5	2.17 a
Promedio	2.06
Coeficiente de variación (%)	5.86
Significancia estadística	**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ns: no significancia estadística

** : significancia estadística

Tratamiento (T).

Pastoreo extensivo (P).

Macronutrientes

En la Tabla 7 se muestran los valores de macronutrientes del suelo, en la cual el tratamiento T5:P5 presentó la media más alta de nitrógeno con 13 ppm, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de nitrógeno (8 ppm) se presentó en los tratamientos T3:P3 y T4:P4, respectivamente, con un coeficiente de variación de 6.7 % y un promedio de 10.07 ppm de nitrógeno.

En relación al fósforo los tratamientos T1:P1 y T5:P5 presentaron las medias más altas de nitrógeno con 12.33 ppm y 11 ppm, respectivamente, siendo superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de fósforo (4.17 ppm) se presentó en el tratamiento T2:P2, con un coeficiente de variación de 6.79 % y un promedio de 8.97 ppm de fósforo.

En estudio del potasio no existió significancia estadística, sin embargo, numéricamente el tratamiento T3:P3 presentó la media más alta de potasio con 0.37 meq/100 ml, mientras que el menor promedio de potasio (0.11 meq/100 ml) se presentó en los tratamientos T2:P2 y T4:P4, con un coeficiente de variación de 85.57 % y un promedio de 0.24 meq/100 ml de potasio.

El análisis de calcio en el tratamiento T2:P2 presentó la media más alta de calcio con 15.33 meq/100 ml, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de calcio (13.67 meq/100 ml) se presentó en el tratamiento T4:P4, con un coeficiente de variación de 3.72 % y un promedio de 14.49 meq/100 ml de calcio.

En la utilización al magnesio no existió significancia estadística, sin embargo, numéricamente el tratamiento T5:P5 presentó la media más alta de magnesio con 4.57 meq/100 ml, mientras que el menor promedio de magnesio (4.13 meq/100 ml) se presentó en el tratamiento T4:P4, con un coeficiente de variación de 4.67 % y un promedio de 4.35 meq/100 ml de magnesio.

En constancia al azufre los tratamientos T3:P3 y T1:P1, presentaron las medias más altas de azufre con 11.33 y 10.67 ppm, siendo superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de azufre se presentó en los tratamientos T4:P4 y T5:P5 con 8.67 ppm, respectivamente, con un coeficiente de variación de 5.34 % y un promedio de 9.67 ppm de azufre.

Valores de macronutrientes en la determinación de parámetros físicos y químicos del suelo sometido a explotación extensiva para la alimentación de rumiantes de la FACIAG.

Tratamientos	Ppm		meq/100 ml		ppm	
	Nitrógeno (NH ₄)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Azufre (S)
T1:P1	11.33 ab	11.00 a	0.18 a	14.33 ab	4.37 a	10.67 a
T2:P2	10.00 b	4.17 c	0.11 a	15.33 a	4.27 a	9.00 b
T3:P3	8.00 c	9.00 b	0.37 a	14.33 ab	4.43 a	11.33 a
T4:P4	8.00 c	8.33 b	0.11 a	13.67 b	4.13 a	8.67 b
T5:P5	13.00 a	12.33 a	0.45 a	14.80 ab	4.57 a	8.67 b
Promedio	10.07	8.97	0.24	14.49	4.35	9.67
Coefficiente de variación (%)	6.79	6.60	85.57	3.72	4.67	5.34
Significancia estadística	**	**	Ns	**	Ns	**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ns: no significancia estadística

** : significancia estadística

Tratamiento (T).

Pastoreo extensivo (P).

Micronutrientes

En la Tabla 8 se muestran los valores de micronutrientes del suelo, en la cual el tratamiento T5:P5 presentó la media más alta de zinc con 2.07 ppm, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de zinc (1.30 ppm) se presentó en el tratamiento T1:P1, con un coeficiente de variación de 4.92 % y un promedio de 1.57 ppm de zinc.

En relación al cobre el tratamiento T5:P5 presentó la media más alta de cobre con 8.87 ppm, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de cobre (7.27 ppm) se presentó en el tratamiento T3:P3, con un coeficiente de variación de 2.76 % y un promedio de 7.67 ppm de cobre.

