

**Evaluación del Riesgo Socioeconómico e Impacto
en la Sostenibilidad de la Formalización del
Eslabón Primario de la Cadena Láctea en
Cundinamarca**

Darwin Antonio Baquero Sandoval

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Decanatura de Ingeniería Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2017**

Evaluación del Riesgo Socioeconómico e Impacto en la Sostenibilidad de la Formalización del Eslabón Primario de la Cadena Láctea en Cundinamarca

Darwin Antonio Baquero Sandoval

Trabajo de grado para optar al título de
Magíster en Ingeniería Industrial

Director
MSc. Ing. Luz Angélica Rodríguez Bello
Codirector
MSc. Ing. Enrique Estupiñan Escalante

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Decanatura de Ingeniería Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2017**

© Únicamente se puede usar el contenido de las publicaciones para propósitos de información. No se debe copiar, enviar, recortar, transmitir o redistribuir este material para propósitos comerciales sin la autorización de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Cuando se use el material de la Escuela se debe incluir la siguiente nota "Derechos reservados a Escuela Colombiana de Ingeniería" en cualquier copia en un lugar visible. Y el material no se debe notificar sin el permiso de la Escuela.

Publicado en 2017 por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Avenida 13 No 205-59 Bogotá. Colombia
TEL: +57 – 1 668 36 00

Resumen

Según el documento Conpes (2010), la cadena láctea colombiana presenta problemáticas tales como: altos costos de producción, baja productividad y bajo nivel de asociatividad; estos dificultan alcanzar niveles de productividad y competitividad acorde a los estándares internacionales. Si bien es cierto que se han planteado estrategias para su solución, en la actualidad el uso de tecnología obsoleta o inapropiada, sistemas productivos poco eficientes, bajo nivel de asociatividad y bajo nivel de formalización, continúan obstaculizando el mejoramiento de la competitividad del sector. De tal manera, que al estudiar los riesgos socioeconómicos y el impacto en la sostenibilidad de la formalización del eslabón primario se busca, de una parte, conocer el comportamiento del eslabón frente a las políticas en diferentes escenarios y, de otra, fortalecer las estrategias que existen actualmente para el mejoramiento de toda la cadena.

A nivel local, en la región de Cundinamarca, la cadena láctea está influenciada directa e indirectamente por las dinámicas políticas, económicas, sociales y culturales, nacionales e internacionales; lo que exige una visión holística, mediante el uso de herramientas y metodologías diferentes a las convencionales, como lo es la Dinámica de Sistemas, al ser esta una herramienta para modelamiento de sistemas complejos. Por ende, se pueden proponer alternativas para la toma de decisiones en beneficio de los ganaderos y a su vez generar impacto en el resto de la cadena. Para tal fin, se hace una revisión bibliográfica para conocer la realidad mundial, nacional y local de la cadena. Seguido a esto, se realiza un estudio exploratorio, en campo, para contrastar los planteamientos encontrados en la revisión de literatura y luego modelar la sostenibilidad y el riesgo socioeconómico del eslabón primario; para finalmente, estudiar el comportamiento del eslabón frente a las políticas a través de diferentes escenarios de sensibilidad.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	5
1.1 PROBLEMÁTICA (JUSTIFICACIÓN)	5
1.2 OBJETIVOS	11
1.3 METODOLOGÍA	12
DESCRIPCIÓN DE LOS ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN.....	14
EVALUACIÓN DE ESCENARIOS DE PRODUCTIVIDAD EN LOS DIFERENTES ESLABONES DEL SECTOR LÁCTEO EN CUNDINAMARCA	17
EFFECTO DE LA ASOCIATIVIDAD EN LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL ESLABÓN PRIMARIO DE LA CADENA LÁCTEA	43
CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	77
COMENTARIOS FINALES	80

Introducción

1.1 Problemática (Justificación)

La cadena láctea está conformada, en términos generales, por cuatro eslabones: el primario o ganadero, el industrial, el de comercialización y el de consumo. A nivel mundial, cada uno de estos tiene desafíos, sin embargo, para el caso de estudio sólo se tendrán en cuenta aspectos relacionados con el eslabón primario, tales como: la necesidad de aumentar la productividad y la eficiencia productiva; mejorar la calidad y la inocuidad de los productos del sector; lograr una ganadería respetuosa con el medio ambiente que contribuya a la conservación de la biodiversidad y al manejo sostenible de los recursos naturales; aumentar la flexibilidad para responder a cualquier cambio estructural del sector de la agricultura; establecer adecuadas instalaciones de refrigeración; mejorar la logística para disminuir los tiempos desde los lugares de producción a los de procesamiento y de ahí hasta los consumidores; entre otros (FAO, 2009).

Según la información suministrada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se menciona que la producción lechera mundial ha aumentado en los últimos tres decenios en más del 50 por ciento, pasando de 500 millones de toneladas en 1983 a 769 millones de toneladas en 2013. En este sentido, se destaca que la India es el mayor productor mundial de leche, con el 18 % de la producción total, seguida por Estados Unidos, China, Pakistán y Brasil. Sin embargo, los países con los mayores excedentes de leche se encuentran Nueva Zelanda, Estados Unidos, Alemania, Francia, Australia e Irlanda. También se menciona que los países con el mayor déficit de leche son China, Italia, Rusia, México, Argelia e Indonesia. Cada día, la cadena láctea se enfrenta a un entorno más competitivo, global, incierto, cambiante y complejo, afrontando los siguientes retos: garantizar la seguridad alimentaria, generar un entorno seguro para sus trabajadores, obtener productos lácteos de alta calidad e

inocuos, incrementar el tamaño del hato para mantener los niveles de producción pero sin depredar los recursos naturales como agua, pastos, biomasa y el mejoramiento de las prácticas de producción. Éstas dinámicas generan riesgos sociales, económicos y ambientales que deben considerarse para obtener ventajas competitivas en este tipo de mercado (Douphrate et al. 2013; Calderón, 2002).

Dentro de los retos mencionados anteriormente, según Smith et al. (2013), el mayor desafío para el 2050 es la alimentación de la población mundial dentro de la agenda global. Para tal fin, se sostiene que la ganadería es relevante para este reto, el cual es complejo, multifacético y dinámico. Sin embargo, la FAO menciona que en el sector lácteo los productores de leche a pequeña escala, quienes carecen de las competencias para administrar sus explotaciones como empresas; tienen un acceso limitado a servicios como los de salud animal, mejoramiento genético, formación y crédito; tienen poco o ningún capital para invertir, y se ven obstaculizados por el reducido tamaño de sus rebaños, los bajos rendimientos lecheros y la mala calidad de la leche. Lo anterior genera barreras difíciles de superar para lograr el objetivo de la seguridad alimentaria.

De acuerdo a lo anterior, Coopriider et al. (2011), la agricultura sostenible podría permitir un equilibrio entre producción, componentes ambientales y sociales. Adicionalmente, de acuerdo a la FAO (2009) la ganadería representa el 40% de la producción agrícola global, genera empleo para 1300 millones de personas y el sustento de miles de millones de pequeños productores en el mundo. De tal manera, que es pertinente e importante conocer la realidad regional o de país para mejorar los impactos positivos de la sostenibilidad en la ganadería y que a su vez sean un punto de partida para otras investigaciones dirigidas hacia otros sectores agropecuarios.

A nivel mundial, el país más representativo es Nueva Zelanda en lo relacionado a productividad y comercialización de productos lácteos, pues representa el 35% del comercio mundial de productos lácteos, exportando el 95% de todos sus productos, respaldan su liderazgo global. Lo anterior ha sido posible a razón de un eficiente sistema de agricultura basado en el manejo de praderas, maquinarias procesadoras de gran escala e importantes inversiones en investigación y desarrollo, además de un eficiente y creativo programa de mercadeo. Además, desde el año 2000, aproximadamente, han incursionado en la producción orgánica, constituyéndose, en un sector de rápido crecimiento de la industria lechera (Hartwich y Negro, 2010).

A nivel latinoamericano, Brasil representa el 4,8% de la producción mundial. En los últimos años, se ha constituido en un importante exportador, superando el volumen de las importaciones (Doupbrate, 2013). Pero estos niveles de producción han afectado las dimensiones ambientales y sociales. Según la FAO (2008), menciona que la deforestación en la Amazonía brasileña responde a la interacción compleja de múltiples agentes causales directos e indirectos tales como la minería, la explotación maderera, los subsidios a la ganadería extensiva, las inversiones en infraestructura, los problemas de tenencia de tierras, el deficiente cumplimiento de la ley y los elevados precios de los granos y la carne.

