

# Valoración de la sostenibilidad del sistema productivo ganadero de leche en zonas alto andinas de Colombia

Valuation of the sustainability of the dairy cattle production system in high andean areas of Colombia

Recepción del artículo: 04/12/2023 • Aceptación para publicación: 15/12/2023 • Publicación: 05/01/2024

● <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.335>

**Cesar Augusto Forero Camacho\***

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Mosquera-Cundinamarca, Colombia.

**Julio Cesar Acosta Prado**

Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

**Guillermo Hernando Carvajal Rojas**

**Santiago Andrés Roa-Ortiz**

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Mosquera-Cundinamarca, Colombia.

\*Autor para correspondencia: cforero@agrosavia.co

## Resumen

El sistema productivo ganadero de leche (SPGL) de las zonas altas de Colombia, ubicada en la cuenca hidrográfica de Ubaté y Chiquinquirá alrededor de la laguna de Fúquene, es considerado una de los mejores del país. Aquí se han desarrollado muchas investigaciones e inversiones con el fin de mejorar su competitividad. Bajo este contexto se definió el objetivo de valorar el nivel de sostenibilidad del SPGL, desde los servicios ecosistémicos (SE) de aprovisionamiento y culturales. La metodología de enfoque mixto realiza el levantamiento de información primaria, convalidada con grupos de expertos que caracterizó el SPGL para luego valorar la sostenibilidad de este. La fiabilidad y confiabilidad de los datos parte de un Análisis Factorial Exploratorio (AFE), que depura las variables para luego realizar un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) que supero los niveles de ajuste para este tipo de investigaciones. Los resultados muestran causalidad directa significativa del nivel de sostenibilidad del SPGL desde los SE de aprovisionamiento y culturales. En conclusión, los sistemas productivos de ganado de leche de los municipios aledaños a la laguna de Fúquene presentan serios problemas productivos, ambientales y sociales y sólo un abordaje holístico o novedoso como la evaluación de los SE de aprovisionamiento y culturales ayudan a resolver.

**Palabras clave:** Servicios ecosistémicos, aprovisionamiento, culturales, adopción tecnológica, manejo.

## Abstract

The dairy cattle production system (SPGL) in the high areas of Colombia, located in the Ubaté and Chiquinquirá hydrographic basin around the Fúquene lagoon, is considered one of the best areas to produce dairy products in the country. Many research and investment has been carried out in those areas to improve its competitiveness. Under this context, the objective of assessing the level of sustainability of the SPGL was defined, from the supply and cultural ecosystem services (ES). The mixed approach methodology collects primary information, validated with groups of experts that characterized the SPGL, and then assesses its sustainability. The reliability and trustworthiness of the data are based on an Exploratory Factor Analysis (EFA), which refines the variables and then performs a Confirmatory Factor Analysis (CFA) that exceeds the adjustment levels for this type of research. The results show significant direct causality of the SPGL sustainability level from the supply and cultural ES. Concluding, the dairy cattle production systems of the municipalities surrounding the Fúquene lagoon presents serious environmental, social, and productive problems, and only a holistic or novel approach such as the valuation of the in Supply and Cultural Ecosystem Services helps to resolve these problems.

**Keywords:** Ecosystem services, provision, cultural, technological adoption, management.

## Introducción

Los sistemas productivos ganaderos de leche (SPGL) especializados en Colombia ubicados en zonas altoandinas por encima de 2.000 M.S.N.M, aportan el 32% de la producción nacional y, en su mayoría, están haciendo presión sobre las zonas de conservación y producción hídrica del país. Sin embargo, el Gobierno Nacional bajo el CONPES (el Consejo Nacional de Política Económica y Social, es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país. Para lograrlo, coordina y orienta a los organismos encargados de la dirección económica y social en el Gobierno, a través del estudio y aprobación de documentos sobre el desarrollo de políticas generales que son presentados en sesión) 3675 define las políticas para incrementar los niveles de producción, la tecnificación y la conservación ambiental de estos sistemas productivos (DNP, 2010).

Con la visión productiva y política del CONPES 3675, en la región se han desarrollado proyectos que buscan mejorar la productividad de los SPGL en la cuenca lechera de Ubaté y Chiquinquirá, considerada una de las más importantes del país. A pesar de ello, en la región se presenta un promedio de producción igual al de hace 20 años lo que establece un estancamiento productivo, pero evidenciando un aumento en la afectación ambiental y disminución en la calidad de vida de los productores lecheros. Este panorama define un problema complejo e importante a resolver, por lo que identificar el nivel de sostenibilidad desde los SE de aprovisionamiento y culturales ayudará a entender por qué existe una baja adopción tecnológica, a pesar de los adelantos que se han generado en los últimos años y que favorece la transformación de la ganadería actual a una que se enmarque en los objetivos del desarrollo sostenible (Molina y Sánchez, 2017).

La denominada cuenca hidrográfica de Ubaté y Chiquinquirá, ubicada entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, posee 18 municipios de vocación productiva lechera y de ellos 11 municipios se ubican aledaños a la laguna de Fúquene (Chiquinquirá, Ráquira, Saboya, San Miguel de

Sema, Cucunuba, Fúquene, Guachetá, Simijaca, Susa y San Juan de Ubaté), los cuales presentan la concentración más grande de productores de leche especializada a nivel nacional, lo que convierte a esta región y a la actividad agropecuaria en motores de desarrollo económico desde su aporte al PIB municipal, regional, departamental y nacional (CAR, 2012).