En relación al hierro el tratamiento T5:P5 presentó la media más alta de calcio con 207.67 ppm, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de hierro (159 ppm) se presentó en el tratamiento T2:P2, con un coeficiente de variación de 1.84 % y un promedio de 177.24 ppm de hierro.

En relación al manganeso los tratamientos T5:P5 y T2:P2, presentaron las medias más altas de manganeso con 31 y 30.30 ppm, siendo superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de manganeso se presentó en los tratamientos T3:P3 y T1:P1 con 21.70 y 22.07 ppm, respectivamente, con un coeficiente de variación de 2.86 % y un promedio de 26.63 ppm de mangaseno.

En el análisis del boro el tratamiento T2:P2 presentó la media más alta de boro con 0.24 ppm, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de hierro (0.19 ppm) se presentó en el tratamiento T1:P1, con un coeficiente de variación de 5.02 % y un promedio de 0.22 ppm de boro.

Valores de micronutrientes en la determinación de parámetros físicos y químicos del suelo sometido a explotación extensiva para la alimentación de rumiantes de la FACIAG.

Tratamientos	ppm				
	Zinc (Zn)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Boro (B)
T1:P1	1.30 c	6.30 d	162.33 c	22.07 c	0.19 c
T2:P2	1.63 b	7.67 bc	159.00 c	30.30 a	0.24 a
T3:P3	1.50 bc	7.27 c	162.33 c	21.70 c	0.23 ab
T4:P4	1.37 c	8.23 b	195.00 b	28.07 b	0.23 ab
T5:P5	2.07 a	8.87 a	207.67 a	31.00 a	0.21 bc
Promedio	1.57	7.67	177.27	26.63	0.22
Coeficiente de variación (%)	4.92	2.76	1.84	2.86	5.02
Significancia estadística	**	**	**	**	**

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ns: no significancia estadística

** : significancia estadística

Tratamiento (T).

Pastoreo extensivo (P).

La clase textural se la determinó en base a los porcentajes de partículas del suelo, mediante el triángulo textural descrito por la USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos), donde el tratamiento T1:P1 presentó una textura Franco Arcilloso, el tratamiento T2:P2 presentó una textura Arcillo limoso, el tratamiento T3:P3 presentó una textura Arcillo limoso, el tratamiento T4:P4 presentó una textura Franco Arcilloso limoso y el tratamiento T5:P5 presentó una textura Franco Arcilloso limoso, evidenciando que existen varias clases texturales en el área de pastoreo extensivo; en la cual la FAO (2018) expresa en su manual de aspectos de producción, conservación de suelos y agua en áreas ganaderas que existen zonas dedicadas a la producción de rumiantes con una gran diversidad de tipos de suelos que son manejados de forma extensiva sin ninguna planificación establecida, lo cual está provocando la degradación de los suelos.

El tratamiento T4:P4 presento la mayor media de 54.56 %, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de humedad (42.72 %) se presentó en el tratamiento T5:P5, con un coeficiente de variación de 1.36 % y un promedio de 45.79 % de humedad. Dichos resultados nos indican que es un valor adecuado que está dentro del rango óptimo 20-60% para las diversas especies de pastos. El tratamiento T1:P1 presento la mayor media de 1.73 gr/cm³, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que la menor densidad aparente (1.65 gr/cm³) se presentó en el tratamiento T3:P3, con un coeficiente de variación de 0.51 % y un promedio de 1.67 gr/cm³. Dichos resultados nos indican según la FAO (2018) que existe un índice alto de compactación del suelo, restringiendo el crecimiento de las plantas de diversas especies.

El tratamiento T1:P1 presento la mayor media de 5.43, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor pH (5.23) se presentó en los tratamientos T3:P3 y T4:P4, con un coeficiente de variación de 1.29 % y un promedio de 5.31. Los tratamientos T2:P2 y T5:P5 presentaron la mayor media con 2.17 %, respectivamente, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de materia orgánica (1.83 %) se presentó en el tratamiento T1:P1, con un

coeficiente de variación de 5.86 % y un promedio de 2.06 %. Los resultados antes mencionados nos indican según los parámetros del análisis de suelos realizado en el Laboratorio de Suelos certificado del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) que existe un bajo contenido de materia orgánica mineralizada y la condición del suelo es acida.

