

# Servicios ecosistémicos del suelo en la producción de leche en Chitagá, Norte de Santander, Colombia

## Soil ecosystem services associated with dairy production in Chitagá, North of Santander, Colombia

Ana Delfina Tovar-Quiroz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (Colombia).  
Correo electrónico: [adtovar@sena.edu.co](mailto:adtovar@sena.edu.co)  
orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0701-7561>

Recibido: 10-12-2022 Aceptado: 30-03-2023

**Cómo citar:** Tovar-Quiroz, Ana (2023). Servicios ecosistémicos del suelo en la producción de leche en Chitagá, Norte de Santander, Colombia *Informador Técnico*, 87(1), 53-64.  
<https://doi.org/10.23850/22565035.5319>

## Resumen

Los suelos son parte importante en la producción de los sistemas agropecuarios. Sus características físicas, químicas y biológicas prestan servicios ecosistémicos para el funcionamiento del ciclo del agua y los nutrientes que no son reconocidos como beneficios en sistemas productivos como el lácteo. Esta investigación permitió el reconocimiento de los servicios ecosistémicos del suelo entre los productores de leche del municipio de Chitagá, Norte de Santander, los cuales son proveedores de la materia prima para los productores de queso tipo Chitagá, que tiene proyección a la denominación de origen. A 58 productores de leche se les aplicó una encuesta relacionada con la valoración de servicios ecosistémicos y se realizó un análisis de fertilidad a 10 muestras de suelo con vocación lechera. Los productores de leche están ubicados en sectores de alta montaña, con clima frío y un área destinada a pasto kikuyo en asocio con leguminosas. La materia orgánica para la mayoría de los suelos es baja, con capacidad de intercambio catiónico baja, sin limitaciones para potasio, pero sí para magnesio; el fósforo es alto para la mayoría de los suelos, pero está poco disponible por el pH ácido. La fertilidad del suelo, el suministro de agua dulce, la regulación de la temperatura y la precipitación fueron reconocidos por los productores como las contribuciones directas más importantes en la producción de leche. La evaluación de los servicios de ecosistemas y el uso de las metodologías permite la toma de decisiones asociadas a la gestión sostenible de recursos naturales aplicada a cadenas productivas.

**Palabras clave:** ecosistemas; fertilidad de suelos; percepción de valor; servicios ecosistémicos.

## Abstract

Soils are an important part of the production of agricultural systems. Their physical, chemical, and biological characteristics provide ecosystem services for the functioning of the water cycle and nutrients that are not recognized as benefit production systems, such as dairy. This research allowed the recognition of ecosystem services of the soil among the milk producers of the municipality of Chitagá, Norte de Santander, which are suppliers of the raw material for the producers of Chitagá type cheese that has a projection to the denomination of origin. A survey related to the valuation of ecosystem services was applied to 58 milk producers and fertility

analysis was carried out on 10 soil samples with a dairy vocation. Milk producers are in high mountain areas, with cold weather, and an area dedicated to Kikuyu grass in association with legumes. Organic matter for most soils is low, and so is cation exchange capacity, without limitations for potassium, but for magnesium. Phosphorus for most soils is high and little available due to the acid pH. Soil fertility, fresh water supply, temperature regulation, and precipitation were recognized by farmers as the most important direct contributions in milk production. The evaluation of ecosystem services and the use of methodologies allow decision-making associated with the sustainable management of natural resources applied to productive chains.

**Keywords:** ecosystems; ecosystem services; perception of value; soil fertility.

## 1. Introducción

Actualmente, el enfoque de los servicios ecosistémicos se usa ampliamente para incorporar sostenibilidad ecológica a nivel de planificación urbana (Hyun *et al.*, 2022), el efecto del cambio climático sobre los servicios ecosistémicos (Bakure *et al.*, 2022; Von Greyerz *et al.*, 2023) y la calidad del suelo (Drobnik *et al.*, 2020; Hyun *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2023a), entre otros.

Los servicios ecosistémicos del suelo son los suministros relacionados directamente por las propiedades, procesos y funciones de este; sus propiedades son las características físicas, químicas y biológicas que pueden ser medidas por observaciones de campo o laboratorio (Bartkowski *et al.*, 2020; Steinhoff-Knopp *et al.*, 2021). Los suelos agrícolas realizan múltiples funciones importantes, como la producción de biomasa, almacenamiento y filtración de agua, almacenamiento y reciclaje de nutrientes, suministro de hábitat y almacenamiento de carbono (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]; Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales [UDCA], 2015; Burbano, 2016; Keesstra *et al.*, 2016; Haines-Young; Potschin, 2018; Bartkowski *et al.*, 2020).

Arango *et al.* (2020) evaluaron la percepción de los servicios ecosistémicos desde los productores de café, y concluyeron que ellos reconocen los beneficios de la naturaleza en el aumento de la productividad. Seid *et al.* (2016) determinaron que las áreas destinadas a pastoreo de ganado tienden a conservar más carbono, y ofrecen herramientas para la restauración de biomasa y la conservación de la biodiversidad. Los sistemas de producción de leche con destino a la producción de queso carecen de información sobre los beneficios de los servicios ecosistémicos a nivel de grupos específicos de fincas. De otro lado, las especificaciones de producción de los quesos protegidos bajo la marca de denominación de origen a menudo se centran en el proceso de elaboración del queso y carecen de información sobre el sistema de producción lechera que se encuentra en la parte superior de la cadena (Lora *et al.*, 2020), así como la valoración de los beneficios de los servicios ecosistémicos en grupos específicos de fincas que brindan servicios ecosistémicos esenciales para la fábrica de queso.