Sin embargo, la ubicación geográfica de esta cuenca lechera genera gran afectación al espejo de agua de la laguna de Fúquene, que se da por la colonización de las áreas de ampliación costera generadas por la época de no lluvias y condiciones climáticas extremas como el fenómeno de El Niño y por el proceso mecánico de dragado que se hace en la laguna para evitar inundaciones en épocas de lluvia y lluvia extrema como el fenómeno de La Niña. Esta condición ha hecho una gran reducción del espejo de agua y ampliación de las zonas para establecimiento de SPGL (IGAC, 2005).

Otra generalidad de los SPGL de esta zona es la alimentación de los bovinos, la cual se hace, principalmente, con pasto kikuyo (*Cechrus clandestinus*), denominada como una pradera naturalizada y que es de las primeras especies vegetales en aparecer en zonas de ampliación costera en estas altitudes. Estas praderas presentan una mediana disponibilidad de forraje porque se desarrollan bien en el sustrato limoso que se presentan en zonas de ampliación, pero su composición es baja en nutrientes por el pobre o nulo manejo tecnificado que se les da (Molina y Sánchez, 2017).

Bajo las condiciones mencionadas y la cantidad de inversión dada en los proyectos para la búsqueda del mejoramiento productivo, ambiental y social que definió el CONPES, se define evaluar la sostenibilidad del SPGL desde los SE de aprovisionamiento y culturales para identificar las causas y sugerir estrategias que permitan que los SPGL sean más sostenibles. Definiendo esta investigación como un aporte importante para los productores, la academia, los financiadores y el gobierno nacional con el fin de llegar a concordancias para lograr una ganadería más sostenible y que aporte al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Realizar una evaluación de la sostenibilidad desde

los SE de aprovisionamiento y culturales (Figura 1) permiten avanzar en el entendimiento de otras dimensiones que se conocen, pero no se han estudiado a profundidad, ya que la adopción tecnológica que favorece el mejor manejo de los SPGL, están ligadas directamente a una decisión humana e individual, enmarcada en una cultura ganadera que se describe, pero no se conoce. Este entendimiento ayudará, al mismo tiempo, a identificar que otros aspectos deben estudiarse para buscar el mejoramiento, rendimiento y calidad de las pasturas naturales de kikuyo, la conservación ambiental y el mejoramiento de la calidad de vida de los ganaderos (CEPAL, 2019).



Figura 1. Esquema de los Servicios Ecosistémicos. Esquema definido por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF).

Finalmente, la investigación realizada explica desde un enfoque metodológico mixto que se puede valorar la sostenibilidad a partir de datos cuantitativos que se someten a procedimientos estadísticos (análisis factoriales exploratorio y confirmatorio) y establecer la incidencia de los SE de aprovisionamiento y culturales sobre la sostenibilidad del SPGL, y se explican de forma cualitativa a través de la identificación y comprensión de las varianzas y covarianzas de las variables que están relacionadas con las categorías de adopción tecnológica y manejo de los SPGL en estas zonas.

**Materiales y métodos**  
**Antecedentes investigativos**

La investigación y los resultados para el mejoramiento de la ganadería de leche desarrollados a nivel mundial son muy amplios y exitosos, este proceso inició desde la época del Imperio Romano, donde los encargados de los rebaños seleccionaban el ganado con base a métodos empíricos y de observación; bajo estos principios, se desarrollaron razas como la Holstein proveniente del cruce de razas de dos provincias septentrionales de Holanda, Frisia Occidental y País Bajo del Norte (Armijo, 2022).

En las revistas científicas de todo el mundo se publican un sin número de resultados de investigación que se encuentran registradas en diferentes plataformas científicas de libre acceso o con recaudo para tener acceso a los resultados que en una generalidad buscan el mejoramiento de la productividad a través de la especialidad disciplinar de los autores. Sin embargo, pocos artículos científicos realizan un análisis holístico de los SPGL y menos involucran las dimensiones de los SE de aprovisionamiento y culturales, por lo que la revisión del estado del arte se basó en buscar esos elementos que se pudieran relacionar con esta investigación.

La FAO (2020), define que la producción de leche mundial es una actividad agroproductiva y cultural que, mayormente, se desarrolla por pequeños productores y especialmente en países en vía de desarrollo, convirtiendo este producto en fundamental para la nutrición de la población mundial y un catalizador para la conservación de culturas y del medio ambiente.

Quispe *et al* (2019), relaciona la producción de leche con la sostenibilidad definiendo que el pago justo que se debe dar por la calidad de la leche, es un elemento socioeconómico que favorece la sostenibilidad. Para Farzane *et al* (2019), establecer componentes de varianza y covarianza de los parámetros alimenticios que prolongan la producción y el ingreso de los productores favorecería la sostenibilidad de los hogares y unidades productivas lecheras.

La dependencia de pasturas naturales para la alimentación de SPGL, requiere una reinversión o innovación productiva, Es así como Schiek *et al* (2018), desarrollaron seis variedades de forraje como opción de suplementación alimenticia y analizaron su relación costo beneficio con el fin de

favorecer la adopción tecnológica, la cual para Colombia y otros países latinoamericanos es baja (Dinero, 2015).

