

# Evaluación de fertilidad de suelo con orientación ganadera en el departamento Norte de Santander

## Evaluation of soil fertility with livestock orientation in the north of the department Santander

**Recibido:** 28 de julio de 2022

**Aprobado:** 2 de diciembre de 2022

Forma de citar: N. Rodríguez Colorado, D. A. Hernández Villamizar, C. A. Urón Castro, "Evaluación de la fertilidad de suelo con orientación ganadera en el departamento Norte de Santander", *Mundo Fesc*, vol. 12, no. S4, pp. 101-115, 2022. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1364>

**Nancy Rodriguez-Colorado\*** 

nrodriguez@ufpso.edu.co

Ph. D en Ciencias Agrarias

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña  
Ocaña, Colombia.

**Daniel Antonio Hernández-Villamizar** 

dahernandezv@ufpso.edu.co

Magister en Ciencias Agrarias

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña  
Ocaña, Colombia.

**Cesar Augusto Uron-Castro** 

cauronc@ufpso.edu.co

Magister en docencia Universitaria

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña  
Ocaña, Colombia.

**\*Autor para correspondencia:**

nrodriguez@ufpso.edu.co



# Evaluación de fertilidad de suelo con orientación ganadera en el departamento Norte de Santander

## Resumen

**Introducción.** El reconocimiento de las características edáficas tiene una connotación importante en la ganadería puesto que los sistemas de producción tropical se basan en el pastoreo convirtiendo la biodisponibilidad de nutrientes en el suelo en la primera necesidad para la obtención de productos tales como ganancia de peso o producción de leche. El objetivo de la presente investigación es la caracterización de los suelos usados en ganadería en el departamento Norte de Santander. **Metodología.** Se seleccionaron 210 predios dedicados a la ganadería con una antigüedad de más de 5 años, ubicados en 6 municipios localizados en zona cálida, templada y alta del departamento Norte de Santander. Se evaluaron las propiedades físicas y químicas de los suelos de las unidades experimentales a una profundidad de 0 -20cm, tales como densidad aparente (g/cc), textura al tacto, humedad volumétrica (%), pH, capacidad de intercambio catiónico, elementos mayores nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, bases intercambiables Ca, Mg, K. **Resultados y discusión.** Se evidencio una alta variabilidad dentro de los municipios, lo que implica unos análisis cuidadosos de las diferencias entre municipios. Se encontraron diferencias significativas en las características estudiadas entre los municipios ( $P \leq 0.05$ ). Pamplona fue el municipio con mayor contenido arcillas se evidenció como mejores cualidades físicas, tales como retención de hídrica, contenido equilibrado de nutrientes y bajos contenidos de aluminio. El Tarra fue el municipio con materia orgánica más baja y suelos más ácidos, representa deficiencias en macro y micro nutrientes. **Conclusiones.** Este estudio es pionero para la caracterización de suelos en la ganadería del departamento Norte de Santander, como estrategia de tecnificación y reconocimiento de falencia y potencialidades.

**Palabras clave:** Condiciones edáficas; Estructura del suelo; Propiedades físicas y químicas del suelo; Sistemas de pastoreo.

# **Evaluation of soil fertility with livestock orientation in the north of the department Santander**

## **Abstract**

Introduction. The recognition of edaphic characteristics has an important connotation in livestock farming since tropical production systems are based on grazing, making the bioavailability of nutrients in the soil the first necessity for obtaining products such as weight gain or production of milk. The objective of the present investigation is the characterization of the soils used in livestock in the Norte de Santander department. Methodology. 210 farms dedicated to livestock with an age of more than 5 years were selected, located in 6 municipalities located in the warm, temperate and high zone of the Norte de Santander department. The physical and chemical properties of the soils of the experimental units were evaluated, such as apparent density (g / cc), texture to the touch, volumetric humidity (%) pH, cationic exchange capacity (CIC), major elements nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), organic matter, interchangeable bases Ca, Mg, K and ratio of interchangeable bases. Results and Discussion. Conclusions. This study is a pioneer for the characterization of soils in livestock in the Norte de Santander department, as a strategy for technification and recognition of deficiencies and potential.

**Keywords:** Edaphic Conditions; Soil Structure; Physical And Chemical Properties Of The Soil; Grazing Systems.

## Introducción

El Departamento Norte de Santander posee grandes riquezas naturales que contrasta con un bajo desarrollo minero y ganadero consecuencia de la afluencia de grupos armados al margen de la ley que han favorecido la producción de cultivos ilícitos y deteriorado las condiciones sociales; el éxito del cambio social se basa en la generación de alternativas de producción sostenibles que le permitan al productor balancear su economía y explorar las potencialidades de la región [1], en este renglón es donde cobra importancia la implementación de la ganadería responsable con lineamientos técnicos y ecológicos, lo que implica un arduo trabajo de diagnóstico y tecnificación de la producción. El uso de suelo predominante en los sistemas de ganadería del país se basa tradicionalmente la implementación de monocultivos en grandes áreas, que sumado al efecto del pisoteo del ganado, genera cambios nocivos en la estructura y biodisponibilidad de nutrientes [2] El reconocimiento de las características físicas y químicas del suelo marcan la productividad potencial de los predios y delimitan actividades necesarias para la rehabilitación del mismo, mitigando la degradación, generando estrategias que protejan la cobertura vegetal con cultivos estratificados, estabilidad de agregados y adecuada inclusión de materia orgánica [3].