Colombia es el cuarto productor de leche a nivel de Latinoamérica y el Caribe, después de Brasil, Argentina y México. El sector lácteo en nuestro país presenta problemáticas tales como: elevados costos de producción, asimetrías en el margen de rentabilidad entre eslabones de la cadena, carencia de integración vertical, estacionalidad en la producción láctea, entre otras (Jaramillo y Areiza, 2012). Al respecto, en el documento Conpes (2010), se abordan estrategias para

consolidar la competitividad del sector tanto a nivel nacional como internacional, dentro de las que se mencionan la disminución de los costos de producción del eslabón primario de la cadena; la promoción de esquemas asociativos y de integración horizontal y vertical en las zonas productoras; el aumento de la competitividad de la cadena láctea a través del desarrollo de conglomerados productivos; la ampliación y abastecimiento de los mercados interno y externo con productos lácteos de calidad a precios competitivos y; el fortalecimiento de la gestión institucional del sector lácteo.

Sin embargo, de acuerdo a lo anterior, en la actualidad aún no se han implementado dichas estrategias eficazmente. Por el contrario, como lo expresa Lafaurie (2015), las afectaciones por los Tratados de Libre Comercio, los altos costos de producción, entre otros puntos neurálgicos; siguen afectando de manera negativa a los ganaderos colombianos. Otro aspecto que impide mejorar la situación del sector, es la informalidad, en razón a la distorsión que ocasiona en el comportamiento del precio pagado al productor, en la medida en que sólo los agentes formales e industriales son los que tienen la obligación de reportar el precio pagado, y ceñirse a la regulación establecida en la Resolución 017 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural (Jaramillo y Areiza, 2012). Al respecto, Fedegan (2013), advierte que de 6.400 millones de litros producidos solo 2.900 millones son procesados por la industria, es decir, el 45%. El resto hace parte del mercado informal.

Sumado a lo anterior, la ganadería bovina en Colombia genera, además, impactos ambientales negativos que dificultan el desarrollo sostenible del sector. Esta actividad ocupa la mayor parte de las tierras explotadas del país y desarrolla actividades, como la tala y la quema de bosques, la deposición de residuos orgánicos e inorgánicos en el agua y en el suelo, la emisión de gases, entre otros aspectos, que generan impactos de especial consideración sobre los recursos

naturales y el medio ambiente, lo que puede conllevar a desequilibrios naturales de considerable importancia (Mahecha et al., 2002). De tal manera, que se hace necesario abordar estos aspectos desde la dimensión económica, social y ambiental para propender por un desarrollo sostenible que beneficie a los actores del eslabón primario y a su vez generen efectos positivos sobre el resto de la cadena láctea. Al respecto Molina et al. (2014), destaca que la eficiencia en la gestión de las cabezas de ganado y utilización racional de la tierra podría aumentar la conservación de suelos y estimular la rentabilidad de la explotación agrícola, relacionándose a su vez, con el bienestar social en las zonas rurales.

En el ámbito local, y para el caso de estudio, según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2008), Cundinamarca es el departamento con mayor producción de leche, seguido de Antioquia y Boyacá (15.6%, 15.1% y 8.7% respectivamente). La economía del departamento gira entorno a la actividad industrial, actividades agrícolas y pecuarias, y la manufactura. La contribución al PIB nacional en el 2010 fue de 0,31%; durante el 2011 presentó un crecimiento del 0,34%; pero, en el 2012 sólo contribuyó con 0,11%. Sin embargo, la forma convencional y tradicional de la ganadería genera un desbalance en los ecosistemas por la utilización de prácticas inadecuadas como talas, quemas, monocultivos, uso indiscriminado de plaguicidas y desecación de los humedales, entre otras. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, - MAVDT-, 2009).

Al respecto, a nivel local, se vienen desarrollando esfuerzos que buscan que en la ganadería se tenga en cuenta el aprovechamiento de los recursos naturales. En este contexto, aprendices del SENA del Tecnólogo en Producción Ganadera del Centro de Biotecnología Agropecuaria de Mosquera, obtienen conocimientos y experiencia en técnicas ecológicas para la producción ganadera sostenible como el silvopastoreo. El propósito de los jóvenes que se forman en este tema es poder replicar sus conocimientos y formular proyectos productivos para sus regiones en

la ganadería sostenible. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, se hace pertinente abordar la problemática desde la interrelación de las dimensiones ambientales, económicas y sociales; y de esta manera, conocer mejor la dinámica compleja del sector, en la región objeto de estudio, con el fin de diseñar políticas que contribuyan al mejoramiento de toda la cadena láctea.

Por lo expuesto anteriormente este estudio busca responder los siguientes interrogantes:

¿La evaluación del riesgo socioeconómico e impacto de la sostenibilidad de la formalización en la región objeto de estudio, permite fortalecer las estrategias enfocadas a mejorar la productividad y competitividad del eslabón primario? y en particular ¿Cuáles son las diferencias en las actividades formales e informales de los hatos? ¿Cuáles son las variables tecnológicas que tienen influencia en la sostenibilidad en el eslabón primario? ¿Cuáles son las variables que permitirían evaluar el riesgo socioeconómico del eslabón primario? ¿Cuáles son las variables que permitirían hacer una evaluación de sostenibilidad en el eslabón primario? ¿Cuáles son los aspectos ambientales en el eslabón primario que inciden sobre la sostenibilidad? ¿Cuáles son los impactos de la implementación de las políticas en el eslabón primario?

1.2 Objetivos

Objetivo General

Evaluar el riesgo socioeconómico e impacto en la sostenibilidad de la formalización del eslabón primario de la cadena láctea en Cundinamarca.

Objetivos específicos

1. Caracterizar socioeconómicamente las fincas ganaderas formales e informales del sector lácteo en la región de Cundinamarca, en cuanto a su productividad.
2. Determinar las variables que permiten hacer una evaluación del riesgo socioeconómico en el eslabón primario.
3. Determinar las variables que permiten hacer una evaluación de sostenibilidad en el eslabón primario.
4. Modelar la sostenibilidad y el riesgo socioeconómico a través de dinámica de sistemas.
5. Determinar el impacto de los factores de variación de la productividad en el sector primario y su influencia a través de diferentes escenarios de sensibilidad.

1.3 Metodología

La metodología propuesta en esta investigación es de tipo exploratoria, donde el objetivo primordial es facilitar la comprensión del problema que se enfrenta. Lo anterior se fundamenta en la búsqueda de antecedentes donde se demuestra que la evaluación del riesgo socioeconómico e impacto en la sostenibilidad de la formalización del eslabón primario de la cadena láctea no ha sido estudiada a través del uso de modelos de dinámica de sistemas. En particular los métodos a usar en este proyecto son del tipo cuantitativo y cualitativo como se describe en las siguientes fases metodológicas:

Fase 1- Recolección de información: en esta fase se da cumplimiento a los tres primeros objetivos específicos y se utiliza los siguientes instrumentos para la recolección de información:

1. Análisis de literatura: Se revisó de forma detallada artículos científicos sobre el tema de interés, publicados en bases de datos como: Elsevier (Scopus), Science Direct, Google Scholar h-index, Ebsco, entre otras bases de datos mundiales, regionales o nacionales. La intención de esta revisión fue conocer las características del eslabón primario a nivel mundial, regional, nacional y local, a través de la búsqueda de los siguientes temas: economía formal e informal; riesgo socioeconómico e impacto en la sostenibilidad; variables tecnológicas que tienen influencia sobre la sostenibilidad; variables ambientales que influyen sobre la sostenibilidad; políticas implementadas; y casos de estudio sobre la aplicación de dinámica de sistemas en el sector lácteo.

2. Entrevistas semiestructuradas: Para este paso, se realizaron entrevistas aplicadas a gremios del sector lácteo como Fedegan, Fundagan, Unaga, Asocebu, Asobrangus, entre otras. De otra parte, también se contempla realizar entrevistas a ganaderos de la región de Cundinamarca, de acuerdo a una muestra conveniente dado que es un estudio exploratorio. Lo anterior, tuvo como propósito contrastar la información analizada de la revisión de literatura con la realidad de la región y determinar los aspectos que se deben tener en cuenta y ser incluidos en el modelo en la evaluación del riesgo socioeconómico y el impacto en la sostenibilidad de la formación del eslabón primario.

Fase 2- Modelamiento y Sensibilidad: Para el modelamiento se tomaron las variables relacionadas en cada una de las dimensiones de la siguiente manera: en la dimensión ambiental el forraje disponible, las emisiones de gases efecto invernadero generadas por los animales y la capacidad de carga; en la dimensión económica los excedentes, ingresos, productividad, costos, posibilidades de inversión; en la dimensión social el nivel de pobreza, nivel de educación y asociatividad; y finalmente en la dimensión tecnológica los ordeños mecánicos.

Las variables mencionadas anteriormente, se analizaron a través de dinámica de sistemas que permitió la construcción del modelo tras un análisis cuidadoso de los elementos del sistema. Este análisis permite extraer la lógica interna del modelo, y con ello determinar un conocimiento de la evolución a largo plazo del sistema.

Finalmente, a través de análisis de sensibilidad se analizó cómo se comportará el sistema frente a la implementación de diferentes políticas que buscarán fortalecer las estrategias tendientes a mejorar la sostenibilidad en el eslabón primario de la cadena láctea.