Ampliándose al espectro sociocultural, Juárez *et al.* (2017), definieron la importancia de los factores cognitivos y sociales que posean los técnicos y productores frente a la transferencia de tecnología y su posterior comprensión. Antes de estos hallazgos y en la misma línea, Lerdón *et al.* (2014), identificaron que existe subjetividad a en la estructura de costos que realizan técnicos y productores, debido a su posición frente al sistema productivo, esto ratifica la importancia de los aspectos culturales frente a la adopción tecnológica. Igualmente, Calsina y Daza (2013), avanzaron en estos aspectos al trabajar en comunidades andinas y ver la producción de leche orgánica como una alternativa de sostenibilidad a partir de establecer manejos adecuadas en el SPGL dar apertura a otros mercados especializados que favorecían el incremento de ingresos por el valor agregado que se generaba.

Por su parte, Vázquez *et al.* (2018), definieron la importancia de la motivación salarial en la producción de leche, pues esta favorece la competitividad de las fincas que, al final, se traduzca en mayores ingresos y mejores condiciones de vida de trabajadores y productores, lo que se interpreta como aumento de la sostenibilidad. Ampliando esta perspectiva, Morales *et al.* (2018), establecieron los diez pasos para instituir una ganadería sostenible, integrando en estos aspectos sociales y ambientales al mismo nivel de los productivos.

Molina y Sánchez (2017), realizaron una evaluación de la sostenibilidad de ganaderías de alta montaña en Colombia, definiendo que estos no eran sostenibles pues los aspectos ambientales y sociales no estaban en equilibrio frente a los aspectos productivos. Es de anotar que esta evaluación presentaba variables muy ligadas a la calidad química del suelo y su representación productiva, es decir una evaluación de los SE de sostenimiento y regulación y no involucraron condiciones sociales, culturales y ambientales más allá del suelo, las cuales son abordadas en la presente investigación.

Dando importancia a la integración de las tres dimensiones de la sostenibilidad, Úsuga *et al.* (2017)

establecen que menores porcentajes de proteína consumida por los productores y trabajadores para hacer las labores productivas, se ven reflejados en los ingresos de la unidad y, por ende, genera un desequilibrio del enfoque de sostenibilidad. Este desequilibrio puede influir en la adopción tecnológica por falta de recursos.

Vélez *et al.* (2014) realizaron una evaluación ambiental en fincas ganaderas de trópico bajo sin involucrar los aspectos productivos y sociales, dejando vacíos evaluativos en su investigación. Similarmente, García *et al.* (2012), desarrollaron una investigación para promover los procesos que llevarán a la sostenibilidad de los SPGL en las zonas rurales de Bogotá D.C. y a pesar de que en las conclusiones se integró lo productivo y lo no se tuvo en cuenta la dimensión social.

Al precisar la búsqueda frente a los aspectos ambientales de los suelos frente a la condición de los SPGL presentes en la zona de estudio y que fueron definidas por el IGAC (2005), estas son zonas de amortiguamiento hidrográfico donde existe un seudosuero. Cuellar *et al.* (2015), definieron que para tener una buena producción de forraje y buena rentabilidad que favorezca la sostenibilidad del sistema es necesario tener buenos suelos. En este sentido, Koc, (2012), relaciona aspectos climáticos en la producción de forraje y los intervalos de partos en vacas, concluyendo que una buena planificación favorece la sostenibilidad, pero aclara que la planificación es una decisión humana.

Finalmente, los investigadores Yilmaz y Akbas (2010), establecen que más allá de la dimensión de la productividad otros factores complementarios son fundamentales para la sostenibilidad de los SPGL. Estas actividades están relacionadas con aspectos socioeconómicos como el acceso a crédito, entrenamiento agrícola, educación técnica, distribución del alimento animal, acondicionamiento de establos, rehabilitación de pasturas y praderas, producción animal y otras que generan cambios pequeños pero positivos en los productores, lo cual favorece la adopción de las tecnologías en SPGL. Esta investigación utilizó un enfoque mixto de diseño no experimental para explicar la sostenibilidad desde la percepción de los productores lácteos tomada a través de encuestas

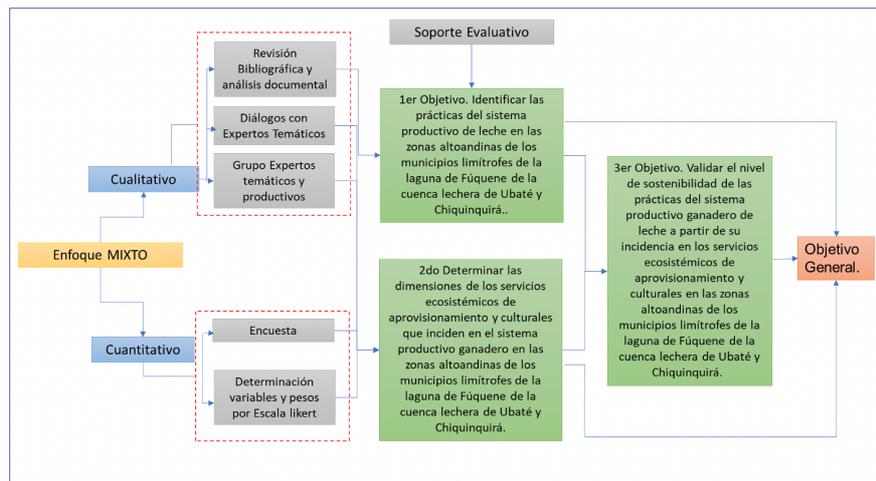


Figura 2. Esquema metodológico de la investigación. Elaboración de autores.

sobre las variables de los SE de aprovisionamiento y culturales, el manejo del sistema productivo, la productividad y la adopción tecnológica.