Según el reporte del análisis nutricional del suelo analizados los macronutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio y azufre se presentaron en contenidos bajos en el suelo, mientras el calcio y magnesio tuvieron un alto contenido en el suelo. Los micronutrientes como zinc y boro se presentaron en contenidos bajos en el suelo, mientras el cobre, hierro y manganeso tuvieron un alto contenido en el suelo, estos resultados se apegan a lo manifestado por la FAO (2018), quien expresa que la baja fertilidad del suelo está relacionada con la degradación de los suelos en zonas ganaderas y agrícolas.

CONCLUSIONES

En función de los resultados conseguidos se plantean las siguientes conclusiones:

El tratamiento T1:P1 presentó una textura Franco Arcilloso, el tratamiento T2:P2 textura Arcillo limoso, el tratamiento T3:P3 textura Arcillo limoso, el tratamiento T4:P4 textura Franco Arcilloso limoso y el tratamiento T5:P5 textura Franco Arcilloso limoso.

El tratamiento T4:P4 presento la mayor media de 54.56 %, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor porcentaje de humedad (42.72 %) se presentó en el tratamiento T5:P5.

El tratamiento T1:P1 presento la mayor media de 1.73 gr/cm³, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que la menor densidad aparente (1.65 gr/cm³) se presentó en el tratamiento T3:P3.

Existe un índice alto de compactación del suelo, restringiendo el crecimiento de las plantas de diversas especies.

El tratamiento T1:P1 presento la mayor media de pH con 5.43, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor pH (5.23) se presentó en los tratamientos T3:P3 y T4:P4.

Los tratamientos T2:P2 y T5:P5 presentaron la mayor media con 2.17 %, respectivamente, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras

que el menor porcentaje de materia orgánica (1.83 %) se presentó en el tratamiento T1:P1.

Existe un bajo contenido de materia orgánica mineralizada y la condición del suelo es acida.

Los macronutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio y azufre se presentaron en contenidos bajos en el suelo, mientras el calcio y magnesio tuvieron un alto contenido en el suelo.

Los micronutrientes como zinc y boro se presentaron en contenidos bajos en el suelo, mientras el cobre, hierro y manganeso tuvieron un alto contenido en el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrocalidad . (2020). Instructivo para los procesos de certificación y recertificación de predios libres de brucelosis y tuberculosis bovina. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/certificaciones-de-predios-libres-de%20tuberculosis%20%20bovina>
- Altamirano E. (2022). de La Calidad de Los Suelos En La Microcuenca Jun-Jun, P. F. Y. Q. P. L. A. D. (s/f). . <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30131/1/Tesis-238%20%20Ingenier%c3%a>.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. . (2017). The Nature and Properties of Soils. Este libro destaca cómo las propiedades físicas del suelo afectan su función en los sistemas agrícolas y ganaderos.
- FAO. (2020). Soil Biodiversity and Sustainable Agriculture. . <https://www.fao.org/soils-portal/en/> .
- García, Y., Ramírez, W., Sánchez, S . (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. . *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125–138.
- Gómez, J. (2013). Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos. Servicio Nacional De Aprendizaje.
- IGAC. (2012). Estudio de los conflictos de uso del territorio colombiano (Escala 1:1)Molina E. (2023). ANÁLISIS DE SUELOS. *Animo Grown* .
- Navarro, G., Navarro, S. . (2013). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. *Química Agrícola. 3.a edición. Ediciones Mundi-Prensa*.

- Ramiro L. (2021). Pastos y Forrajes del ecuador .
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf>.
- Trujillo, G. . (2018). Degradación del suelo en el Ecuador. Obtenido de Degradación del Ecuador . https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/26531.pdf.
- Pujia, Y., Dongliang, H., Shiwei, L., Xin, W., Yingxin, H., Hongtao, J . (2018). Soil quality assessment under different land uses in an alpine grassland. *Catena*, 171, 280–287.
- Ramiro L. (2021). Pastos y Forrajes del ecuador .
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf>.
- Romig, DE, Garlynd, MJ, Harris, RF, y McSweeney, K. (2023). Cómo los agricultores evalúan la salud y calidad del suelo. *Diario de conservación de suelos y aguas* , . 50 (3), 229-236. Trujillo, G. . (2018). Degradación del suelo en el Ecuador. Obtenido de Degradación del Ecuador . https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/26531.pdf.
- Valdivieso, I. A., García, L. E., Álvarez, D., & Nahed, J. . (2012). De maizales a potreros: cambio en la calidad del suelo. *Terra Latinoamericana*, 30(4).