Descripción de los artículos de investigación

La cadena láctea en Colombia consiste en un sistema complejo de cuatro eslabones, donde el producto básico es la producción de leche, proveniente del ganado bovino de sistemas especializados o de doble propósito (Mojica et al. 2007). Al fundamentarse como un sistema complejo, surge la posibilidad de estudiarlo través de la metodología de dinámica de sistemas que permite, por un lado, comprender las diferentes interrelaciones entre los elementos que lo conforman y, de otro, observar la reacción del sistema a una medida tomada.

De tal manera que en esta investigación, inicialmente, se emplea dinámica de sistemas con el fin de evaluar los escenarios de productividad en los diferentes eslabones del sector lácteo y, posteriormente, se estudia específicamente el eslabón primario. Esto a razón de comprender primero la complejidad del sistema de manera general y después entrar a estudiar específicamente uno de sus eslabones. La aproximación que se genera en cada uno de los artículos permite aportar soluciones a los estudios que se han realizado en los sistemas de producción ganadera en Colombia, encaminados a la búsqueda de factores que en el mediano plazo podrían lograr aumentar la productividad bovina y contribuir al desarrollo sostenible del sector lácteo.

El modelo permite comprender la ganadería como una actividad dinámica e integrada en donde se muestra la interacción de los eslabones de la cadena láctea. Mostrando una visión sistémica para acercarse a una comprensión de dicha cadena productiva. En el primer artículo se concluye que los mayores cambios en la productividad se evidencian en la sinergia de diferentes escenarios, explicados más adelante, cuando se interviene en toda la cadena con modificaciones tanto en demanda como en la oferta. Y en el segundo se concluye, por un lado que la variación en los niveles de productividad sugieren un suministro

de suplementos y manejo de pastos y forrajes, que otorguen eficiencia en la alimentación del hato para mitigar las emisiones de gases efecto invernadero generadas por la fermentación entérica, causante principal de las emisiones en la región de Cundinamarca y, de otro lado, que las condiciones de informalidad de los pequeños productores dificulta la obtención de ingresos suficientes para mejorar sus condiciones socioeconómicas y su sistema productivo doble propósito en lo concerniente a los factores de productividad estudiados.

Evaluación de Escenarios de Productividad en los Diferentes Eslabones del Sector Lácteo en Cundinamarca

Darwin A Baquero¹; Luz Angélica Rodríguez Bello¹, MSc; Enrique Estupiñán Escalante², MSc;

¹Grupo CIMSER, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Decanatura de Ingeniería Industrial, Bogotá, Colombia.

²Grupo ECITRONICA, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Decanatura de Ingeniería Electrónica, Bogotá, Colombia.

Resumen

Antecedentes: A nivel nacional la cadena de suministro del sector lácteo tiene costos de producción elevados, los ganaderos poseen bajo poder de negociación, gran informalidad, lo que pone de manifiesto la poca integración de la misma. De otro lado, la demanda de productos lácteos per cápita es menor al promedio mundial, siendo la leche pasteurizada, quesos, leche en polvo y leches ácidas, los principales productos a nivel industrial; esto contrastado con la producción artesanal de leche cruda, quesos y leche ácida. **Objetivo:** Modelar la cadena láctea en la región de Cundinamarca a través de la dinámica de sistemas evaluando diferentes escenarios de mejora. **Métodos:** El modelo en dinámica de sistemas se ajusta a los parámetros de producción, cabezas de ganado productivas y demanda de la población. La validación del modelo se ajusta a los datos de referencia. El modelo se validó en condiciones extremas teniendo respuestas razonables. Se evalúan escenarios, en donde se evidencia la variación de la producción de leche primaria e industrial, la comercialización de lácteos y el consumo de los mismos **Resultados:** Se observó que al combinar la implementación de ordeño automatizado, buenas prácticas y aumento en el consumo lácteo en 25% por persona, se obtienen mejores resultados en los eslabones de la cadena láctea. **Conclusiones:** Los mayores cambios en la productividad se evidencian en la sinergia de diferentes escenarios, cuando se interviene en toda la cadena con modificaciones tanto en demanda como en la oferta.

Keywords— *dinámica de sistemas, productividad bovina, productos lácteos, ordeño automatizado*

Introducción

En Colombia el 67% de las unidades productoras de leche poseen hatos con menos de 8 vacas, caracterizadas por un bajo nivel de productividad (CCI 2013). Esto podría explicarse por la utilización de prácticas ganaderas tradicionales que plantean un desafío para la inocuidad del producto, la salud y la producción animal (Guerrero et al. 2011; Tovar, Velásquez, and Triana 2011)

Estos desafíos han sido estudiados por diversos autores analizando diferentes factores que influyen en la productividad láctea. La alimentación del ganado, es el aspecto más importante cuando la capacidad económica del ganadero es baja y, por el contrario cuando es alta, la relevancia se concentra en el manejo de praderas, reproducción y genética (Cortés, Cotes, and Cotes 2011). También se encuentra evidencia de estudios que analizan la ingesta de almidón y su uso racional en la dieta, los cuales tienen efectos positivos sobre el rendimiento y la composición de la leche, así como efecto de añadir fuentes de grasa a la dieta de hembras rumiantes lecheras (Bubis 2010; Gómez, Posada, and Olivera 2016; Valero et al. 2016). Sumado a lo anterior, es necesario considerar las buenas prácticas ganaderas de ordeño, puesto que situaciones como las fluctuaciones inadecuadas de vacío en la punta del pezón influyen en la calidad de la leche, esto debido a que el mal funcionamiento del equipo de ordeño facilita la presentación de mastitis. Esta última situación, también tiene incidencia en la calidad microbiológica de la leche y sanidad de la ubre (García, Pulido, & Andrade R. 2011; Sastre & Casallas 2002; Suárez et al. 2016).

Esta investigación emplea la metodología de dinámica de sistemas, con el fin de evaluar los escenarios de productividad en los diferentes eslabones del sector lácteo. Busca aportar soluciones a los estudios que se han realizado en los sistemas de producción ganadera en Colombia, encaminados a la búsqueda de alternativas tecnológicas, que en el mediano plazo, podrían lograr aumentar la productividad bovina, basados en programas de retención, selección, mejoramiento y prácticas

escenarios de productividad se aplicó al departamento de Cundinamarca, el cual constituye una de las cuencas más grandes de Colombia (CCI 2006), del cual se tiene acceso a la información por parte del grupo de investigación.

Métodos y Materiales

Los diferentes eslabones de la cadena tienen características específicas que se describen con el objeto de determinar la relación de causalidad entre las diferentes variables, para luego modelarlo en dinámica de sistemas. El *eslabón primario o ganadero* de la cadena lechera en Cundinamarca cuenta con 918.460 cabezas, de las cuales el 60.1% son hembras. De la totalidad de vacas el 50% son para producción exclusiva de carne y el otro 50% es para producción de leche, siendo el 38% de doble propósito y el restante 12% para la producción exclusiva de leche. La producción de leche proviene de ganado de doble propósito (40%) y producción exclusiva de leche (60%). Los litros producidos anuales son 960 millones (CCI 2013), que corresponden a datos para 2010, año base del modelo de simulación.

En el *eslabón industrial*, la industria procesa el 66% de la leche primaria producida, recibe leche de acopio formal y leche que recibe directamente de los ganaderos. El 23% va a la industrial artesanal. El resto de leche se destina para otros usos, los cuales incluye la leche que se procesa en finca, el autoconsumo y venta a vecinos (CCI 2013; Moya 2013a). La producción industrial es variada siendo los principales productos: la leche líquida (la cual incluye leche pasteurizada, ultra-pasteurizada y UTH - ultra-high temperature), leche en polvo, quesos, leches ácidas (yogures, kumis) y mantequilla. Se estableció un porcentaje general de participación de estos productos en la producción industrial, pero realmente cada industria tiene un comportamiento específico de acuerdo al mercado que atiende, como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1. Participación productos industriales.

Producción Industrial	Participación (%)
Leche (pasteurizada, ultra-pasterizada y UTH)	49
Leche polvo	16
Quesos	19
Leches ácidas	13
Mantequilla	2
Leche concentrada	1

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio (SIC, 2012).

A nivel artesanal, se vende leche cruda, leches ácidas y queso. El principal diferenciador entre el nivel artesanal y la industria, es el precio, siendo el queso, el producto que deja una margen de ganancia mayor. La producción nacional se ve complementada por las importaciones, que en su gran mayoría es: leche en polvo (53%), leches ácidas (36%), quesos (6%) y en cantidades menores leche líquida y leche concentrada (FEDEGAN 2009).

De otro lado, para producir los diferentes productos se utiliza como insumo principal la leche, pero en diferentes proporciones como se muestra en la Tabla 2, cabe anotar que cada industria puede tener eficiencias diferentes.