Para entender mejor la descripción del tipo de investigación se presenta el esquema metodológico definido que permite ver la secuencia de desarrollo de esta y cómo se relacionan la investigación cuantitativa y cualitativa la (Figura 2).

La investigación se ubica territorialmente en altitudes entre 2.500 y 3.000 M.S.N.M., entre las latitudes 5°03' y 5°54' N y longitudes 73°21, y 72°30, W, donde se presentan unas precipitaciones cercanas a los 1.000 mm al año (Corpoica, 2004); la zona presenta paisajes diversos como planicies, altiplanicies y valles circundantes a la laguna de Fúquene donde se desarrolla especialmente el SPGL (IGAC, 2000; IGAC, 2005).

La población estudiada corresponde a pequeños y medianos productores que en su mayoría son

miembros de cooperativas y asociaciones de productores que comercializan la leche con grandes empresas pasteurizadoras presentes en la zona como ALPINA, COLFRANCE y ALGARRA o transforman la leche en pequeñas plantas de asociaciones en queso y otros derivados lácteos. La determinación del marco muestral se realizó con base a los registros del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2020) del programa nacional de vacunación contra fiebre aftosa, que es obligatorio en todo el país y determinan que los municipios que comprenden la zona de estudio existen 10.672 Unidad Productora Agropecuaria (UPA) y de estas el 24% se dedica a la producción de leche especializada, principalmente en la zona plana aledaña a la laguna como se describió anteriormente. Es decir, la población es de 2.561 predios, de la cuales más del 50% o 1.281 UPA, tiene un contrato formal con alguna de las coopera-

Población y área de investigación	Productores vinculados a cooperativas u organizaciones 1.281
Ámbito geográfico	Colombia, departamentos de Cundinamarca, Cuenca Lechera de Ubaté y Chiquinquirá, 11 Municipios
Sectores económicos	Primario de producción agropecuaria
Método de obtención de información	Encuesta
Procedimiento de muestreo	Muestreo aleatorio simple
Tamaño de la muestra	143
Error de muestreo	8,0%*
Nivel de confianza	95%
Período de trabajo en Campo	del 21 de septiembre al 10 noviembre 2020

Cuadro 1. Ficha técnica del cuestionario. Elaboración de autores

\* error determinado por los autores menor al 10%, usualmente utilizado

tivas y pasteurizadoras de la zona (Fedegan, 2017). En la Cuadro 1, se evidencia la muestra y características técnicas del cuestionario que permitió los análisis y generación de resultados de la investigación.

En la encuesta se consideraron aspectos que describen las características principales de las UPA, luego presenta una escala de valoración Likert de 5 puntos definida de la siguiente manera: 1 = Muy en desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4 = De acuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo, la cual permite valorar la percepción de los productores frente a cada planteamiento y se cuantificaron 8.151 datos para análisis.

La validación de los datos se realizó en SPSS versión 26 y el paquete estadístico AMOS versión 25. Inicialmente se realizó un análisis de frecuencias para establecer la caracterización del SPGL de la zona de estudio, luego se realizó un análisis factorial exploratorio (AFE) basado en componentes principales y finalmente se realizó un análisis factorial confirmatorio (AFC) para validar las correlaciones establecidas en el modelo propuesto para valorar la sostenibilidad de los SPGL a través de los SE de aprovisionamiento y culturales frente a la adopción tecnológica y manejo del SPGL. Los 8.151 datos que entraron al AFE fueron sometidos a una prueba de medida de adecuación de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) que mostró valores por encima de 0,70. Estas valoraciones permitieron realizar la prueba de esfe-

ricidad de Bartlett para definir si se rechazaba la hipótesis nula de la no incidencia de los SE de aprovisionamiento y culturales en la sostenibilidad.

El ajuste del modelo se realizó con un análisis de Máxima Verosimilitud, previa evaluación de la normalidad multivariante de los ítems y, finalmente, para la determinación del número de factores se usó la regla de autovalores mayores a 1 y el método de rotación Varimax, teniendo cargas factoriales mayores a 0,35, que son adecuados para estudios mixtos como éste.

La calidad de los análisis se comprobaron a partir de la prueba Alpha de Cronbach, que fue de 0,7811, definiéndolos como aceptables (Cronbach, 1951). Sin embargo, se eliminaron 9 ítems cercanos a límite mínimo, que aumentaron el coeficiente en 7.01%, lo que mejoro la calidad de los datos. Los resultados para el test KMO (Kaiser, Meyer y Olkin) y la prueba de Bartlell fueron respectivamente 0,727 y 1656,21, valores que presentan un buen ajuste de bondad estadística.