El Para la ganadería tropical es fundamental contar con cultivos de pasturas de alta calidad como fuente primaria de alimentación para los bovinos, este recurso se ha considerado a través del tiempo como renovable, sin embargo, esta connotación enmarca unas necesidades técnicas que benefician el mantenimiento de las características propias del suelo mediante la adopción de sistemas de pastoreo que soporten principios agroecológicos [4].

Aunado a los sistemas de pastoreo, el entendimiento de las condiciones edáficas por parte de productores y demás actores del sector pecuario crea conciencia sobre el valor nutritivo de fuentes alternativas de fertilización y su aporte al mantenimiento del equilibrio del suelo, dado que las prácticas tradicionales implican el uso extensivo de fertilizantes comerciales los cuales pueden generar bioacumulación y alta dependencia que han venido en aumento desde los acontecimientos económicos y demográficos posteriores a la Segunda Guerra Mundial cuando incremento la necesidad de la eficiencia de la producción agrícola que dio lugar a grandes concentraciones de operaciones ganaderas [5], es peritorio que antes que escale la producción pecuaria y agraria en el Catatumbo y demás áreas poco exploradas del departamento Norte de Santander, se generen espacios de socialización sobre la conservación de la riqueza natural y uso razonable del suelo.

Este estudio pionero tiene como objetivo el reconocimiento de las características físicas y químicas del suelo de ganaderías de pequeños y medianos productores en el departamento Norte de Santander, dicho reconocimiento de los componentes

más relevantes permitirá tener una orientación adecuada de la utilización del suelo y correctivos del mismo, así mismo determinará el tipo de cultivo más conveniente y adecuado manejo que garantice la sostenibilidad de las producciones en el tiempo y menor impacto ambiental.

## Materiales y Métodos

Se seleccionaron 210 predios ubicados en 6 municipios del departamento norte de Santander, 35 predios por municipio, dedicados a la ganadería con una antigüedad de más de 5 años y potencial ganadero productivo, Se identificaron zonas con mayor actividad pecuaria, sometidas a elevada presión de uso del suelo mediante diferentes sistemas de manejo, principalmente en sistemas de pastoreo rotacional.

Se seleccionaron predios ubicados en el municipio de Ocaña a 1202 msnm y temperatura promedio de 22 °C, 35 predios ubicados en El Tarra ubicado a 160 msnm 33 °C; predios ubicados en municipio de Chinácota a 1175 msnm y temperatura promedio de 22°C; asimismo se seleccionaron predios ubicados en municipio de Arboledas a 946 msnm con y temperatura promedio de 24°C, predios ubicados en El Zulia a 220 msnm y temperatura promedio de 28°C, y predios ubicados en Pamplona a 2586 msnm y temperatura promedio de 14°C.

Para la descripción de las características morfológicas se tuvo en cuenta la localización, vegetación, relieve, material originario, uso actual, condiciones meteorológicas, tecnologías de suelo estableciendo en cada predio se estableció un área de estudio de una hectárea con un punto principal para la toma de muestra (1 x 2 x 2m), ubicado en el centro del área. Se tomaron 10 submuestras a una profundidad de 0-20 cm que fueron homogenizadas de la cual se tomaron alícuotas para los análisis de variantes físicas y químicas del suelo. Las variables como textura se analizaron por el método gravimétrico (Método de Bouyoucos); materia orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico Total y Acidez Intercambiable (Aluminio) por volumetría (NTC 5403, 5268 y 5263). Las variables químicas como bases intercambiables y micronutrientes disponibles mediante absorción atómica (NTC 5349 y 5526 respectivamente) y la densidad aparente y humedad a capacidad de campo siguiendo el método del cilindro según Gutiérrez [6]. El pH se realizó mediante potenciometría (NTC 5264). Los valores referencia para análisis de niveles de deficiencia, suficiencia o exceso de los elementos en el suelo, se tomaron según las indicaciones de Osorio [7] para interpretación de análisis de suelos en Colombia.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el uso del paquete R proyect versión 3.6.3 para Windows [8]. Se determinaron los principales estadígrafos (media aritmética y error estándar de la media). Dado que esencialmente se trata del mismo tipo de suelo con características similares en el perfil de las cuatro condiciones de uso, se supuso una diferencia constante por profundidad de muestreo. La prueba de normalidad de las distribuciones de medias se realizó según Shapiro Wilks. Los datos mostraron

una distribución normal y se sometieron a un Análisis de Varianza. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Resultados y discusión