Tabla 2. Cantidad de leche entera para producir otros productos lácteos.

Para producir	Cantidad leche entera
Queso (1kg)	7 litros
Yogurt (100g)	1,25 litros
Leche polvo (1kg)	8,3 Kg
Mantequilla (1kg)	22 litros
Leche concentrada (1 kg)	0,5 litros

Fuente: (Anon n.d.; Belloin 1988; Corporación Colombia Internacional 2013; Lait n.d.; Statista 2017)

En el *eslabón de comercialización*, se usan diferentes canales como son: los minoristas, mayoristas, puntos directos, y canal institucional. Los minoristas son los más relevantes para la comercialización de leche líquida y ácida, pero son los mayoristas los que dominan el mercado de leche en polvo, y leche concentrada y así mismo estos dos canales son los que se distribuyen la comercialización del

queso y la leche descremada y mantequilla como se observa en la Tabla 3. Los puntos directos ofrecen ventajas al consumidor por los descuentos que otorgan, así como los canales institucionales que tienen precios favorables, porque llegan directo al cliente sin intermediarios, pero movilizan poco producto en comparación a los otros canales.

Tabla 3. Distribución de productos lácteos por los diferentes canales

Producto/Canal	Mayoristas	Minoristas	Puntos Directos	Canal institucional
Leche líquida (%)	12.5	81.5	1.0	5.0
Leche ácida (%)	20.1	79.0	0.5	0.4
Leche en polvo (%)	74.0	25.0	0.1	1.0
Leche concentrada (%)	75.0	24.0	0.1	1.0
Queso (%)	53.0	42.0	4.0	1.0
Leche descremada y mantequilla (%)	53.0	42.0	4.0	1.0

Parte de la comercialización son las exportaciones. Colombia ha alcanzado una participación importante en la región y comercializa principalmente a países como Estados Unidos, Aruba y otros en Centro América. Los productos que se exportan son: quesos (46%), leche en polvo (16%), leche ácida (16%), leche líquida (14%), mantequilla (6%) y leche concentrada (3%) (Anon 2013; Dinero 2015; Federación Nacional de Ganaderos 2009; Forero 2015; Grupo éxito 2013). El *eslabón consumo*, de leche en Colombia, es inferior al promedio determinado por la FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations, pues en promedio el colombiano consume 141 litros/persona/año, mientras a nivel internacional se ha fijado una ingesta promedio de 170 litros/persona/año (FAO 2013).

En Colombia, los diferentes estratos socioeconómicos tiene acceso a la ingesta de productos lácteos, de acuerdo a sus condiciones socioeconómicas, por lo que el consumo en litros por persona año es diferenciado como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Consumo de productos lácteos por estrato socioeconómico (Moya 2013a)

Estrato	Producto lácteo que consume	Cantidad (L/persona/año)
Bajo	leche cruda	38
Medio	leche entera, queso, bebidas lácteas	89
Alto	Productos especializados y leches enriquecidas	179

Fuente: Moya (2013)

La cuenca de Cundinamarca abastece la población de Cundinamarca y Bogotá, la cual asciende a 2.477.036 y 7.363.782 respectivamente para 2010, año de inicio de simulación (Secretaría Distrital de Planeación 2011a, 2011b).

De otro lado, el sector lácteo tiene tendencias específicas, en Colombia, por ejemplo la ingesta se produce en su gran mayoría por niños y por eso la demanda tiende a ser estacional con mayor solicitud en temporada escolar (Moya 2013a). A nivel general y especialmente a nivel internacional, el factor determinante en el consumo es la condición socioeconómica, seguido por la preocupación de incorporar en la dieta más productos lácteos, donde el consumidor evalúa las condiciones nutricionales y de salud en su proceso de selección de productos a ingerir. Así mismo, se ve expuesto a una oferta más rica de diferentes marcas influenciada por las políticas de mercado y la urbanización (Departamento Nacional de Planeación (DNP) 2004).

Modelo de flujo de leche

Desde una mirada general, la cadena de abastecimiento del sector lácteo (CASL) está compuesta por los 4 eslabones, descritos anteriormente, los cuales se pueden representar por un diagrama causal como se muestra en la Figura 1.

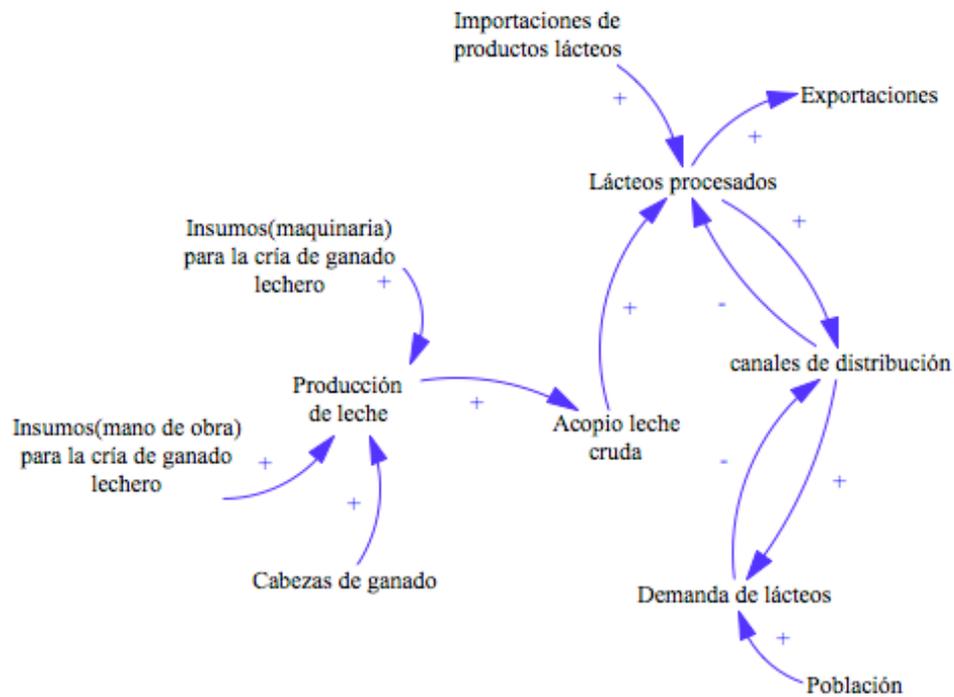


Figura 1. Diagrama Causal General del Flujo de Leche.

El eslabón primario o sector ganadero es el encargado de producir la leche cruda, ya sea en fincas con vacas especializadas en la producción de leche o en fincas con vacas de doble propósito, para luego ser acopiada. Para su caracterización se estudia la cantidad de leche producida, que depende del número de cabezas de ganado (especializado o doble propósito) y la disponibilidad de los insumos para su cría (alimentos, mano de obra y maquinaria). La leche producida en este eslabón es enviada a los centros de acopio para después suministrársela a la industria lechera. En la Figura 3 se presenta el diagrama de flujos general de este eslabón.

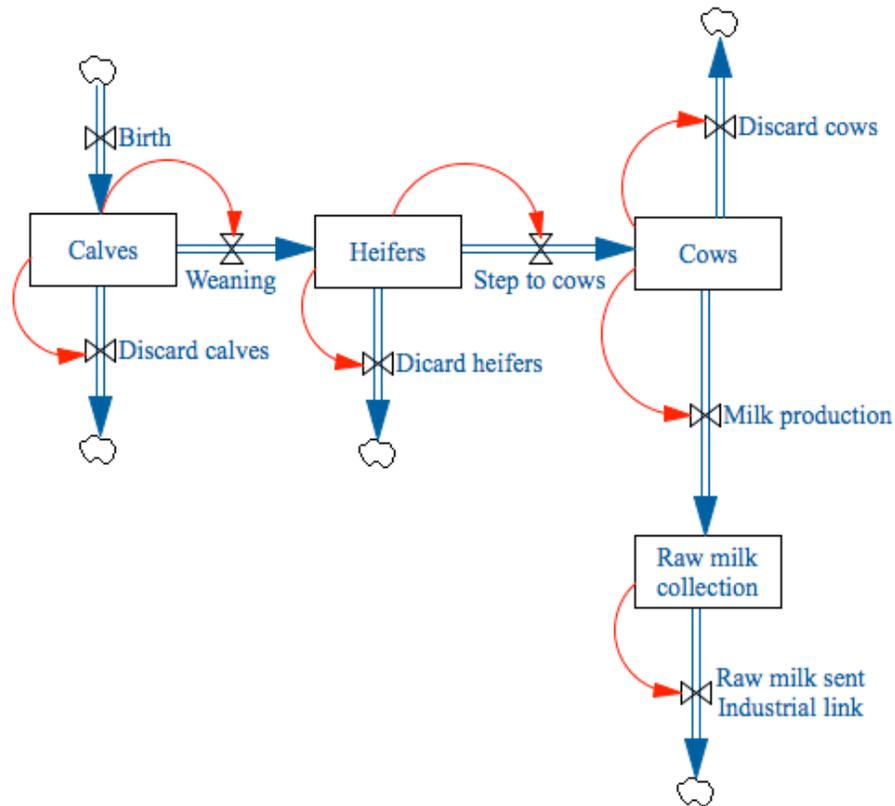


Figura 3. Diagrama de Flujos del Eslabón Primario

El eslabón de producción industrial de lácteos tiene gran variedad de productos lácteos, pero en este estudio se considerarán los siguientes: leche líquida, leche ácida, leche en polvo, leche concentrada, queso y mantequilla. La variable de estudio en este eslabón es la producción industrial de cada uno de los productos antes mencionados (lácteos procesados), que se ve afectada por la leche enviada desde el sector primario para procesamiento y que a su vez determina los productos enviados a comercialización en los mercados nacionales e internacionales. Además, el mercado recibe importación de productos lácteos procesados. En la Figura 4 se presenta este eslabón.