La ficha técnica (Cuadro 2) presenta el perfil de participantes del grupo de expertos. La información resultante de este proceso metodológico se sistematizó y soporta los resultados del AFC que se socializó a los productores y otros actores que intervienen en los SPGL en la región. La combinación de todos estos instrumentos permitió desarrollar resultados importantes, ya que utilizar un enfoque mixto en la investigación permite maximizar las ventajas y potencialidades del enfoque cualitativo y el enfoque cuantitativo.

Número de personas convocadas para conformar el grupo de expertos	Cinco expertos: 2 profesionales y representantes legales de las asociaciones de ganaderos de Boyacá y Ubaté (Asogaboy) y la asociación de Ganaderos del valle de Ubaté (Asogan). Ernesto González. Asogaboy y Giovanni Pinilla. Asogan
Canal de comunicación	1 PhD en ciencias veterinarias, investigador y profesor de varias Universidades en el país como la Universidad de Cundinamarca, Universidad Piloto, Universidad de la Salle, Universidad San Martín Barranquilla, Universidad Tecnológica de los Llanos y la Universidad e disciplinas agrícolas UDCA. Carlos Enrique Londoño Vélez
Fecha de realización entrevistas	2 investigadores PhD de Agrosavia, reconocidos por los aportes que han realizado en ganadería de leche en la cuenca lechera de Ubaté y Chiquinquirá, con más de 20 años de experiencia. Gustavo Octavio García Gómez y Luis Carlos Arreaza (pensionado)
Número de preguntas sobre categorías	Entrevista personal
	Periodo del 20 de agosto al 30 octubre de 2020 Primer ciclo para estructurales categorías de análisis y del 30 enero al 15 marzo de 2021 para presentación resultados preliminares y ampliar discusión sobre estos.
	Una (1)

Cuadro 2. Perfil Participantes Grupo Expertos. Elaboración de autores. Nota. Las entrevistas fueron presenciales y virtuales en primer momento y telefónicas en segundo momento

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos, después de correr el AFE tres veces, presentaron una reducción de los ítems originales a solo 35, que definen la composición final del AFE agrupados en tres dimensiones y 10 categorías que contienen 35 ítems superiores a 0,40 en el factor de comunalidad, lo cual es planteado por Lloret *et al.* (2014) como una mayor restricción al modelo. Con todas estas pruebas se estableció la confiabilidad, la validez de los planteamientos establecidos en la encuesta y la unidimensionalidad (se utiliza para describir un tipo específico de escala de medición. Una escala de medición unidimensional tiene una sola dimensión (“uni”). En otras palabras, se puede representar mediante una única recta numérica) de los ítems analizados de los datos, el modelo previo resultante del AFE.

Al desarrollar el AFC se definieron la estructura final de los factores latentes y los ítems para obtener un modelo final, los valores de evaluación definen los valores aceptables frente a los ajustes de bondad definidos para este tipo de investigaciones. Una vez determinado el modelo estadístico se construyeron reportes que se llevaron a los grupos de expertos para que fueran analizados y explicados desde su conocimiento y experiencia en los SPGL presentes en la zona.

Los resultados que definen la valoración del nivel de sostenibilidad del SPGL, desde los servicios ecosistémicos (SE) de aprovisionamiento y culturales, parte de reflexionar sobre la ubicación de estos SP con base al documento de conflictos de uso del territorio generados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y que permitió construir el mapa de ubicación de las (117) UPA's encuestadas, sobre unidades cartográficas definidas en las tablas de descripción cartográfica como depósitos aluviales que tienen tendencia a procesos de inundación y anegación, identificados con el color morado que cubren casi todo el territorio que contempla la zona de estudio, es decir solo el 18% de las UPA de la muestra, están ubicadas en zonas aptas para la producción agropecuaria sin riesgo a inundaciones que son recurrentes en periodos de lluvia extrema como el fenómeno de La Niña, ge-

nerado por la variabilidad climática (Figura 2).

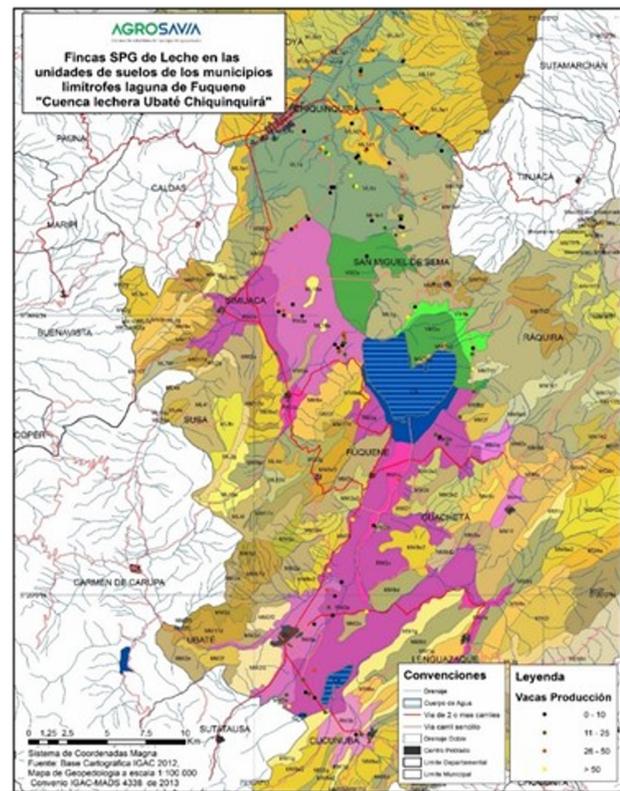


Figura 2. Mapa espacialización Encuestas sobre Unidades cartográficas de suelo. Elaboración propia a partir de estudios generales de cartográfica de Boyacá y Cundinamarca escala 1:100.000