### Características Físicas del suelo

Para el desarrollo sostenible de la producción pecuaria es imprescindible el reconocimiento de las características composicionales del suelo que permitan tomar medidas responsables de producción. Las características físicas son el primer índice para determinar la orientación productiva o el impacto de un sistema de producción de acuerdo al suelo, los efectos del pisoteo del animal pueden ocasionar el compactación del suelo afectar los agregados del suelo, densidad aparente y resistencia a la penetración, lo que disminuye la disponibilidad de agua y nutrientes afectando la estratificación de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes causando efectos negativos en el enraizamiento y crecimiento de la planta [9]. Las características de textura de suelo en predios dedicados a la ganadería en los municipios estudiados, evidencian unan mayoría de suelos franco-limosos (28.4%) seguidos por franco-arenosos (26.9) (Tabla I), Los suelos arenosos son considerados suelos más sueltos, caracterizados por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto una escasa retención de nutrientes. los suelos limosos con un tamaño de partícula intermedio (0.002 – 0.05mm) tienen la capacidad que retener un poco más de agua y nutrientes, dentro de estas consideraciones se ha reconocido las estructuras francas como las más equilibradas en su contenido de arena, limo y arcilla lo que le confiere características ideales para la retención de agua, nutrientes y aireación del suelo [10], de acuerdo a esta consideración el municipio de Chinácota es el que cuenta con el mayor porcentaje de suelo (14.3%) con las condiciones ideales para la producción.

**Tabla I.** Características Físicas del suelo de 5 municipios del departamento Norte de Santander

| Textura                    | Arboledas | Chinacota | El Tarra | El Zulia | Ocaña | Pamplona | Total |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|----------|-------|----------|-------|
| Limosa (%)                 | 5,9       | 5,7       | 2,9      | 5,9      | 5,7   | 14,3     | 6,7   |
| Arcillosa (%)              |           |           |          |          |       | 2,9      | 0,5   |
| Arenosa (%)                | 5,9       |           |          |          |       |          | 1,0   |
| Arcillo-Limosa (%)         | 2,9       | 2,9       | 14,3     | 8,8      | 8,6   | 5,7      | 7,2   |
| Franca (%)                 | 5,9       | 14,3      |          | 5,9      | 8,6   | 2,9      | 6,3   |
| Franco-Limosa (%)          | 23,5      | 37,1      | 17,1     | 23,5     | 22,9  | 45,7     | 28,4  |
| Franco-Arcillosa (%)       |           | 5,7       | 5,7      | 20,6     | 5,7   | 2,9      | 6,7   |
| Franco-Arenosa (%)         | 47,1      | 20,0      | 22,9     | 26,5     | 34,3  | 11,4     | 26,9  |
| Franco-Arcillo-Limosa (%)  | 8,8       | 11,4      | 34,3     | 8,8      | 14,3  | 14,3     | 15,4  |
| Franco-Arcillo-Arenosa (%) |           | 2,9       | 2,9      |          |       |          | 1,0   |

La densidad aparente está relacionada directamente con el manejo, grado de mecanización y compactación del suelo e influye significativamente sobre otras propiedades del suelo [11]. Cuando la densidad aparente aumenta se incrementa la compactación y disminuye la retención de agua, asimismo a medida que aumenta la materia orgánica disminuye la densidad aparente y viceversa [12]. Los suelos de los municipios estudiados refieren unas condiciones adecuadas de densidad aparente, el municipio con mayor densidad aparente es Ocaña, reflejo a su vez del bajo contenido de materia orgánica de los suelos analizados (Tabla II).

La textura está directamente relacionada, como se mencionó anteriormente, con la capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que es evidente con los índices de saturación de humedad encontrando que el municipio del El Zulia los cuales tienen mayor desviación estándar denotado mayor variabilidad para esta característica. Pamplona tiene el mayor índice de saturación de humedad lo que es consecuente con que es el único municipio con suelos arcillosos.

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo, para la mayoría de los vegetales y cultivos agronómicos, un pH de 5.8 a 6.5 es óptimo [13]. En los municipios estudiados se encontró alta variabilidad en el pH del suelo, evidenciado que los municipios de Arboledas, Ocaña y Pamplona se encuentran en promedio dentro de los valores esperados, mientras que Chinácota y el Zulia tienen suelos alcalinos, mientras que El Tarra refiere suelos ácidos en promedio. La saturación de Bases está relacionada positivamente con el pH, encontrando como en el municipio del Tarra se tiene una menor saturación de bases siendo consecuente con las condiciones de pH (Tabla II).