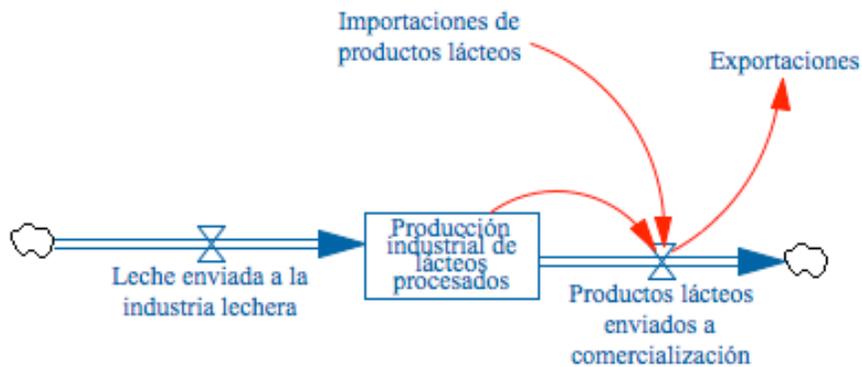


Figura 4. Diagrama de Flujos del Eslabón Producción Industrial de Lácteos

El eslabón de comercialización de leche contempla 4 canales de distribución: mayoristas, minoristas, puntos directos de venta y canal institucional. La variable a analizar es la cantidad de productos lácteos distribuidos por cada uno de estos canales, que es afectada por los productos lácteos enviados del eslabón de producción industrial para el mercado nacional y además ayuda a determinar los productos lácteos enviados al eslabón de consumo. En la Figura 5, se presenta este eslabón.

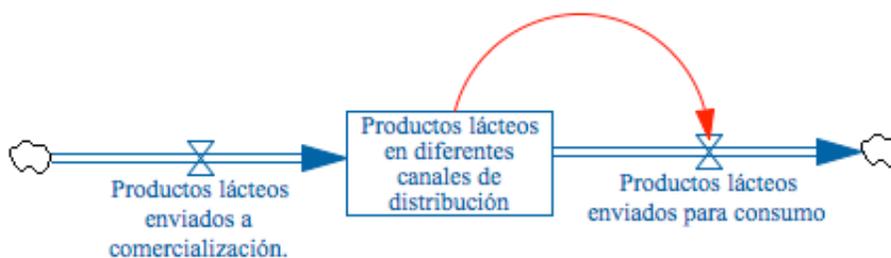


Figura 5. Diagrama de Flujos del Eslabón Comercialización

Finalmente, encontramos el eslabón del consumo de lácteos. En éste, la variable de mayor interés es la cantidad de productos lácteos para consumo que provienen del eslabón de comercialización y que ayudan a determinar la demanda de lácteos por la población analizada. En la Figura 6, se presenta este eslabón.

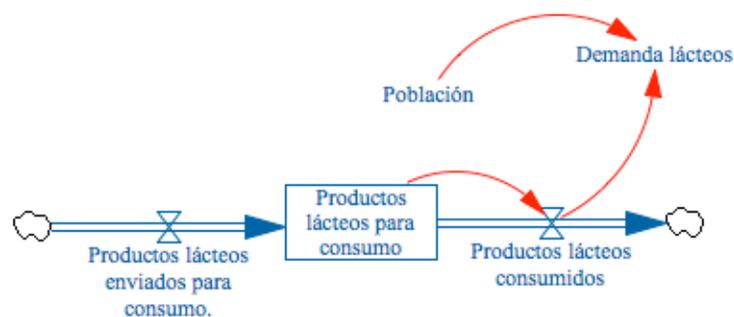


Figura 6. Diagrama de Flujos del Eslabón Consumo Final de Lácteos

Validación del modelo

Se realizan validaciones de las variables: cantidad de vacas, producción de leche primaria y población de habitantes anual; y se toma como referencia para las dos primeras estimaciones los datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) para la cuenca lechera de Cundinamarca. Para la última, las estadísticas de la gobernación de Cundinamarca (Dinero 2015). Las Tablas 5, 6 y 7 muestran las diferencias en porcentaje de la información arrojada por el modelo con respecto a las referencias.

Tabla 5. Comparación cantidad de vacas orientación doble propósito.

Año	Cantidad vacas ENA	Cantidad vacas Modelo	Variación (%)
2010	330992	278106	-16
2011	387634	312759	-19
2012	203987	339922	67
2013	298025	360929	-21
2014	379121	376960	-1
2015	341242	389052	-14
2016	384957	398104	3
		Variación promedio	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Comparación cantidad de vacas orientación Leche.

Año	Cantidad vacas ENA	Cantidad vacas Modelo	Variación (%)
2010	374049	340508	-9
2011	355015	346219	-2
2012	272126	352762	30
2013	489734	361631	-26
2014	505635	373218	-26
2015	454434	387588	-15
2016	446428	404732	-9
		Variación promedio	-8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Comparación producción de leche primaria por año.

Año	Producción Leche ENA	Producción Leche Modelo	Variación (%)
2010	967337965	915461000	-5
2011	770076427	966066000	25
2012	880689520	987839000	12
2013	98993761	1005760000	916
2014	1877638305	1023240000	-46
2015	905718665	1041150000	15
2016	989370030	1060270000	7
		Variación promedio	132

Fuente: Elaboración propia

La diferencia promedio presentada en la Tabla 7 se explica porque las cifras suministradas por la ENA registran variaciones por los cambios climáticos presentados entre los años 2010 y 2013 que afectaron la producción láctea (Moya 2013b). En la Figura 7 puede apreciarse gráficamente los valores que generan una mayor incidencia en la tendencia de la producción según los datos de la referencia mencionada y además se aprecia una línea de tendencia creciente de esta variable.

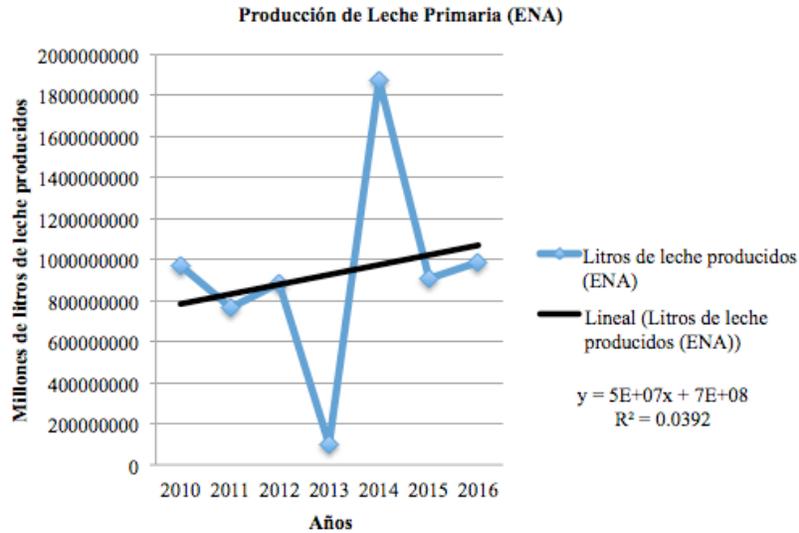


Figura 7. Producción láctea.

Fuente: Elaboración propia con datos de ENA.

De acuerdo a lo anterior, se realizó un ajuste de los valores de referencia, ver Figura 8, para analizar una tendencia creciente interpolando los valores de los años atípicos. En la Tabla 8 se muestra un mejor ajuste del modelo a una tendencia en aumento de la producción láctea.