Cómo se evidencia, la zona de estudio referida en documentos antiguos de la Corporación Regional de Boyacá y Cundinamarca y otras instituciones definían que en 1934 la laguna de Fúquene contaba con 7.657 ha., de espejo de agua y en épocas de altas lluvias su área de inundación alcanzaba las 12.810 ha., y para el año 2012, por registros cartográficos, contaba con 3.138 ha. (CAR 2012), lo cual muestra una reducción de 4.474 ha., del espejo de agua, que son directamente proporcionales a la ampliación de las zonas ganaderas circundantes a la laguna.

En este sentido, la importancia de establecer un manejo adecuado a los SPGL parte de comprender que estos sistemas se desarrollan en zonas de alta fragilidad ambiental al estar cerca a una laguna, lo cual tiene concordancia con lo mostrado por Escobar (2018), que establece que: ver la situación y dinámica de desarrollo agrícola de una región es más fácil si se mira desde el enfoque de sistemas de producción, que para este caso resulto en involucrar dimensiones que antes no se habían tenido en cuenta.

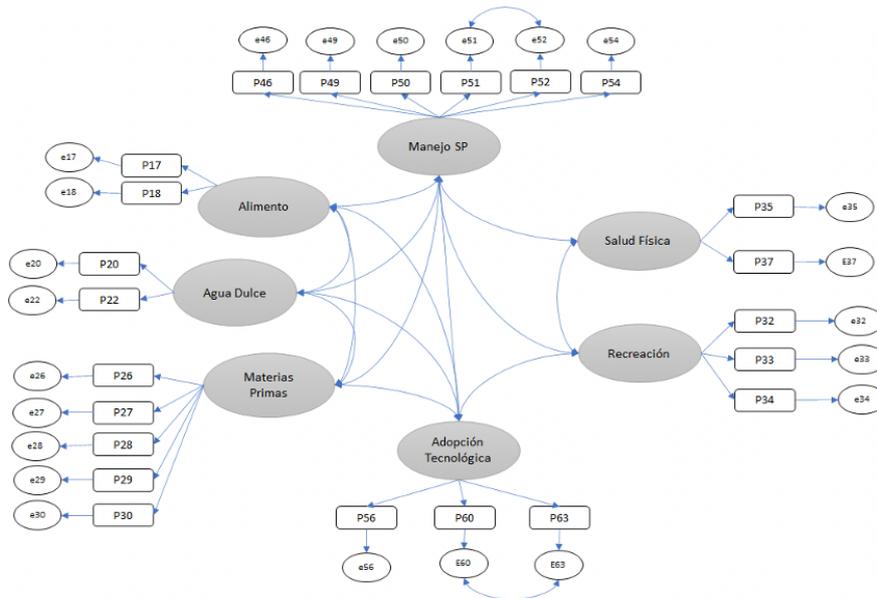


Figura 3. Modelo Final AFC. Elaboración de autores.

Establecer respuestas estadísticas a comportamientos socioeconómicos como lo es la valoración de la sostenibilidad desde los SE de aprovisionamiento y culturales y obtener valores evaluativos significantes en el modelo, muestra como son las correlaciones entre las variables (Figura 3) y los índices de bondad del modelo (Cuadro 3). El modelo muestra que las correlaciones entre las sub-dimensiones: alimento, agua dulce, materias primas, salud física y recreación frente a la adopción y el manejo de los sistemas productivos existen y son definitorias para la sostenibilidad de los SPGL.

La causalidad de los SE de aprovisionamiento sobre

la sostenibilidad están correlacionadas con las acciones antrópicas sobre las zonas objeto de estudio y que por el manejo actual, explicado desde una cultura productivista, desfavorece la sostenibilidad del SPGL. Este argumento es referido de forma similar por Molina y Sanchez (2017), los cuales realizaron una investigación valorando la sostenibilidad desde otras ópticas. La baja disponibilidad de praderas de buena calidad hace necesario que los animales sean suplementados con alimento concentrado, elevando los costos de producción y manteniendo bajos niveles de productividad de lt/vaca/día. Este resultado complementa los resultados de Schiek *et al.* (2018)

Cuadro 3. Índices de Bondad del Modelo Final. Elaboración de autores.