**Tabla II.** Características físicas y reactividad del suelo de 6 municipios del departamento Norte de Santander

|                          | Arboledas     | Chinacota     | El Tarra      | El Zulia      | Ocaña          | Pamplona      |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| Densidad Aparente (g/cc) | 1,06 ± 0,17   | 1,06 ± 0,15   | 1,07 ± 0,18   | 1,12 ± 0,22   | 1,19 ± 0,18    | 0,95 ± 0,13   |
| Saturación Humedad (%)   | 51,26 ± 6,22  | 47,8 ± 5,43   | 50,23 ± 6,96  | 44,29 ± 11,92 | 45,14 ± 6,50   | 52,66 ± 6,82  |
| Saturación Bases (%)     | 68,69 ± 74,82 | 57,88 ± 46,11 | 10,27 ± 11,77 | 66,28 ± 33,37 | 143,60 ± 85,18 | 47,35 ± 43,07 |
| Materia Orgánica (%)     | 6,32 ± 4,68   | 4,4 ± 1,06    | 2,94 ± 0,74   | 6,06 ± 13,14  | 3,04 ± 0,48    | 4,64 ± 2,83   |
| Carbón Orgánico (%)      | 3,66 ± 2,71   | 2,56 ± 0,62   | 1,7 ± 0,43    | 3,5 ± 7,77    | 1,76 ± 0,29    | 2,69 ± 1,64   |
| PH                       | 5,48 ± 0,73   | 8,91 ± 14,26  | 4,80 ± 0,28   | 7,63 ± 10,35  | 6,43 ± 0,73    | 5,32 ± 0,47   |
| C.I.C (meq/100g)         | 14,57 ± 6,11  | 16,63 ± 5,23  | 18,43 ± 6,64  | 16,89 ± 7,92  | 15,27 ± 6,00   | 18,64 ± 6,66  |



La capacidad intercambio catiónico (C.I.C) indica la habilidad de los suelos para retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, en este sentido es deseable un C.I.C alta relacionada con una menor lixiviación de nutrientes. En consideración a lo anterior, los suelos arcillosos tienen un C.I.C alto mientras que los arenosos un C.I.C bajo, encontrando que el municipio de Pamplona tiene el promedio mayor de C.I.C de acuerdo a su proporción de suelos arcillosos y Arboledas tiene el promedio menor de C.I.C reflejo de su contenido de suelos arenosos.

La Materia Orgánica y el carbón orgánico están estrechamente relacionados, la materia orgánica incluye todos los componentes orgánicos del suelo abarcando la biomasa viva, respecto al carbono orgánico en el suelo constituye aproximadamente 50 a 60% de la materia orgánica [14], este mismo autor menciona que en pastizales es posible encontrar rangos de carbón orgánico de 4% a 5%, y climas templados este puede bajar a rangos 1% a 2 %, según los hallazgo reflejan los parámetros encontrados de carbono orgánico se ajustan a dicha descripción, los resultados reflejados de materia orgánica están para todos los municipios dentro de los índices deseables (>2%).

El análisis de varianza para las características densidad aparente, saturación de humedad y saturación de bases arroja diferencias significativas ( $p \leq 0,001$ ), resaltando diferencias altamente significativas entre los municipios de Pamplona - El Zulia y Pamplona - Ocaña en los índices de densidad aparente y saturación de humedad consecuencia de la composición texturas de suelo.

### ***Características químicas del suelo***

El contenido de macronutrientes y micronutrientes son relevantes para la nutrición de las plantas, el exceso o escases de estos pueden representar limitaciones en la fertilidad de los suelos. El fosforo, potasio y nitrógeno son requeridos en mayores cantidades en comparación con los micronutrientes, Según las indicaciones Osorio [7] para interpretación de análisis de suelos en Colombia, encontramos que los niveles de fósforo en municipios de Arboledas y El Tarra, principalmente el último, se encuentran con deficiencias mientras que Chinácota y El Zulia están con niveles muy altos. El potasio se reporta con niveles suficientes y altos en todos los municipios con excepción de Ocaña donde presenta muy altos (>0.5 meq/100cc).

El nitrógeno es un elemento limitante para el crecimiento óptimo de las praderas, la suficiencia de nitrógeno mineral (la sumatoria de nitratos y Amonio) en el suelo está determinado por la capacidad de mineralización de la materia orgánica la cual se encuentra en niveles óptimos en los municipios estudiados, aun así, es fundamental el reconocimiento de actividad microbiana en el suelo la cual se ve afectada por la temperatura y los contenidos de aluminio [15], este último se encuentra elevado en los municipios del El Tarra y El Zulia (>2 ppm), lo que afecta la biodisponibilidad de Nitrógeno en el suelo. El calcio se encuentra en niveles óptimos en los municipios de Arboledas



y Pamplona, en el restante de municipios estudiados se encuentran en niveles altos, lo que se debe considerar puesto que cantidades excesivas de calcio pueden restringir la disponibilidad de fósforo, boro y hierro para las plantas [16]. Todos los municipios, excepto el Zulia tienen niveles deficientes de azufre (<6 ppm). El Magnesio está en niveles óptimos en todos los municipios con excepción de Ocaña donde se encuentra muy altos (<2.5 ppm).

En la tabla III se pueden observar las características químicas de los suelos de los 6 municipios del departamento Norte de Santander.