En Colombia, la ganadería, la cadena láctea y la actividad ganadera en general tienen grandes retos frente a la gestión inadecuada de recursos fundamentales como el agua y el suelo. El pisoteo del ganado genera disminución de infiltración, retención de agua, dificultad de penetración de raíces, susceptibilidad a la erosión por pérdida de estructura, excesiva acumulación de nutrientes por las cargas de estiércol generadas (Salamanca; Amézquita, 2015; González *et al.*, 2022); y también la pérdida de la cobertura vegetal, el uso intensivo y las quemadas son factores que están relacionados con la pérdida de las funciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016), que perjudica de forma directa el bienestar de los productores de leche (Li *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2022).

Por lo anterior, es importante la realización de estudios que permitan conocer y valorar los servicios ecosistémicos (SE) en la cadena láctea, especialmente de leche y queso. Los servicios ecosistémicos se clasifican en tres categorías: 1) abastecimiento: son los productos obtenidos directamente del ecosistema, como alimento, agua dulce, medicinas naturales, materias primas de origen biótico y geótico; 2) regulación: son los beneficios

resultantes del funcionamiento de los ecosistemas, como regulación climática, purificación del aire, regulación hídrica, control de la erosión, fertilidad del suelo, control biológico y polinización; y 3) culturales: son servicios no materiales que la gente obtiene a través de experiencias estéticas como el conocimiento ecológico local, identidad cultural, disfrute espiritual, actividades recreativas y turismo de naturaleza (Martín-López *et al.*, 2012; Haines-Young; Potschin, 2018). Por lo anterior, es importante realizar estudios que permitan explorar las interacciones complejas entre el sistema natural y las prácticas humanas, que ligen ambos componentes, como el uso de los servicios de los ecosistemas por parte de los beneficiarios de estos (Martín-López *et al.*, 2012).

Este estudio presenta los resultados obtenidos a partir de la caracterización de algunos componentes sociales de los productores de leche del municipio de Chitagá, Norte de Santander, Colombia, y propiedades físicas como la fertilidad del suelo de algunas fincas con vocación lechera del mismo municipio, con el fin de relacionar las condiciones naturales propias de la zona con la calidad y reputación del queso con proyección a la denominación de origen. En esta investigación se consideró como base, la valoración de los servicios ecosistémicos relacionados con el recurso suelo por parte de los productores de leche, que proveen de materia prima a las tres queserías de Chitagá.

## 2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en jurisdicción del municipio de Chitagá, a una altura de 2.350 m, ubicado al suroriente del departamento de Norte de Santander, Colombia. En el mes de febrero del año 2022, se diseñó una encuesta para recolectar información de las prácticas culturales tenidas en cuenta por algunos productores de leche en sus fincas, así como también de la identificación y valoración de los servicios ecosistémicos. La encuesta se elaboró teniendo en cuenta a Martín-López *et al.* (2012). Con la colaboración productores de queso interesados en registrar el producto queso Chitagá como marca protegida bajo la denominación de origen ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), se construyeron las rutas de recolección de leche para cada empresa quesera y se aplicaron las encuestas a los productores de leche ubicados en las veredas Presidente, Potreritos, Casa Vieja, Quicuyes, Burgua, Piedras, El Carbón, Hato Grande, Bartaqui, La Laguna y Centro (Figura 1). Las encuestas se aplicaron a 58 productores de leche, que fueron seleccionados por muestreo conveniente no probabilístico no aleatorio, pues se requería que fueran proveedores de los productores de queso de las fábricas ubicadas en el municipio: Lácteos el Roble, Lácteos Chitagá y Lácteos Chitalac. La encuesta tuvo en cuenta tres categorías de información: 1) valoración de los servicios ecosistémicos, 2) prácticas agropecuarias y 3) prácticas ambientales en la finca. A continuación, se describen.

1. Los servicios ecosistémicos se valoraron teniendo en cuenta el grado de importancia según la metodología propuesta por Martín-López *et al.* (2012); la categoría de servicios ecosistémicos y la función valorada fueron:

- *Abastecimiento*: almacenamiento de agua, producción de pastos y forrajes, producción de madera y leña, forma del terreno.
- *Regulación*: control de plagas y enfermedades, control de la erosión, fertilidad del suelo, regulación de la temperatura y precipitación
- *Culturales*: identidad cultural.

2. La encuesta también permitió la recolección de información relacionada con la aplicación de prácticas agrícolas, como tipo de cultivos sembrados, sistema de riego usado, control de plagas y enfermedades, prácticas de fertilización y prácticas de conservación de suelos. Dentro de las prácticas pecuarias, manejo de potreros, clase de actividad ganadera, especie de ganado en la finca y prácticas culturales en el ordeño.

3. Prácticas ambientales: protección del agua, manejo de desechos orgánicos e inorgánicos y cambios en el paisaje.

Se seleccionaron 10 fincas con suelos dedicados a producción de pastos, teniendo como criterio principal de selección, las fincas con mayores cantidades de producción leche para su entrega a las fábricas de queso Chitagá. A estas muestras de suelo, se les realizó un análisis de fertilidad (Tabla 1).