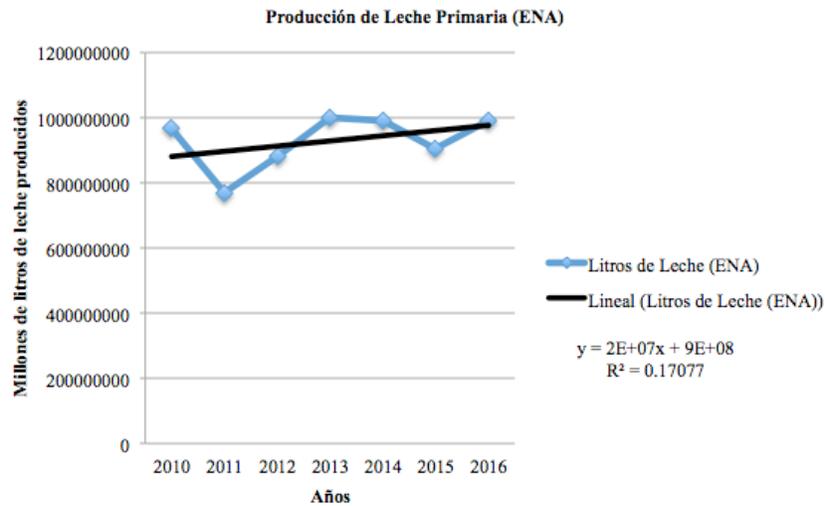


Figura 8. Ajuste valores atípicos de la Producción de Leche Primaria (ENA)

Fuente: Elaboración Propia con datos de ENA

Tabla 8. Comparación producción de leche primaria por año con ajuste de valores atípicos.

Año	Producción Leche ENA	Producción Leche Modelo	Variación (%)
2010	967337965	915461000	-5
2011	770076427	966066000	25
2012	880689520	987839000	12
2013	998000000	1005760000	1
2014	999000000	1023240000	2
2015	905718665	1041150000	15
2016	989370030	1060270000	7
		Variación promedio	8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Comparación población por año

Año	Población Cundinamarca	Población Modelo	Variación (%)
2010	9.840.818	9.981.384	1,43
2011	9.985.019	10.123.967	1,39
2012	10.128.968	10.268.597	1,38

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la población en Cundinamarca, ver Tabla 9, la cual incluye Bogotá, el modelo presenta una variación del 1.4% por encima de la estimación de la gobernación de Cundinamarca. Las variaciones pueden tener relación con errores en la estimación y con variables adicionales que se incluyen en el modelo.

Se valida el modelo usando un caso extremo cuando la producción de leche primaria es 0 y se obtienen los resultados de la Tabla 10, donde todas las variaciones se vuelven negativas, siendo este un resultado coherente a lo esperado, puesto que el eslabón industrial tiene reservas para la producción representadas en leche en polvo, que lo hace menos vulnerable a variaciones del eslabón primario. Sin embargo en el lapso de un año reducen su producción casi en un 40%, al igual que el eslabón de comercialización.

Tabla 10. Validación con caso extremo

Consideración	Variación promedio en producción de leche primaria (%)	Variación promedio en producción industrial (%)	Variación promedio en la comercialización de lácteos (%)
Producción de leche primaria 0%	-100.00	-39	-37

Obtener la información de producción industrial de cada uno de los productos en los que se agrupan los lácteos conlleva dificultades, como el hecho que las industrias revelan la información en unidades monetarias, más no en unidades de flujo físico de material (Kg, Ton), que es el foco de este modelo. Por otra parte, diversas fuentes divulgan estudios de la cadena láctea, pero la información registrada no es periódica, lo que imposibilita realizar comparaciones continuas. Finalmente, muchos de estos estudios tiene como objetivo predecir cuál será la producción en uno o varios años y son contratados por una asociación o grupo de empresas lo que puede influencia la objetividad del documento. Dentro de la revisión bibliográfica se encontraron dos estudios (Canadean, 2016; BMI Research, 2014), que permiten realizar una comparación, pero que infortunadamente tiene discrepancias grandes, por lo cual no se puede validar el modelo con valores sobre los cuales se tiene una incertidumbre alta.

Resultados

La producción en litros de leche, como se observa en la Figura 9, presentó un comportamiento creciente tomando un valor de 1.06e+09 litros en el año 10. Este dato inicial fue estimado a partir de la productividad por día/vaca y cabezas productivas. Asoleche realizó mediciones en una finca y este valor fue extrapolado a todos productores primarios (ASOLECHE, 2016a).

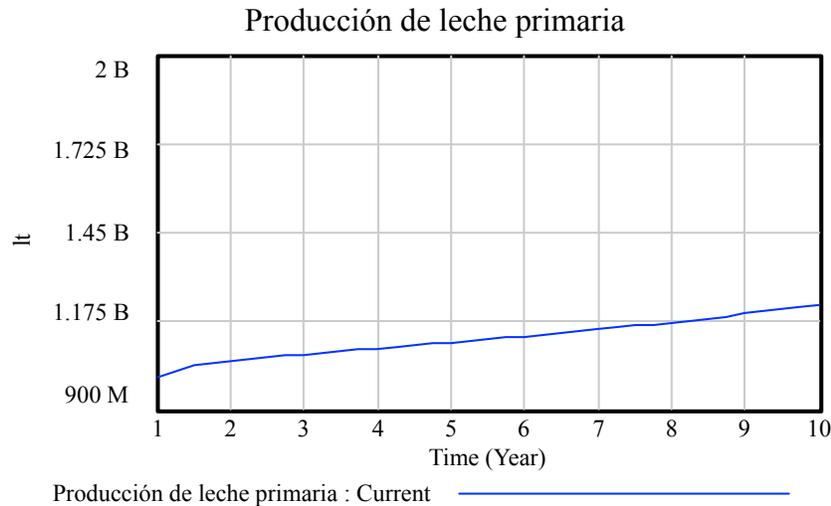


Figura 9. Producción de leche Primaria.

Para el segundo eslabón se observaron dos comportamientos distintos, que agrupan las variables de acuerdo a su demanda. El primer grupo está formado por las leches líquidas, las ácidas y la leche en polvo, ver Figura 10, correspondiente a los productos más importantes de la cadena y cuya producción muestra una tendencia creciente. El segundo grupo incluye quesos, leche concentrada y mantequilla, ver Figura 11. La mantequilla presenta un crecimiento constante sostenido, mientras que la leche concentrada tiene una tendencia de crecimiento mayor. El comportamiento de la variable de los quesos está asociada con la disminución de la tasa de crecimiento observada en la producción de la leche líquida, que limita el uso de este recurso para la producción de los quesos, luego del tercer año tiene una tendencia creciente y se acerca al tipo de curva de la leche concentrada después del quinto año. La mantequilla y las leches concentradas tienen participación en mercados como la gastronomía, la repostería y en menor porcentaje en las exportaciones, lo que contribuye a que las variables hayan crecido constantemente. Por otra parte, dado el cambio grande entre el primer y segundo año, en casi todas las variables, se supone que los valores iniciales están subestimados por los estudios de mercado asociados (CCI 2013; J. A. Moya 2013).

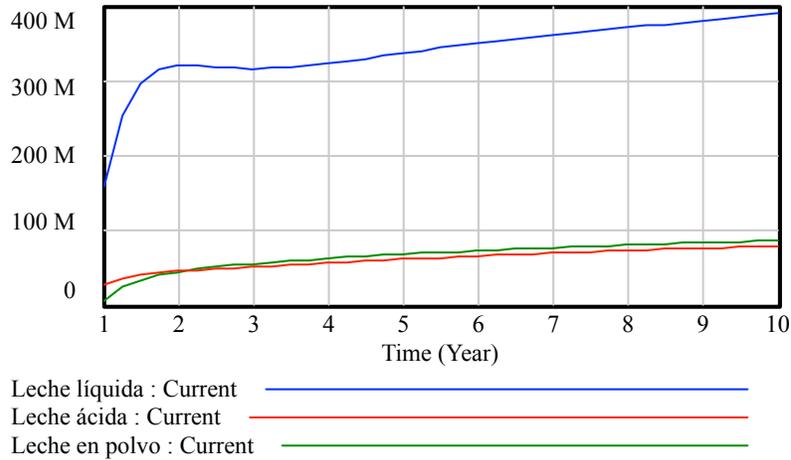


Figura 10. Producción Leche Líquida, Leche Ácida y Leche en Polvo

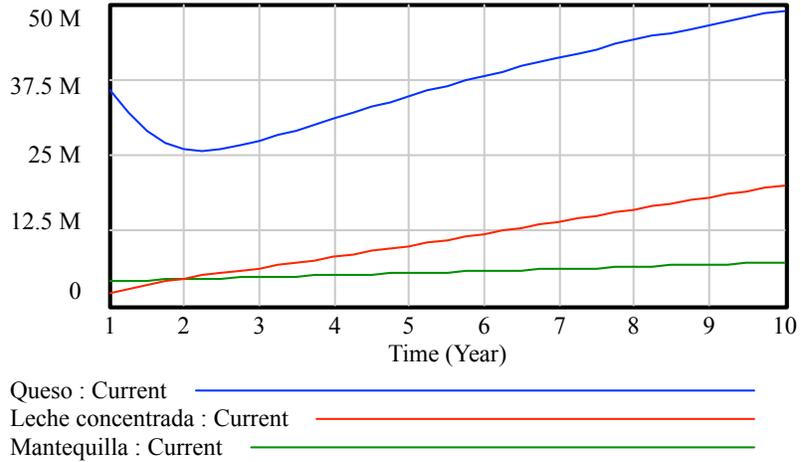


Figura 11. Producción Quesos, Leche Concentrada y Mantequilla.