**Tabla III.** Características químicas de los suelos 6 municipios del departamento Norte de Santander

| Elemento                 | Arboledas       | Chinacota       | El Tarra        | El Zulia        | Ocaña           | Pamplona        |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Potasio<br>(meq/100 cc)  | 0.34 ± 0.50     | 0.65 ± 0.67     | 0.23 ± 0.27     | 0.53 ± 0.69     | 1.16 ± 1.58     | 0.42 ± 0.31     |
| Fósforo<br>(ppm)         | 23.76 ± 53.02   | 47.11 ± 50.16   | 3.57 ± 8.88     | 62.21 ± 88.01   | 44.06 ± 48.22   | 37.28 ± 35.30   |
| Calcio<br>(meq/100 cc)   | 5.92 ± 5.51     | 7.47 ± 6.11     | 0.87 ± 0.66     | 7.68 ± 5.14     | 11.94 ± 6.86    | 5.61 ± 3.16     |
| Magnesio<br>(meq/100 cc) | 1.21 ± 0.90     | 1.35 ± 1.07     | 0.36 ± 0.28     | 2.44 ± 2.01     | 5.73 ± 3.27     | 1.23 ± 1.40     |
| Sodio<br>(meq/L)         | 0.1 ± 0.08      | 0.10 ± 0.11     | 0.15 ± 0.08     | 0.54 ± 0.82     | 0.49 ± 1.11     | 0.36 ± 0.59     |
| Aluminio<br>(meq/100 cc) | 0.89 ± 0.98     | 1.07 ± 1.2      | 2.39 ± 1.52     | 7.26 ± 13.86    | 1.36 ± 2.10     | 1.00 ± 1.13     |
| Cloruros<br>(meq/L)      | 0.53 ± 0.29     | 0.80 ± 0.20     | 0.38 ± 0.11     | 1.00 ± 1.27     | 1.03 ± 1.17     | 0.83 ± 0.66     |
| N-NH4<br>(ppm)           | 8.29 ± 5.90     | 13.22 ± 7.69    | 7.88 ± 4.86     | 11.38 ± 3.34    | 20.06 ± 17.65   | 11.49 ± 3.79    |
| N-NO3<br>(ppm)           | 20.00 ± 16.79   | 42.14 ± 61.49   | 6.85 ± 5.01     | 43.23 ± 103.21  | 14.00 ± 16.93   | 23.86 ± 56.43   |
| Azufre<br>(ppm)          | 2.21 ± 1.72     | 4.26 ± 7.70     | 2.82 ± 3.68     | 10.18 ± 16.94   | 4.40 ± 4.77     | 2.51 ± 2.40     |
| Hierro<br>(ppm)          | 194.11 ± 249.91 | 612.42 ± 400.71 | 284.51 ± 224.56 | 343.03 ± 301.87 | 303.37 ± 294.82 | 485.05 ± 346.17 |
| Manganeso<br>(ppm)       | 39.47 ± 49.91   | 40.71 ± 47.58   | 39.46 ± 69.93   | 118.64 ± 122.81 | 116.37 ± 98.68  | 37.74 ± 33.76   |
| Cobre<br>(ppm)           | 0.13 ± 0.06     | 0.15 ± 0.09     | 0.10 ± 0.02     | 0.12 ± 0.05     | 0.15 ± 0.07     | 0.10 ± 0.02     |
| Zinc<br>(ppm)            | 9.62 ± 8.95     | 9.46 ± 11.58    | 1.56 ± 1.35     | 16.67 ± 28.64   | 6.05 ± 2.59     | 9.05 ± 7.70     |
| Boro<br>(ppm)            | 0.11 ± 0.07     | 0.22 ± 0.18     | 0.10 ± 0.07     | 0.12 ± 0.10     | 0.22 ± 0.15     | 0.08 ± 0.05     |

Los micronutrientes en el suelo se requieren en pequeñas cantidades, su insuficiencia da lugar a una carencia, y su exceso a una toxicidad, lo que implica un adecuado reconocimiento de dichas situaciones para potencializar la producción de biomasa. En todos los municipios estudiados se encontró el hierro en niveles muy altos (>100ppm), al igual que el manganeso (>20ppm). Los niveles de Zinc están altos en todos los municipios (>5ppm), excepto en El Tarra donde está en niveles óptimos (1.5-5 ppm). Los Niveles de Cobre y Boro se encontraron bajos en todos los municipios estudiados con valores <1ppm y <0.5ppm respectivamente. Los niveles extraíbles de estos micronutrientes, con la excepción del zinc, no afectan las recomendaciones de fertilización [3].

La comparación de medias de características entre los municipios (Tabla IV) arroja diferencias significativas, denotando el contraste entre los municipios que tienen niveles óptimos de nutrientes y los que están en exceso. Para los macronutrientes se encuentra diferencias altamente significativas entre Ocaña y Arboledas, El tarra y Pamplona, coherente con los niveles altos en el municipio Ocaña. Así mismo, para el fósforo se denota diferencias significativas entre El Tarra y municipios Chinácota y el Zulia.

**Tabla IV.** Nivel de significancia en comparaciones de medias pareadas de 6 municipios del departamento Norte de Santander de las características físicas y químicas del suelo destinado a la ganadería.