**Tabla 1.** Ubicación de las fincas tenidas en cuenta para la recolección de muestras de suelo para análisis de fertilidad en laboratorio

Muestra	Vereda	Altura (m)	Coordenadas	
1	Piedras	2.728	7.06463	-72.664
2	Casa Vieja	2.961	7.05327	-72.6747
3	Casa Vieja	3.141	7.03129	-72.6811
4	Burgua	2.615	7.0988	-72.6785
5	Burgua	2.434	7.11353	-72.6681
6	Bartaqui	2.822	7.1242	-72.6938
7	Piedras	2.630	7.09814	-72.6720
8	Piedras	2.613	7.0987	-72.6716
9	El Carbón	2.459	7.1169	-72.6633
10	El Carbón	2.460	7.1270	-72.789

Fuente: elaboración propia.

Para la toma de muestras de suelo en cada finca, se escogieron al azar tres puntos de muestreo (calicatas), para obtener una muestra compuesta (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Agrosavia], 2021). Las muestras recolectadas y etiquetadas se enviaron al laboratorio de suelos de Agrosavia para su análisis. Se determinó conductividad eléctrica, pH, materia orgánica, fósforo, azufre, boro, calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso, zinc y aluminio intercambiable. El tipo de investigación fue descriptivo, y se aplicaron variables cualitativas según nivel de importancia, y cuantitativas para los análisis de suelos. Los datos recolectados fueron tabulados analizados con estadística descriptiva.

### 3. Resultados y discusión

El municipio presenta dos periodos de lluvias: diciembre-enero y abril-julio, con precipitaciones entre 500 y 1.000 mm para sectores de alta montaña. Esta baja precipitación se relaciona con los vientos divergentes y secos, propios de alturas cercanas a 3.500 m (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2017). También presenta pisos térmicos muy fríos (2.800 a 3.600 m), con temperaturas entre 6 y 12 °C, y fríos (2.000-2.800 m), con temperaturas de 12 a 18 °C, y humedad relativa promedio entre 75 y 80 % (IGAC, 2017). La actividad lechera en esta región hace presencia en zonas de interés ambiental, como el complejo de páramos de Almorzadero, factor que define que las fincas productoras cuenten con áreas en bosque altoandino y otras coberturas vegetales, que ofrecen especialmente servicios ecosistémicos de regulación (González *et al.*, 2022).

#### 3.1. Percepción de la importancia de los servicios ecosistémicos

Los productores de leche identificaron como muy importantes los servicios ecosistémicos de almacenamiento de agua, fertilidad del suelo, producción de pastos y forrajes, y la regulación de temperatura, con más del 94 % (Figura 2). El control de plagas y enfermedades lo consideran muy importante en un 67,2 %. Por su parte, el control de la erosión, la producción de madera y leña, y la forma del terreno, la mayoría de los productores de leche lo consideran poco importante. Estos resultados muestran que los servicios de regulación tuvieron mayor importancia, seguidos por los de abastecimiento, lo cual coincide con las investigaciones de

Arango *et al.* (2020). Dentro de los servicios de abastecimiento, el almacenamiento de agua se considera muy importante, debido a que el municipio de Chitagá está localizado en un complejo hídrico con importantes ríos, como el Chitagá y Valegrá, los cuales reciben aguas de 39 microcuencas. Sin embargo, también manifiestan dificultades con el acceso al agua, especialmente por sequías prolongadas que pueden alterar la producción agrícola y pecuaria, lo que condiciona el rendimiento y la calidad de los cultivos, aunados al aumento de la temperatura (Weiskopf *et al.*, 2020). De los productores que realizan prácticas ambientales, el 77,4 % lleva a cabo siembra de árboles, y el 58,1 % conservación de la vegetación nativa, sin embargo, reconocen pérdida de cobertura vegetal del bosque nativo (31,0 %), pérdida de biodiversidad (25,9 %) y afectación de nacimientos de agua (13,8 %).

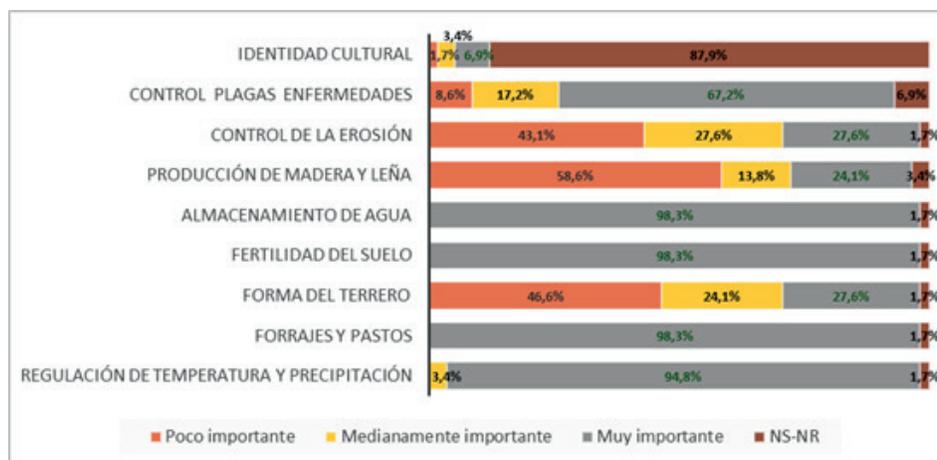


Figura 2. Valoración de la importancia de los servicios ecosistémicos entre los productores de leche municipio de Chitagá

Nota. (n = 58). NS-NR: no sabe-no responde.