En la Figura 12 se muestra la producción artesanal de lácteos, donde se incluyó la leche cruda, los quesos y las leches ácidas artesanales. En este caso se comportaron de forma decreciente con una pequeña diferencia en el caso de la leche ácida artesanal, en la que se presentan cambios en la concavidad de la curva que estarían asociados con la producción industrial de lácteos, esto es a donde se destina la leche primaria que ya no se usa en la producción artesanal. El primer cambio se observó entre el primer y segundo año, que corresponde a la oscilación del queso industrial y el segundo cambio se observa después del tercer año, en el que ocurrieron los picos de las curvas de leche líquida industrial, leche en polvo y leche ácida industrial. La leche ácida artesanal y los quesos artesanales tuvieron una tendencia a $2.07212e+07$ y $2.5662e+07$ kg respectivamente. En resumen, los lácteos artesanales tuvieron una tendencia a disminuir, mientras los lácteos industriales aumentaron desde su nivel inicial.

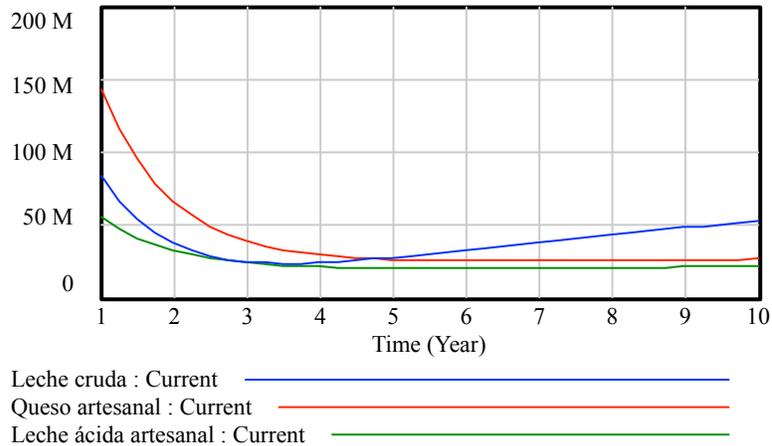


Figura 12. Productos Lácteos Artesanales

Los resultados del tercer eslabón, ver Figura 13, muestran que los puntos directos presentaron un comportamiento similar, con un crecimiento permanente. En las exportaciones, las tasas de crecimiento alcanzan un estado de crecimiento constante entre el primer y segundo año, mientras el del mayorista tiene un crecimiento constante sostenido, lo que está relacionado con la participación de la variable quesos industriales, del cual se comercializa el 53% por este canal. Los canales minorista y el institucional presentan un comportamiento muy similar, con un crecimiento rápido en los tres primeros años y luego se estabiliza.

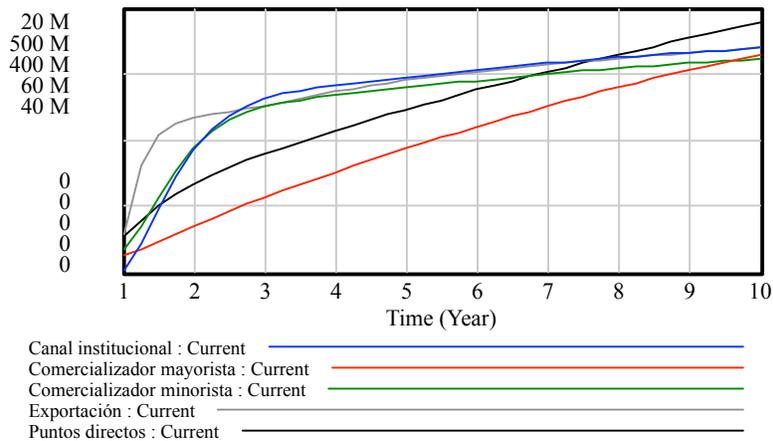


Figura 13. Canales de comercialización.

Discusión y Conclusiones

Para evaluar la sensibilidad del modelo, se evaluaron los escenarios presentados en la Tabla 11. El escenario 1 implica que el ordeño se haga de forma mecánica con máquinas de ordeño automático para aumentar la productividad de las vacas en un 25% (Statista 2017).

Tabla 11. Escenarios de evaluación

Escenario	Descripción
1	Implementación de ordeño automatizado.
2	Implementación de buenas prácticas de ordeño.
3	Implementación de ordeño automatizado y buenas prácticas.
4	Aumento en la productividad media de las vacas a 7 Litros/vaca/día
5	Formalización de canal informal de leche cruda.
6	Aumento del consumo de lácteos en 25% por persona.
7	Implementación de ordeño automatizado y buenas prácticas y aumento en el consumo de lácteos en 25% por persona.

En el escenario 2 se evalúa la capacitación de los involucrados en el ordeño con buenas prácticas que mejoraran la eficiencia del proceso como: delimitar el acceso del ganado a la sala de ordeño, amarrado y desamarrado de la vaca y, principalmente, la disminución de tiempos en el desplazamiento del ganado de la pastura al ordeño y viceversa. Lo anterior, aumenta la productividad de las vacas un 20% (Caria, Murgia, & Pazzona 2011). En el escenario 3 se modeló la automatización del ordeño y las buenas prácticas, incrementándose la producción de leche primaria, producción industrial, comercialización de lácteos y consumo de lácteos en 50, 11.22, 11.35 y 12.49% respectivamente. El escenario 4 incluye la mejora de la raza de las vacas con las que se contaban, mediante cruces o la adquisición de razas con una productividad más alta (Bejarano 2013). El escenario 5 analiza el evento que no se venda leche cruda a los consumidores, sino que se entregue a la industria. El escenario 6 contempla lo que ocurre si el consumo de lácteos estimado se incrementa en un 25%. Finalmente, en el escenario 7 combinó el escenario 3 antes mencionado y el escenario 6 que implicó un aumento en el consumo de lácteos per cápita, que afectó la cadena en la oferta y demanda a la vez, lo que arrojó una variación en los diferentes eslabones en 52, 18, 20 y 50.6% respectivamente. Esta combinación de escenarios permitió observar que este escenario era el que arrojaba mejores resultados en los diferentes eslabones.

La Tabla 12 muestra los resultados para la variación porcentual en la producción de leche primaria, producción industrial, comercialización y consumo de lácteos para los diferentes escenarios planteados.

Tabla 12. Resultado de escenarios evaluados

Escenario	Variación promedio en producción de leche primaria (%)	Variación promedio en producción industrial (%)	Variación promedio en la comercialización de lácteos (%)	Variación promedio en consumo de lácteos (%)
1	25	9.4	10.1	10.2
2	20	7.5	8.1	8.2
3	50	11.22	11.35	12.49
4	26	10.38	10.5	11.58
5	-2.27	12.80	9.57	-8.57
6	0.0	0.0	6	25
7	52	18	20	50.6

A través del modelo se puede analizar el efecto del cambio de ordeño manual a mecanizado (escenario 1) y el efecto de implementar buenas prácticas de ordeño (escenario 2). En particular, la segunda logra casi los mismos beneficios en la cadena, requiriendo menor inversión de capital, pero requiere de una política coherente y mejores instrumentos de divulgación en la región de Cundinamarca. El modelo permite comparar el efecto de invertir en equipos de ordeño mecánico, sumado a las buenas prácticas de ordeño (escenario 3) y la inversión en razas de vacas más productivas (escenario 4), obteniendo resultados equiparables, pero, la segunda implica mayor inversión y mayor tiempo para su implementación. El impacto de la eliminación de la venta de leche cruda (escenario 5) es muy reducido para toda la cadena. Cualquier recurso invertido en el control de esta actividad arrojaría mejores resultados en cualquiera de los otros escenarios. En el escenario 6, el aumento en el consumo ocasionaría una variación en los canales de comercialización, sin embargo no tiene efectos directos sobre la producción primaria de leche y el eslabón industrial. Esto podría explicarse porque la industria con los excedentes de leche primaria que transforma a leche en polvo tendría la capacidad de abastecer el incremento en un 25% en el consumo.

Se observa que los mejores resultados ocurren cuando se interviene en toda la cadena, con modificaciones tanto en demanda como en la oferta (escenario 7).

Finalmente, se hace indispensable incluir los efectos del precio de comercialización de la leche que refleje el flujo económico, de manera que la retroalimentación sea más sencilla usando parámetros convencionales de beneficios mayores o menores.