| Municipios comparados | Características Físicas        |                              |                         | Características químicas |                       |                         |                  |                         |                     |                  |                    |                 |                 |                    |                |               |               |
|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|---------------------|------------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|
|                       | Densidad<br>Aparente<br>(g/cc) | Saturación<br>Humedad<br>(%) | Saturación<br>Bases (%) | Potasio<br>(meq/100cc)   | Calcio<br>(meq/100cc) | Magnesio<br>(meq/100cc) | Sodio<br>(meq/L) | Aluminio<br>(meq/100cc) | Cloruros<br>(meq/L) | Fósforo<br>(ppm) | N-<br>NH4<br>(ppm) | Azufre<br>(ppm) | Hierro<br>(ppm) | Manganeso<br>(ppm) | Cobre<br>(ppm) | Zinc<br>(ppm) | Boro<br>(ppm) |
| CHINACOTA - ARBOLEDAS |                                |                              |                         |                          |                       |                         |                  |                         |                     |                  |                    |                 | ***             |                    |                |               | ***           |
| EL TARRA - ARBOLEDAS  |                                |                              | ***                     |                          | **                    |                         |                  |                         |                     |                  |                    |                 |                 |                    |                |               |               |
| EL ZULIA - ARBOLEDAS  |                                | **                           |                         |                          |                       |                         | *                | **                      |                     | *                |                    | ***             |                 | ***                |                |               |               |
| OCAÑA - ARBOLEDAS     | *                              | *                            | ***                     | ***                      | ***                   | ***                     |                  |                         |                     |                  | ***                |                 |                 | ***                |                |               | ***           |
| PAMPLONA - ARBOLEDAS  |                                |                              |                         |                          |                       |                         |                  |                         |                     |                  |                    |                 | **              |                    |                |               |               |
| EL TARRA - CHINACOTA  |                                |                              | **                      |                          | ***                   |                         |                  |                         |                     | **               |                    |                 | ***             |                    | *              |               | ***           |
| EL ZULIA - CHINACOTA  |                                |                              |                         |                          |                       |                         | *                | *                       |                     |                  |                    | *               | **              | ***                |                |               | **            |
| OCAÑA - CHINACOTA     | *                              |                              | ***                     |                          | **                    | ***                     |                  |                         |                     |                  | *                  |                 | ***             | ***                |                |               |               |
| PAMPLONA - CHINACOTA  |                                |                              |                         |                          |                       |                         |                  |                         |                     |                  |                    |                 |                 |                    | *              |               | ***           |
| EL ZULIA - EL TARRA   |                                | *                            | ***                     |                          | ***                   | ***                     |                  | *                       | *                   | ***              |                    | **              |                 | ***                |                | ***           |               |
| OCAÑA - EL TARRA      | *                              |                              | ***                     | ***                      | ***                   | ***                     |                  |                         | **                  | *                | ***                |                 |                 | ***                | *              |               | ***           |
| PAMPLONA - EL TARRA   | *                              |                              |                         |                          | **                    |                         |                  |                         |                     |                  |                    |                 |                 |                    |                |               |               |
| OCAÑA - EL ZULIA      |                                |                              | ***                     | *                        | *                     | ***                     |                  |                         |                     |                  | ***                | *               |                 |                    |                | *             | **            |
| PAMPLONA - EL ZULIA   | ***                            | ***                          |                         |                          |                       |                         |                  | **                      |                     |                  |                    | **              |                 | ***                |                |               |               |
| PAMPLONA - OCAÑA      | ***                            | ***                          | ***                     | **                       | ***                   | ***                     |                  |                         |                     |                  | ***                |                 |                 | ***                | *              |               | ***           |

Dónde: '\*\*\*'  $P \leq 0.001$ , '\*\*'  $P \leq 0.01$  '\*'  $P \leq 0.05$

A pesar de que en los municipios en estudio se realiza la misma actividad ganadera, es posible observar como los suelos difieren en la composición nutricional, a pesar de esto, es común observar como los productores comparten practicas de emniendas o manejo, sin antes realizar un adecuado reconocimiento, obteniendo desbalances que afectan la sustentabilidad de la practica, por ello, es aconsejable caracterizar los suelos con aptitud agrícola o pecuaria apropiadamente, para proporcionar mantenimiento, que no afecte el contenido de macro y micronuteintes, la estabilidad del agregado, la capacidad

de retención de agua, densidad aparente, la infiltración, la fertilidad del suelo y las propiedades biológicas, estas ultimas marcadas por el contenido de microorganismos. Las poblaciones microbianas responden a la temperatura, el agua y nutrientes, y su contenido tendrá una influencia directa y decisiva en la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo de las plantas [17].

Por lo tanto, un paso importante para comprender la respuesta de nuestro ecosistema al cambio climático y al favorecimiento de biomasa debe ser aumentar el análisis del estado de la comunidad microbiana. La composición nutricional del suelo que apoya funciones biológicas esenciales sigue siendo poco investigado en términos de sus efectos sobre la estructura de los microbios del suelo. Como varios autores han marcado, aunque los requerimientos y concentraciones de micronutrientes son tan bajas, son indispensables para las plantas el equilibrio de la microbiota y desempeñan un papel vital en el crecimiento celular y la homeostasis [18], [19].

La dinámica de extracción de nutrientes en las prácticas ganaderas, debe darse bajo una mirada empresarial donde el recurso debe ser adecuadamente compensado para la obtención de la biomasa deseada y rentabilidad requerida en el negocio pecuario, con criterios de sostenibilidad y sustentabilidad. La tecnificación y los servicios de extensión son fundamentales para la toma de decisiones con criterio [20], y lograr mayor rentabilidad del sistema. Igualmente es importante el balance (Figura 1), el exceso de fertilización puede propiciar una acumulación de nutrientes que exceden las necesidades inmediatas de forrajes o cultivos lo que resulta en pérdidas de nutrientes, e ineficiencia económica en el uso de nutrientes por parte de los agricultores [21], [22]. El equilibrio entre la extracción y la fertilización genera la biodisponibilidad precisa para la maximización del recurso edáfico.