Fuente: elaboración propia.

Los productores de leche desconocían la importancia o se abstuvieron de dar una respuesta frente al servicio ecosistémico de identidad cultural, pues es un beneficio no material que las personas obtienen los ecosistemas, sin embargo, sí reconocen que su producción depende de los recursos que les provee el páramo de Almorzadero. A pesar de su importancia para el bienestar humano, los servicios culturales han sido poco estudiados en comparación con otros servicios ecosistémicos.

El 87 % de las fincas de los productores se encontraban en zonas de montaña y el 12 % en terrenos planos, por su ubicación geográfica en el complejo del páramo de Almorzadero cuyas alturas están entre 2.400 m y superiores a los 4.500 m. Esta diferencia es espacialmente importante debido a que la altitud, la pendiente y la calidad del suelo son características ambientales que pueden aumentar la provisión de los servicios ecosistémicos (Huber *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2022), debido a la biodiversidad de frailejones, romeros y mortiños que permiten relaciones de sinergia entre la biodiversidad nativa y los beneficios a los productores agropecuarios de la región.

### 3.2. Prácticas agropecuarias

El 98,3 % de los productores de leche tenían en su finca, área sembrada en pastos (Figura 3), especialmente kikuyo (*Cenchrus clandestinum*), en asocio con raigrás, trébol blanco y morado, para la alimentación del ganado. En Colombia, se identificaron 2.538.290 hectáreas de pasto kikuyo, destacado por su alta adaptabilidad a clima frío, resistente a la sequía, pero susceptible a heladas (Siachoque *et al.*, 2020), lo que es característico en el municipio de Chitagá. El manejo de potreros es rotacional, la raza de ganado Normando es predominante (74 %), seguida de cruces (31 %), con sistemas de producción doble propósito, los cuales ofrecen al

mercado leche y terneros destetados. Este sistema presenta costos de producción más bajos, no requiere tanta infraestructura ni insumos, y hay menor uso de mano de obra (Siachoque *et al.*, 2020). Se ha documentado que los sistemas ganaderos bovinos degradan el suelo y causan la pérdida de servicios ecosistémicos debido al cambio de uso y cobertura del suelo, asociados con el cambio climático y las actividades humanas, que ejercen un efecto significativo en las funciones de los ecosistemas en las regiones (Li *et al.*, 2023b). Sin embargo, las prácticas agropecuarias y ambientales aplicadas por los productores de leche del municipio de Chitagá, como el asocio de kikuyo con leguminosas, la recolección de estiércol para la producción de abonos orgánicos, la no utilización de maquinaria pesada para la renovación de praderas, y el no uso de plaguicidas, son estrategias que han permitido la conservación de la biodiversidad de los pastizales, la producción de biomasa y la fijación de carbono (Seid *et al.*, 2016).

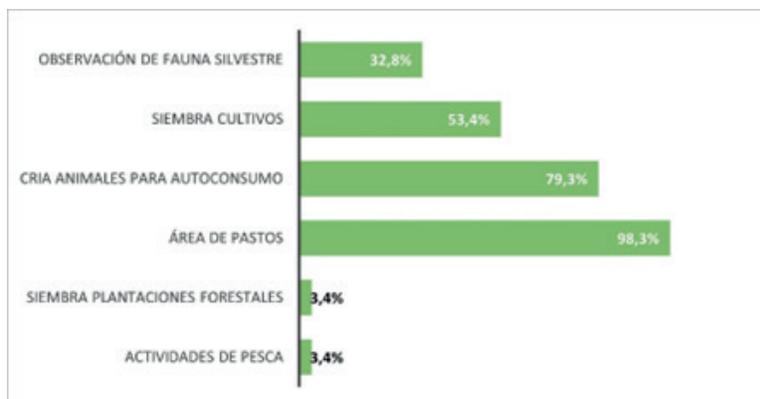


Figura 3. Uso actual del suelo en las fincas productoras de leche encuestadas  
 Nota. (n = 58).

Fuente: elaboración propia.

En las fincas productoras de leche, el área destinada a pastos y cría de animales para autoconsumo son los principales usos dados al suelo. El 53,4 % de las unidades productivas tiene áreas destinadas a cultivos (Figura 3) permanentes y transitorios, especialmente de papa y hortalizas, en los cuales se usan prácticas de fertilización amigables con el medio ambiente, como el uso de abonos orgánicos y poco uso de abono químico, especialmente en pastos. Además, la rotación de cultivos, la siembra manual y labranza mínima son las prácticas más aplicadas en este tipo de sistemas agropecuarios. Así mismo, se resalta la importancia de áreas destinadas a relictos de bosque nativo, el cual alberga fauna y flora nativa de bosque altoandino. Los ecosistemas brindan importantes servicios de regulación, como el secuestro de carbono, la moderación de impactos de eventos extremos, el mantenimiento de la calidad del suelo y el aire, y el control de propagación de enfermedades (Weiskopf *et al.*, 2020).