Medida de Bondad Ajuste	Abreviatura	Niveles de Ajuste Aceptable	Aceptabilidad Obtenidos	Valores
Chi Cuadrado y Nivel de significancia	CMIN/DF	>1	1,242	Excelente
P Close	Pclose	>0.05	0,793	Excelente
	SRMR	<0,08	0,069	Excelente
Error de aproximación cuadrático medio	RMSEA	<= 0,05	0,042	Excelente
Índice de ajuste de comparación	CFI	> 0,95	0,935	Aceptable
Índice no normalizado de ajuste Tucker-Lewis	TLI	>0,90	0,921	Excelente
Índice normado de ajuste	NFI	>0,90	0,75	Aceptable
	P Ratio		0,818	
Índice de bondad ajuste de parsimonia	PGFI	A > Valor > Parsimonia	0,765	Aceptable
Índice normado de ajuste de parsimonia	PNFI	A > Valor < ajuste	0,614	Aceptable
Criterio de información de Akaike	AIC	Valor pequeño indica parsimonia	3,95	Excelente

que establecen como un mayor ingreso por productividad puede favorecer la adopción tecnológica

Desde los análisis de los SE Culturales, no se encontro una correlación entre el suministro de concentrado y la producción, sino entre el suministro de concentrado y la tranquilidad de los animales a la hora del ordeño. En este sentido Gerber *et al.* (2013), refuerza esta descripción pues estableció que la suplementación con alimentos concentrados y forrajes de mala calidad genera baja productividad y disminución de la competitividad del sistema.

En este sentido Holman *et al.* (2004), definieron que se puede generar un efecto contrario y positivo pues hacia 1990 el aumento de la productividad se generó por la adopción de la tecnología de pasturas mejoradas, es decir esta variable es crucial no solo para aumentar competitividad, sino se puede relacionar con mejor calidad de vida.

La complementación de ingresos al SPGL se puede dar por variables culturales como al agroecoturismo, ligado a la subdimensión recreación y ecoturismo, pero esta complementación y modificación al SPGL pasa por lo que estableció MEA (2007) en los principios de la construcción conceptual del enfoque de los SE, que muestra que los SE culturales contienen las decisiones humanas y es aquí donde se define la implementación o conservación de otro tipo de SE, por lo que la incorporación del agroecoturismo es una decisión compleja.

La correlación entre producción, ingresos y salarios siempre ha sido definida pero no establecida estadísticamente y con base en los resultados del modelo se refuerzan los hallazgos de Vasquez *et al.* (2018), quienes concluían que la motivación salarial nmarcada en la generación de otros ingresos y el aumento del salario, favorece la productividad y competitividad de cualquier sistema productivo.

Finalmente, los resultados del modelo se pueden relacionar a las conclusiones de Morales *et al.* (2018) que definieron que realizar abordajes integrales en sistemas productivos, equipara lo social, lo ambiental y lo productivo, generando la materialización del concepto sostenibilidad.

## Conclusiones

Los resultados de los índices de ajuste del modelo (Cuadro 3), establecen que las categorías o dimensiones

planteadas evalúan el nivel de sostenibilidad de las prácticas de manejo en el sistema productivo ganadero de leche en las zonas altoandinas de los municipios limítrofes de la laguna de Fúquene de la cuenca lechera de Ubaté y Chiquinquirá.

Desde los resultados de la investigación se establece que los SPGL de los municipios aledaños a la laguna de Fúquene presentan serios problemas productivos, ambientales y sociales, a pesar de los muchos proyectos de investigación y fomento productivo desarrollados allí, y que solo un abordaje holístico o novedoso como la evaluación de los SE de aprovisionamiento y culturales ayudan a resolver estas problemáticas.

Un indicador de la baja sostenibilidad de los SPGL ligada a la baja adopción de tecnologías es el promedio de producciones de leche en la zona, que se establece en 14 lt/vaca/día (Asoleche, 2016), siendo bajo para una zona especializada y mucho más bajo frente al potencial productivo que posee la raza Holstein, predominante en la zona, la cual puede llegar en buenas condiciones de alimentación a 26 lt/vaca/día.

A pesar de la presencia permanente de técnicos e investigadores que han desarrollado procesos de transferencia y vinculación tecnológica, los niveles de adopción son muy bajos y esto se debe al escaso abordaje de factores culturales como los involucrados en esta investigación.

Por último y como recomendación de este trabajo para favorecer un manejo óptimo de los SPGL de la zona se debe mejorar la adopción resultante de procesos de investigación tecnológica, pero definida y desarrollada de forma transdisciplinar, es decir involucrando la visión de los productores (SE culturales) ya que la adopción tecnológica es influenciada por múltiples factores y en especial los sociales.