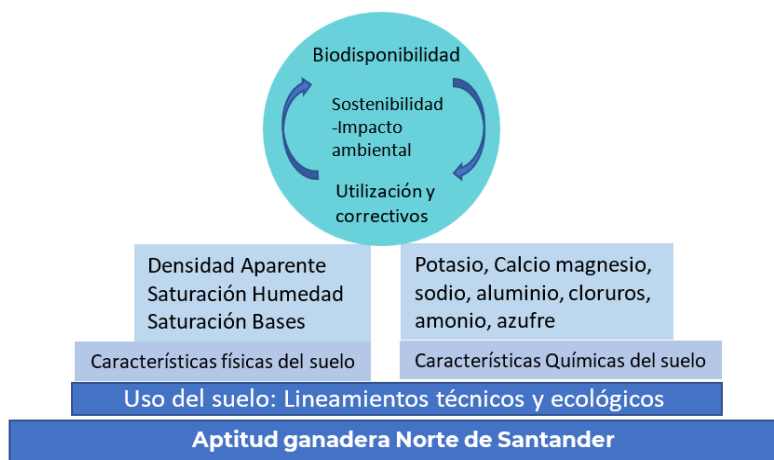


Figura 1. Sinergia características físicas y químicas del suelo

La biodisponibilidad adecuada favorece la salud del suelo como ecosistema viviente que alberga la fuente de sustento de miles de campesinos de nuestro país, estudiar la respiración del suelo en los sistemas agrícolas y pecuarios es fundamental para

predecir el ciclo del carbono y su efecto al cambio climático [23], [24]. Es así como el reconocimiento de las características edáficas trasciende el factor económico local e impacta las condiciones climáticas mundiales.

## Conclusiones

Este estudio es pionero para la caracterización de suelos en ganadería del departamento Norte de Santander, fundamental como estrategia de tecnificación y reconocimiento de falencias y potencialidades.

Se evidencio una alta variabilidades dentro de los municipios, lo que implica unos análisis cuidadosos de las diferencias entre municipios, sin embargo, se encontraron diferencias significativas y altamente significativas entre los municipios y las características de estudio, tales como densidad aparente, saturación de humedad y bases, macronutrientes y micronutrientes.

El departamento Norte de Santander demuestra un amplio abanico ambiental representado en sus particularidades edáficas características del proceso de mineralización, temperatura y humedad dada en los diferentes pisos térmicos, todos los tipos de suelos evidencian unos requerimientos y manejos particulares, demostrando la importancia de la textura del suelo y su capacidad de retención de nutrientes, así es como, municipios tales como Pamplona con mayor contenido arcillas contiene mejores cualidades físicas, tales como retención de hídrica, contenido equilibrado de nutrientes y bajos contenidos de aluminio y El Tarra, municipio con materia orgánica más baja y suelos más ácidos, representa deficiencias en macro y micro nutrientes, excepto para los niveles de Zinc que están el nivel óptimo.

El conocimiento de los tipos de suelo y su contenido nutricional nos dan indicios del nivel de biomasa que podemos esperar y de las enmiendas necesarias, las cuales beneficiaran los cultivos forrajeros primer centro de producción de los sistemas ganaderos en pastoreo. Se han establecido relaciones entre las características nutricionales (micronutrientes y macronutrientes), con las poblaciones microbianas indicadoras de salud del suelo y con dinámicas del ciclo de carbono y temperatura relacionados con el cambio climático.

### ***Contribución de la Autoría***

Primer autor: metodología, investigación, análisis de datos, conceptualización, escritura, borrador original. Segundo autor: investigación, conceptualización, análisis de datos. Tercer autor: investigación, conceptualización, análisis de datos.

## Agradecimientos

Al equipo técnico y científico del proyecto Identificación y análisis de los factores

genéticos, nutricionales y sanitarios que afectan los índices de gestación a partir de embriones in vitro en bovinos en el departamento de Norte de Santander” Convenio 00120, a la gobernación Norte de Santander y UFPSO. A todos los productores que abrieron las puertas a la investigación en sus sistemas productivos y permitieron la toma de oportuna de muestras e información para el desarrollo de la presente investigación.