Respecto a los controles de plagas y enfermedades que se utilizan en los cultivos, incluido el pasto, los productores, en su mayoría, manifestaron utilizar el tipo químico en los permanentes y el manual en los pastos (Figura 4).

Actualmente, aunque se desconocen en gran medida las sinergias entre los servicios de los ecosistemas y la intensificación en el uso de la tierra y las prácticas individuales de control de plagas, se han encontrado estudios que relacionan aumentos en la producción de cultivos, cuando se disminuye el control químico individual de plagas y se aumenta de la frecuencia de visitas de otros organismos importantes para los procesos de polinización, como abejas y aves (Martínez-Salinas *et al.*, 2022).

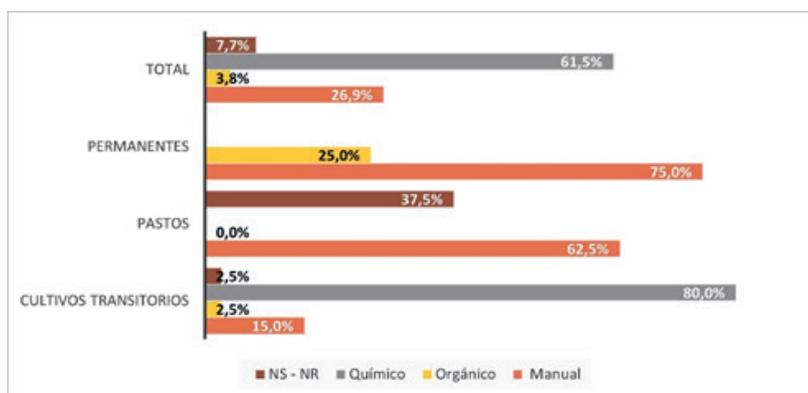


Figura 4. Prácticas culturales relacionadas con el control de plagas y enfermedades por parte de los productores de leche del municipio de Chitagá

Nota. (n = 58). NS-NR: no sabe-no responde.

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Servicio ecosistémico: fertilidad del suelo

Los resultados del análisis de fertilidad reportaron que en el 80 % de los suelos predomina el contenido de materia orgánica (MO) medio y bajo (2-9 g/100g), y el 20 % de MO alta (18,22-18,48 g/100 g) (Figura 5). Los bajos niveles de materia orgánica y de carbono orgánico indican pérdida de servicios ecosistémicos, posiblemente asociada a la disminución de la capa superficial orgánica, cambios en el microbiota del suelo, compactación del suelo, pérdida de canales de infiltración hídrica, tipo de suelo y clima, entre otros. En contraste, Rojas *et al.* (2018) encontraron mayor cantidad de materia orgánica en pasturas y bosques respecto a otros sistemas de manejo, debido a la incorporación de materia orgánica a partir de tallos, hojas y flores, con lo cual se puede agregar de 1.120 a 2.240 kg/ha (Carneiro *et al.*, 2008). Los pastizales permiten la fijación de carbono en el suelo en forma de carbono orgánico (Seid *et al.*, 2016), y depende, en gran medida, del reciclaje de nutrientes, que permite mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la absorción de nutrientes (Sena *et al.*, 2020), especialmente nitrógeno, que mejora las propiedades físicas del suelo, lo que permite la provisión de alimentos y pastos (Palmer *et al.*, 2017). Los nutrientes de estos materiales orgánicos se mineralizan en la matriz geoquímica del suelo con ayuda del microbioma, que comprende bacterias, arqueas y eucariotas, que permiten el suministro de elementos esenciales, primarios y secundarios, para la nutrición de las plantas, su almacenamiento a largo plazo (Burbano, 2016), y la promoción del ciclo “cerrado” de los nutrientes, de modo que el nitrógeno (NO<sub>3</sub> y N<sub>2</sub>O) permanezca el suelo de la finca (Attwood *et al.*, 2019).

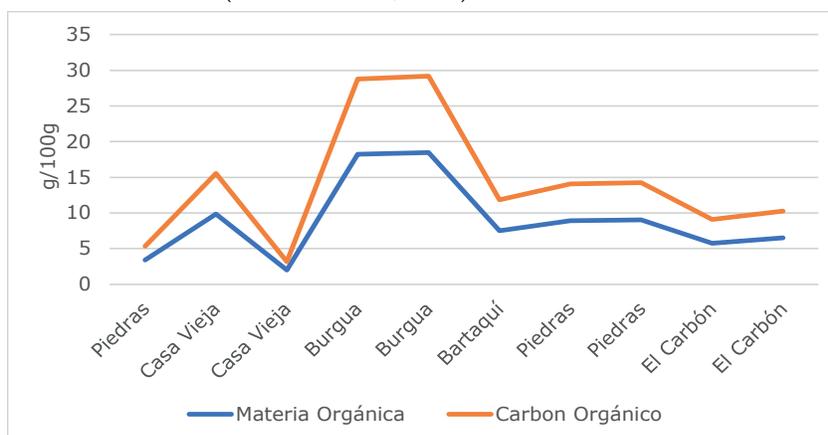


Figura 5. Cantidad de materia y carbón orgánicos presente en los suelos con pasto kikuyo y asocio de leguminosas con destino a la alimentación del ganado de leche

Nota. (n = 10).

Fuente: elaboración propia.