## Literatura citada

- Armijo Salvatierra, Y. J. (2022). *Marcadores moleculares en mejoramiento genético de bovinos, en la raza Holstein* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB).
- Asoleche. (2016). *Consumo de Leche en Colombia y referentes*. Recuperado de <http://asoleche.org/2017/01/31/tendencias-consumo-lacteos-en-colombia/>
- Calsina, Saul y Daza, C. Uberto. (2013). Producción de leche orgánica en la región de Puno: Una alternativa al desarrollo sostenible. *Mundo Agrario*. 13(26).
- CEPAL. (2019). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales*. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2012). *Generalidades de la laguna de Fúquene. Documental Fúquene, Cucunuba y Pisba El uso de los recursos naturales*. Recuperado de <https://www.car.gov.co/fuquene/vercontenido/1>
- Cronbach, L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Cuellar, E., Fresneda, C., Rivero, C. J., Thompson, M., Sánchez, G. y González, Y. (2015). Plan de manejo sostenible de tierra para la producción de leche en la UBPC Aguadita, Cienfuegos, Cuba. *Pastos y Forrajes*, (38)4, 448-456, 2015.
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (2010). CONPES 3675. Política Nacional para Mejorar la Competitividad del Sector Lácteo Colombiano. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/d.angie/conpes%203675.pdf>
- DINERO. (2015). ¿Cómo está el sector lechero?: un llamado a mejorar. Recuperado de <https://www.dinero.com/economia/articulo/analisis-del-sector-lechero-colombia-2015/211145>
- Escobar, M. (2018). Efecto de la madurez del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov.) sobre la producción de biomasa y la composición nutricional en diferentes altitudes de la provincia de Ubaté. Tesis de maestría. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69099>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Portal Lácteo – Producción lechera*. Recuperado de <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
- Federación Colombiana de Ganaderos, Fedegan – Fondo Nacional del Ganado, FNG. (2016). *Informe anual de gestión*. Recuperado de <https://www.fedegan.org.co/informes-de-gestion>
- Garcia, G., Carvajal, G., Arce, B. y Forero, C. (2012). *Lineamientos básicos para el manejo de la ganadería en las áreas rurales de Bogotá D.C. con énfasis en la conservación de los recursos ambientales rurales, buenas prácticas ganaderas y sanidad animal*. Bogotá, CORPOICA
- Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A y Tempio G. (2013). *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy.
- Holman, F., Rivas, L., Carulla, J., Rivera, B., Giraldo, L., Guzmán, S., Martínez, M., Medina, A. y Farrow, A. (2004). *Producción de leche y su relación con los mercados: caso colombiano*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Consorcio Tropileche, International Livestock Research Institute (ILRI).
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA. (2020). *Censo Nacional Bovino programa nacional aftosa 2019b*. Dirección técnica de vigilancia epidemiológica.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. (2005). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras de departamento de Boyacá*. Recuperado de <http://biblioteca.igac.gov.co/janium/Documents/SUELOS%20DE%20BOYACA%202005.pdf>

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras de departamento de Cundinamarca*. Recuperado de [https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=45767&shelfbrowse\\_itemnumber=76361](https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=45767&shelfbrowse_itemnumber=76361)
- Koc, A. (2012). *Short communication. Effects of some environmental factors and extended calving interval on milk yield of Red Holstein cows*. Spanish Journal of Agricultural Research, 10(3), 717-721. DOI: [10.5424/sjar/2012103-682-11](https://doi.org/10.5424/sjar/2012103-682-11)
- Lerdon F, J., Miranda C, J. C., Moreira L, V. y Gebauer R. (2014). Comparative analysis of two methodologies for the assignment of costs in bovine milk production. *Study of cases*. IDESIA, 32(3), 51-58.
- Morales, F., Zuluaga, A. y Vargas, J. (2018). *10 pasos para realizar un proyecto ganadero sostenible*. Manizales (Caldas). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Azovalle, Colciencias, Sistema General de Regalías.
- MEA. (2007). *Millenium Ecosystem Assessment. A Toolkit for Understanding and Action. Protecting Nature's Services. Protecting Ourselves*. Washington, DC. Island Press.
- Molina. B, y Sánchez. G. (2017). Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2). DOI: [10.22490/21456453.2028](https://doi.org/10.22490/21456453.2028)
- Quispe, B., Rodríguez-H, F. y Aranibar, M. (2019). Efecto de la suplementación de proteína y energía sobre la producción láctea, densidad, sólidos totales, grasa y nitrógeno ureico en la leche de vacas Brown Swiss en condiciones hipobáricas Naturales. *Revista Investigación Veterinaria Perú*, 30(4), 1504-1514. DOI: [10.15381/rivep.v30i4.17168](https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17168)
- Schiek, C., Mwendia. S y Prager. S. (2018). Got forages? Understanding potential returns on investment in *Brachiaria* spp. for dairy producers in Eastern Africa. *Revista Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 6(3), 117-133 DOI: [10.17138/TGFT](https://doi.org/10.17138/TGFT)
- Úsuga-Monroy, C., Zuluaga, J. y López-Herrera, A. (2017). *El virus de la leucosis bovina disminuye la producción y calidad de leche en ganado Holstein*. *Arch. Zootec*, 67(258), 254-259. DOI: [10.21071/az.v67i258.3661](https://doi.org/10.21071/az.v67i258.3661)
- Vásquez-Jaramillo, C., Barrios, C. Cerón-Muñoz, M. (2018). Estudio exploratorio de la calidad de vida en el trabajo de ordeñadores de sistemas de producción de leche. *Arch. Zootec*, 67(258), 228-233. DOI: [10.21071/az.v67i258.3658](https://doi.org/10.21071/az.v67i258.3658)
- Velez-Castro, M. T., Cano Arenas, R. L., Corrales-Julio, R. y Garcia Vergara, M. C. (2014). Evaluación ambiental para la producción primaria de leche orgánica en hatos del municipio de Arjona, departamento de Bolívar, Colombia. *Ambiente y Desarrollo*, 18(35), 37-54. DOI: [10.11144/Javeriana.AyD18-35.eapp](https://doi.org/10.11144/Javeriana.AyD18-35.eapp)
- Yilmaz, H y Akbas, S. (2010). Evaluation of rural Development activities to livestock sector in Turkia: the case of Urdo, Giserum Province. *Asian Journal of Animal and Veterinary advances* 5 (2) 103-111.