## Referencias

- [1] Ministerio de justicia, *Caracterización Regional de la problemática asociada a las drogas ilícitas en el departamento de Norte de Santander*. 2016
- [2] J. L. Mora Marín, M. A., Ríos Pescador, L., Ríos Ramos, L., & Almario Charry, “Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia”, *Ing. y Región*, vol. 7, no. 1, 2017, doi: 10.25054/22161325.1212
- [3] I. D. Novillo Espinoza, M. D. Carrillo Zenteno, J. E. Cargua Chavez, V. Nabel Moreiral, K. E. Albán Solarte, and F. L. Morales Intriago, “Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador,” *Temas Agrar.*, vol. 23, no. 2, p. 177, 2018, doi: 10.21897/rta.v23i2.1301
- [4] S. Leyva, A. Baldoquin, and M. Reyes, “Properties of soils in different agricultural uses, Las Tunas , Cuba”, *Rev. Ciencias Agrícolas*, vol. 34, no. 1, pp. 36–47, 2018, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n1/0120-0135-rcia-35-01-00036.pdf>
- [5] N. Rayne and L. Aula, “Livestock manure and the impacts on soil health: A review”, *Soil Syst.*, vol. 4, no. 4, pp. 1–26, 2020, doi: 10.3390/soilsystems4040064
- [6] A. M. R. Gutiérrez, “La densidad aparente en suelos forestales del parque natural Los Alcornocales”, Universidad de Sevilla, 2010
- [7] N. W. Osorio, “Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo”, *Boletín del Manejo Integr. del Suelo y la Nutr. Veg.*, vol. 1, no. 6, pp. 1–3, 2012
- [8] R Core Team, “R: A language and environment for statistical computing,” *R Foundation for Statistical Computing*. Viena, Austria, 2020, [Online]. Available: <https://www.r-project.org/>
- [9] P. C. de F. Carvalho et al., “Corrigendum: Animal production and soil characteristics from integrated crop-livestock systems: Toward sustainable intensification”, *J. Anim. Sci.*, vol. 96, no. 11, p. 4923, 2018, doi: 10.1093/jas/sky357
- [10] H. Bidyashwari and R. S. Kushwaha, “Physical Properties of Soil and Its Implication to Slope Stability of Nungbi Khunou, NH-150 , Manipur”, *Int. J. Geosci.*, vol. 8, pp. 1332–

1343, 2017, doi: 10.4236/ijg.2017.811077

- [11] W. L. Báez, R. R. Santos, J. L. Martínez, and R. C. G. A. Tasistro, "Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca , Chiapas", *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, vol. 9, no. 1, pp. 65–79, 2018
- [12] A. S. Jiménez and S. S. Khalajabadi, "La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana", *Cenicafé*, vol. 56, no. 4, pp. 381–397, 2005
- [13] L. Espinoza, N. Slaton, and M. Mozaffari, "Agricultura y Recursos Naturales Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos", *University of Arkansas System, Arkansas*, pp. 1–4, 2012
- [14] P. Laban, G. Metternicht, and J. Davies, *Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos : cómo mantener vivas las tierras áridas*, UICN, Unió. Gland, Suiza, 2018
- [15] X. Tian, L. Wang, Y. Hou, H. Wang, Y. F. Tsang, and J. Wu, "Responses of Soil Microbial Community Structure and Activity to Incorporation of Straws and Straw Biochars and Their Effects on Soil Respiration and Soil Organic Carbon Turnover", *Pedosphere*, vol. 29, no. 4, pp. 492–503, 2019, doi: 10.1016/S1002-0160(19)60813-1
- [16] FAO, "Propiedades del suelo," *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura*, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/es/%0A2020>
- [17] Jiang, C., & Zeng, H, "Comparison of soil microbial community structure and function for karst tiankeng with different degrees of degradation", *Ecology and Evolution*, vol 12, e9615, 2022, doi: 10.1002/ece3.9615
- [18] Yang, Yang, Yanxing Dou, Baorong Wang, Zhijing Xue, Yunqiang Wang, Shaoshan An, and Scott X. Chang. "Deciphering factors driving soil microbial life-history strategies in restored grasslands." *iMeta* 2, e66. 2022, doi:10.1002/imt2.66
- [19] Z. Peng et al., "The neglected role of micronutrients in predicting soil microbial structure", *Biofilms and microbiomes*, vol. 8, no. 103, pp. 1–10, 2022, doi: 10.1038/s41522-22-00363-3
- [20] R. Das Karna and S. Bauer, "Analyzing soil nutrient balances on small-scale farms in the mid-hills of Nepal : Do socio-economic factors matter for sustainable land use?", *Degrad. Dev.*, vol. 31, no. March, pp. 3014–3023, 2020, doi: 10.1002/ldr.3632
- [21] Baer, S.G., Kitchen, D.J., Blair, J.M. and Rice, C.W, "Changes in ecosystem structure and function along a chronosequence of restored grasslands", *Ecological Applications*, 12: 1688-1701, 2002, doi:10.1890/1051-0761(2002)012[1688:CIESAF]2.0.CO;2

- [22] M. Delgado-baquerizo, "The influence of soil age on ecosystem structure and function across biomes", *Nat. Commun.*, vol. 11, no. 4721, 2020, doi: 10.1038/s41467-020-18451-3
- [23] H.B. Xiao, Z.H. Shi, Z.W. Li, J. Chen, B. Huang, Z.J. Yue, Y.M. Zhan, "The regulatory effects of biotic and abiotic factors on soil respiration under different land-use types" *Ecological Indicators*, Vol. 127, 2021, ISSN 1470-160X, doi: 10.1016/j.ecolind.2021.107787.
- [24] A. Siemons *et al.*, "Role of soils in climate change mitigation," 2022