El 70 % de los suelos muestreados son de reacción moderadamente ácida (5,55-5,94), sin problemas de acidez y el 20 % con reacción fuertemente ácida (5,39-5,45). Estos últimos presentan saturación de aluminio restrictivo (70 %) y materia orgánica baja (2 g/100 g), lo que es característico de los suelos de montaña en climas fríos, que tienden a conservar su carácter ácido, con baja disponibilidad otros elementos como el fósforo, que para este caso es bajo en todos los suelos analizados, y puede restringir el desarrollo normal de pastos, principalmente debido a la presencia de aluminio (Peñaranda *et al.*, 1967). Sin embargo, la materia orgánica en el suelo ayuda a retrasar las reacciones de fijación de fósforo, así como la disminución de operaciones de labranza y la aplicación de residuos en superficie (Lozano *et al.*, 2012).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja (2,87-10,1 cmol+/kg) (Figura 6), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Lozano *et al.* (2012), quienes afirman que la CIC depende del tipo de suelo, la cantidad y tipo de arcilla, suelos muy meteorizados y con contenido de materia orgánica baja. En el 70 % de las muestras de suelo, el potasio disponible en la solución del suelo es alto y el 30 % es medio, con magnesio y calcio bajos.

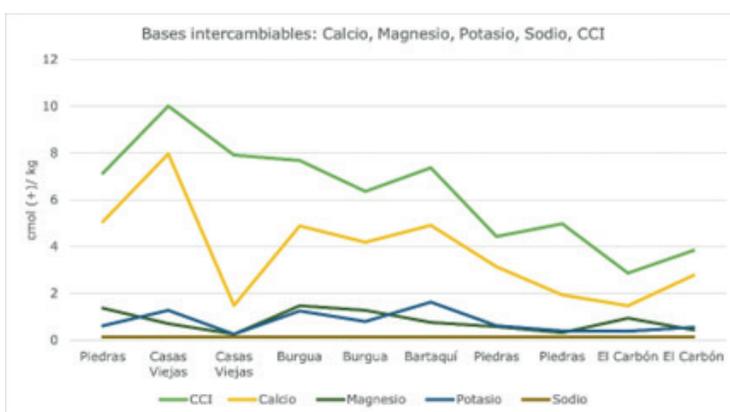


Figura 6. Resultados del análisis de fertilidad para bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico (CIC) de las muestras de suelo de fincas lecheras del municipio de Chitagá

Nota. (n = 10).

Fuente: elaboración propia.

La producción de pasturas para la alimentación del ganado en el municipio de Chitagá se basa principalmente en mezclas de especies de gramíneas y leguminosas, y están finamente equilibradas bajo la influencia de factores como las características físicas del suelo, el agua, la disponibilidad de nutrientes, pH, la temperatura, eventos climáticos extremos, manejo de praderas, genética de las plantas, y los microbiomas del suelo y las plantas (Attwood *et al.*, 2019). Los anteriores parámetros químicos, asociados a la fertilidad de los suelos, permiten ser usados como indicadores en la valoración de servicios ecosistémicos a nivel del suelo, indicando, para este caso, reducción en los beneficios de los SE prestados a los productores de leche. Materia orgánica baja, baja disponibilidad de fósforo, alta concentración de aluminio, y pH (en algunos casos muy ácidos) permiten inferir producción baja de biomasa vegetal destinada para la alimentación del ganado en la producción de leche y su disponibilidad, con destino a la producción de queso tipo Chitagá. Hyun *et al.* (2022) utilizaron variables como la densidad aparente, conductividad hidráulica, materia orgánica asociada a minerales, capacidad de intercambio catiónico, concentración de nitrógeno inorgánico y pH en la calidad del suelo. El uso de estas variables permite el reconocimiento del ciclo del nitrógeno y fósforo a partir de la descomposición de la materia orgánica en el suelo, su paso por la filósfera, la atmósfera y de vuelta a la rizosfera, de tal manera que se reconoce el servicio ecosistémico de fertilidad el suelo (Martín-López *et al.*, 2012; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019; Bakure *et al.*, 2022).

## 4. Conclusiones

Dadas las condiciones naturales y geográficas del municipio de Chitagá, el análisis de las prácticas agropecuarias y los análisis de fertilidad de suelos de las fincas productoras de leche permite concluir que los productores reconocen y valoran los beneficios recibidos de los ecosistemas, especialmente del páramo de Almorzadero, como la disponibilidad de agua dulce para uso humano y agropecuario, la producción de pastos para la alimentación del ganado, la fertilidad del suelo y la regulación del clima, que pueden influir en la calidad del queso tipo Chitagá, con proyección a la denominación de origen. La evaluación del uso sostenible del recurso suelo en actividades agropecuarias, hace necesaria la articulación de metodologías de valoración de los servicios ecosistémicos y los análisis fisicoquímicos del suelo, que permita el reconocimiento real de los beneficios directos e indirectos de los ecosistemas con miras a la toma de decisiones que impliquen gestión de recursos naturales.

## Agradecimientos

Al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) por la financiación del proyecto SGPS 10064-2022, así mismo a los productores de queso y leche del municipio de Chitagá, al señor Martín Vera Aliado, de la alcaldía, por su acompañamiento en la ejecución del proyecto.

## Referencias

- Alcaldía municipio de Chitagá (1999). *Esquema de ordenamiento territorial del área rural y urbana del municipio de Chitagá Norte de Santander. Diagnóstico y Prospectiva territorial. Tomo I y II.*  
<https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/10758/5454-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arango, Ángela; Dossman, Miguel; Muñoz, Juliana; Bueno, Liliana; Arias, Jhon; Camargo, Juan; Maya, Juan (2020). Los servicios ecosistémicos desde la percepción de los productores de café de Belén de Umbría, Risaralda, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(2), 81-94.  
<http://doi.org/10.22490/21456453.3443>
- Attwood, Graeme; Wakelin, Steve; Leahy, Sinead; Rowe, Suzanne; Clarke, Shannon; Chapman, David; Muirhead, Richard; Jacobs, Jeanne (2019). Applications of the Soil, Plant and Rumen Microbiomes in Pastoral Agriculture. *Frontiers in nutrition*, 6, 107.  
<https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00107>
- Bakure, Berhanu; Hundera, Kitessa; Abara, Magarsa (2022). Review on the effect of climate change on ecosystem services. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1016(1), 012055.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1016/1/012055>
- Bartkowski, Bartosz; Bartke, Stephan; Helming, Katharina; Paul, Carsten; Techen, Anja-Kristina; Hansjürgens, Bernd (2020). Potential of the economic valuation of soil-based ecosystem services to inform sustainable soil management and policy. *PeerJ*, 8, e8749.  
<https://doi.org/10.7717/peerj.8749>
- Burbano, Hernán (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124.  
<http://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>

- Carneiro, Marco; Melo, Lidianne; Pereira, Hamilton; Paulino, Helder; Silveira, Américo (2008). Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo y uso. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 38(4), 276-283.  
<https://revistas.ufg.br/pat/article/view/3333>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2021). *GA-G-17 guía toma de muestras de suelo para análisis químicos y físicos*. Gestión de la agenda corporativa.
- Drobnik, Thomas; Schwaab, Jonas; Grêt-Regamey, Adrienne (2020). Moving towards integrating soil into spatial planning: No net loss of soil-based ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 263, 110406.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110406>
- González, Andrea; Samacá, Henry; Quintero, Luis; Arguello, Luis; Parra, Luis; Viveros, Juan; Giraldo, Jhon; Castellanos, Jully; Maluendas, Alexis; Leyva, Fernando; Cortés, César; León, Gloria; Bernal, Juan; Toro, Ángela; Valderrama, Pedro; Gutiérrez, Edison; Romero, Claudia; Portillo, Carla; Fonseca, Maryetha;... Reina, Diana (2022). *Plan maestro de reconversión agropecuaria de la cadena láctea, Región Nororiente. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria*.  
[https://www.andi.com.co/Uploads/10\\_05\\_2022\\_POP\\_Cadena\\_La%CC%81ctea\\_Bovina.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/10_05_2022_POP_Cadena_La%CC%81ctea_Bovina.pdf)
- Haines-Young, Roy; Potschin, Marion (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure.  
<https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>
- Huber, Robert; Le'Clec'h, Solen; Buchmann, Nina; Finger, Robert (2022). Economic value of three grassland ecosystem services when managed at the regional and farm scale. *Scientific Reports*, 12(1), 4194.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-08198-w>
- Hyun, Junge; Kim, You; Kim, Ara; Plante, Alain; Yoo, Gayoung (2022). Ecosystem services-based soil quality index tailored to the metropolitan environment for soil assessment and management. *The Science of the Total Environment*, 820, 153301.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153301>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (2015). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión. Versión 2*.  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023647/Protocolo-erosion.pdf>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2017). *Norte de Santander: características geográficas*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2015). *Mapa de cobertura de la tierra. Adaptación Corine Land Cover. República de Colombia. Escala 1:100000. Periodo 2010 – 2012*.  
<https://www.colombiaenmapas.gov.co/?e=-72.84724301503765,6.847393105391169,-72.30822629140556,7.132618105109225,4686&b=igac&t=880&u=76377&t=32&servicio=880>
- Keesstra, Saskia; Bouma, Johan; Wallinga, Jakob; Tiftonell, Pablo; Smith, Pete; Cerdà, Artemi; Montanarella, Luca; Quinton, John; Pachepsky, Yakov; van der Putten, Wim; Bardgett, Richard; Moolenaar, Simon; Mol, Gerben; Jansen, Boris; Fresco, Louise (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil*, 2(2), 111-128  
<https://doi.org/10.5194/soil-2-111-2016>

- Li, Ang; Gao, Lei; Chen, Shi; Zhao, Jinling; Ujjiyad, Saqirilatu; Huang, Jianhui; Han, Xingguo; Bryan, Brett (2021). Financial inclusion may limit sustainable development under economic globalization and climate change. *Environmental. Research Letters*, 16(5), 054049.  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abf465>
- Li, Fangfang; Zhang, Xinsheng; Zhao, Ye; Song, Mengjie; Liang, Jia (2023a). Soil quality assessment of reclaimed land in the urban–rural fringe. *CATENA*, 220, Parte A, 106692.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106692>
- Li, Yongge; Liu, Wei; Feng, Qi; Zhu, Meng; Yang, Linshan; Zhang, Jutao; Yin, Xinwei (2023b). The role of land use change in affecting ecosystem services and the ecological security pattern of the Hexi Regions, Northwest China. *Science of The Total Environment*, 855, 158940.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158940>
- Lora, Isabella; Zidi, Ali; Magrin, Luisa; Prevedello, Paola; Cozzi, Giulio (2020). An insight into the dairy chain of a Protected Designation of Origin cheese: The case study of Asiago cheese. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9116-9123.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17484>
- Lozano, Zeneida; Hernández-Hernández, Rosa; Bravo, Carlos; Rivero, Carlos; Delgado, Mavelys (2012). Disponibilidad de fósforo en un suelo de las sabanas bien drenadas venezolanas, bajo diferentes coberturas y tipos de fertilización. *Interciencia*, 37(11), 820-827.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33925550005>
- Martínez-Salinas, Alejandra; Chain-Guadarrama, Adina; Aristizábal, Natalia; Vilchez-Mendoza, Sergio; Cerda, Rolando; Ricketts, Taylor (2022). Interacting pest control and pollination services in coffee systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(15), e2119959119.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2119959119>
- Martín-López, Berta; González, José; Vilaridy, Sandra; Montes, Carlos; García-Llorente, Marina; Palomo, Ignacio; Agudelo, Mateo (2012). Guía docente Ciencias de la sostenibilidad Universidad del Magdalena, Instituto Humboldt y Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/32937>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016). *Política para la gestión sostenible del suelo*.  
[https://www.andi.com.co/Uploads/Pol%C3%ADtica\\_para\\_la\\_gesti%C3%B3n\\_sostenible\\_del\\_suelo\\_FINAL.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019). *The International Code of Conduct for the Sustainable Use and Management of Fertilizers*.  
<https://doi.org/10.4060/CA5253EN>
- Palmer, Jeda; Thorburn, Peter; Biggs, Jody; Dominati, Estelle; Probert, Merv; Meier, Elizabeth; Huth, Neil; Dodd, Mike; Snow, Val; Larsen, Joshua; Parton, William (2017). Nitrogen Cycling from Increased Soil Organic Carbon Contributes Both Positively and Negatively to Ecosystem Services in Wheat Agro-Ecosystems. *Frontiers in Plant Science*, 8, 731.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00731>
- Peñaranda, Fernando; Ospina, Oscar; Bustamante, Fabio (1967). *Estudio general de suelos de los municipios de Chitagá y Labateca del departamento Norte de Santander*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

- Rojas, Patricia; Ramírez, Daisy; Rasche, Jimmy; Rojas, Arnulfo (2018). Niveles de materia orgánica en distintos tipos de manejos. *Brazilian Journal of Development*, 4(7), 3789-3800.  
<https://doi.org/10.34117/bjdv4n7-404>
- Salamanca, Alveiro; Amézquita, Edgar (2015). Influencia de la intensidad de uso sobre algunas propiedades físicas en un suelo del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 43-52.  
<https://doi.org/10.22490/21456453.1262>
- Seid, Ali; Kuhn, Nikolaus; Fikre, Zerfu (2016). The role of pastoralism in regulating ecosystem services. *Revue Scientifique et Technique*, 35(2), 435-444.  
<https://doi.org/10.20506/rst.35.2.2534>
- Sena, Virley; de Moura, Emanuel; Macedo, Vinícius; Aguiar, Alana; Price, Adam; Mooney, Sacha; Calonego, Juliano (2020). Ecosystem services for intensification of agriculture, with emphasis on increased nitrogen ecological use efficiency. *Ecosphere*, 11(2), e03028.  
<https://doi.org/10.1002/ecs2.3028>
- Siachoque, Ricardo; Polo, Sebastián; Páramo, Gabriel; García, Edwin; García, Luis; Gómez, Juan (2020). *Producción de leche bovina en pastoreo. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria.*  
[https://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/produccion\\_leche\\_bovina.pdf](https://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/produccion_leche_bovina.pdf)
- Steinhoff-Knopp, Bastian; Kuhn, Tinka; Burkhard, Benjamin (2021). The impact of soil erosion on soil-related ecosystem services: development and testing a scenario-based assessment approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(Suppl. 1), 274.  
<https://doi.org/10.1007/s10661-020-08814-0>
- Von Greyerz, Karin; Tidåker, Pernilla; Karlsson, Johan; Rööös, Elin (2023). A large share of climate impacts of beef and dairy can be attributed to ecosystem services other than food production. *Journal of Environmental Management*, 325(Parte A), 116400.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116400>
- Wang, Boyu; Yan, Huimin; Zhang, Qian (2022). Reciprocity of grassland conservation and pastoralist livelihoods: Evidence from comparison between developed and developing regions. *Ecological Indicators*, 144, 109517  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109517>
- Weiskopf, Sarah; Rubenstein, Madeleine; Crozier, Lisa; Gaichas, Sarah; Griffis, Roger; Halofsky, Jessica; Hyde, Kimberly; Morelli, Toni; Morisette, Jeffrey; Muñoz, Roldan; Pershing, Andrew; Peterson, David; Poudel, Rajendra; Staudinger, Michelle; Sutton-Grier, Ariana; Thompson, Laura; Vose, James; Weltzin, Jake; Whyte, Kyle (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *The Science of the Total Environment*, 733, 137782.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>
- Zhang, Ruqian; Li, Penghui; Xu, Liping (2022). Evaluation and analysis of ecological security based on the improved three-dimensional ecological footprint in Shaanxi Province, China. *Ecological Indicators*, 144, 109483.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109483>