Agradecimientos

Agradecemos a la Escuela Colombiana de Ingeniería por la patrocinar este proyecto dentro de la Convocatoria interna de investigación

Referencias

- Anon. 2013. "Per Capita Consumption of Milk and Cream - Canadian Dairy Information Centre (CDIC)." Retrieved (http://www.dairyinfo.gc.ca/index_e.php?s1=dff-fcil&s2=cons&s3=conscdn&s4=consmclc&page=consmclc).
- Anon. n.d. "Condensed Sweetened Milk Amounts Converter." Retrieved (<http://convert-to.com/734/sweetened-condensed-milk-conversion-nutrition-facts.html>).
- Becerra, Alejandro et al. 2013. *Políticas Para El Desarrollo de La Agricultura En Colombia*. Bogotá D.C.
- Bejarano, Carlos. 2013. "Rediseño Del Proceso Agroindustrial de Ordeño Para El Mejoramiento de La Productividad En La Finca Gabeno Tenjo - Cundinamarca." *Pontificia Universidad Javeriana* 21.
- Belloin, J. C. 1988. *Milk and Dairy Products: Production and Processing Costs*.
- Bubis, Sydney. 2010. "Literature Review." *Communities* 69–78.
- Business Bridge. 2015. "Mooooi Dairy Opportunities for Colombia-Dutch Collaboration." 92. Retrieved (<https://www.rvo.nl/sites/default/files/mooooi-dairy-opportunities-for-colombia-dutch-collaboration.pdf>).
- Cano, Gustavo, Ana Iregui, María Ramírez, and Ana Tribín. 2016. *El desarrollo equitativo competitivo y sostenible del sector agropecuario en Colombia.pdf*.
- Caria, M., L. Murgia, and A. Pazzona. 2011. "Effects of the Working Vacuum Level on Mechanical Milking of Buffalo." *Journal of Dairy Science* 94(4):1755–61.
- Carulla, Juan E. and E. Ortega. 2016. "Sistemas de Producción Lechera En Colombia: Retos Y Oportunidades Dairy Production Systems of Colombia:

- Animal* 24(2):83–87.
- CCI. 2006. “Corporación Colombia Internacional.” *Plan Hortícola Nacional (PHN)* (Cci):63.
- CCI. 2013. “Caracterización de La Comercialización de Cuatro Cuencas Lecheras.” *Corporación Colombiana Internacional* (Cci):236. Retrieved (<http://www.cci.org.co/inicio/>).
- Colicchia, Claudia and Fernanda Strozzi. 2012. “Supply Chain Risk Management: A New Methodology for a Systematic Literature Review.” *Supply Chain Management: An International Journal* 17(4):403–18. Retrieved (<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/13598541211246558>).
- Collins, Ross D., Richard de Neufville, João Claro, Tiago Oliveira, and Abílio P. Pacheco. 2013. “Forest Fire Management to Avoid Unintended Consequences: A Case Study of Portugal Using System Dynamics.” *Journal of Environmental Management* 130:1–9. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.033>).
- Corporación Colombia Internacional. 2013. “CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI).” (CCI).
- Cortés, Germán. 2014. “Asociatividad Campesina de Pequeños Productores de Leche, Resistencias Y Acciones Colectivas En El Libre Mercado Y La Globalización.” *Panorama* 8(14):87–96.
- Cortés, Jimmy, Alejandro Cotes, and José Cotes. 2011. “Structural Features of Dual-Purpose Cattle Production System in the Colombian Humid Tropic.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 25(2):229–39. Retrieved (http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000200008).
- DANE. 2015. “La Ganadería Bovina de Doble Propósito, Una Actividad Productiva Sostenible Bajo Las Buenas Prácticas Ganaderas (BPGs).” *Boletín Mensual INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA* 34:70. Retrieved (https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_31_abr_2015.pdf).

- Preliminary Analysis on Smallholder Dairy Production.” *Livestock Research for Rural Development* 27. Retrieved (<http://www.lrrd.org/lrrd27/7/daud27137.htm>).
- Decretos, Los and Juan Manuel Santos. 2017. “Salario Mínimo 2017 Colombia.” 2016–17. Retrieved (<http://www.salariominimo2017colombia.com>).
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). 2004. “Lácteos.” *Cadenas Productivas Estructura, Comercio Internacional Y Protección* 173–84. Retrieved ([https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo Empresarial/Lacteos.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo+Empresarial/Lacteos.pdf)).
- Dinero. 2015. “¿Cómo Está El Sector Lechero?: Un Llamado a Mejorar.” *Julio*, 26–27. Retrieved (<http://www.dinero.com/economia/articulo/analisis-del-sector-lechero-colombia-2015/211145>).
- Fajardo, Dario and Henry Salgado. 2017. *El Acuerdo Agrario*. edited by E. Aurora. Bogotá D.C.
- FAO. 2013. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Retrieved (<http://www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf>).
- FEDEGAN. 2009. “Lo Que Usted Necesita Saber Sobre La Leche En Colombia.” *FEDEGAN*.
- Federación Nacional de Ganaderos. 2009. “Lo Que Usted Necesita Saber Sobre La Leche En Colombia.”
- Finkeros. n.d. “¿Cuál Es La Importancia de La Capacidad de Carga Animal En Una Finca?”
- Forero, Gabriel. 2015. “El Mercado Del Yogurt Movi6 \$1,2 Billones Y Se Espera Un Aumento.” *La República*.
- García, G., M. Pulido, and Andrade R. 2011. “Evaluación de Los Efectos Del Equipo de Ordeño Sobre El Comportamiento Composicional de La Leche Cruda En Hatos Holstein Élite Del Altiplano Boyacense.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 24.
- Gómez, LM, SL Posada, and M. Olivera. 2016. “Starch in Ruminant Diets: A Review.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 29(2):77–90.
- Gomez, Manuel. 2010. “Foro Empresarialización Y Competitividad Ganadera.” in *Costos y los indicadores de productividad en la ganadería Colombiana. Oficina de investigaciones Económicas FEDEGAN*.
- Grupo Éxito. 2013. “El 40% Del Queso Consumido Por Los Colombianos Se Vende

- En Almacenes de Cadena.” *Noticias*. Retrieved (<http://www.grupoexitoc.com.co/es/noticias/ultimas-noticias/25-eventos/853-el-49-del-queso-consumido-por-los-colombianos-se-vende-en-almacenes-de-cadena>).
- Guerrero, E., J. García, L. Cárdenas, and D. Martínez. 2011. “Buenas Prácticas de La Producción Lechera En 33 Hatos Lecheros de Los Municipios de Matanza, Surata Y California, de La Provincia de Soto Norte, En El Departamento de Santander.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 24.
- Guimarães, Vinícius Pereira, Luis Orlindo Tedeschi, and Marcelo Teixeira Rodrigues. 2009. “Development of a Mathematical Model to Study the Impacts of Production and Management Policies on the Herd Dynamics and Profitability of Dairy Goats.” *Agricultural Systems* 101(3):186–96. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2009.05.007>).
- Hartwich, Frank. and Carlos. Negro. 2010. “Food Safety Performance in European Union Accession Countries: Benchmarking the Fresh Produce Import Sector in Hungary.” *Agribusiness* 30(1):31–45.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, and CANCELLERÍA. 2016. *Inventario Nacional Y Departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Retrieved (<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>).
- Lait, Maison Du. n.d. “How Much Milk Is Needed to Make 1 Kg of Butter?” Retrieved (<http://www.maison-du-lait.com/en/faqs>).
- Mahecha, L. 2002. “El Silvopastoreo : Una Alternativa de Producción Que Disminuye El Impacto Ambiental de La Ganadería Bovina.” *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15(2):226–31.
- Mahecha, Liliana, Luis Gallego, and Francisco Peláez. 2002. “Situación Actual de La Ganadería de Carne En Colombia Y Alternativas Para Impulsar Su Competitividad Y Sostenibilidad.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 15(2):213–25.
- Mojica, Francisco José, Raúl Trujillo Cabezas, Daisy L. Castellanos, and Nathaly Bernal. 2007. *Agenda Prospectiva de Investigación Y Desarrollo Tecnológico de La Cadena Láctea Colombiana*. Retrieved (<http://www.mincagricultura.gov.co/archivos/lacteos.pdf>).

- Molina, Raúl Andrés., Alberto Stanislao. Atzori, Rómulo Gaona, and Hugo Sanchez. 2014. "Using System Thinking to Study Sustainability of Colombian Dairy System." *Business Systems Review* 3(2):123–41.
- Moya, Julio. 2013a. "Análisis de Mercado de La Leche Y Derivados Lácteos En Colombia." *Superintendencia de Industria Y Comercio* 1–100.
- Moya, Julio. 2013b. "Análisis de Mercado de La Leche Y Derivados Lácteos En Colombia." *Superintendencia de Industria Y Comercio* 1–100.
- Nieto, M. I., M. L. Guzmán, and D. Steinaker. 2014. "Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Simulación de Un Sistema Ganadero de Carne Típico de La Región Central Argentina." *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 40(1):92–101. Retrieved (<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84931068462&partnerID=tZOtx3y1>).
- Pascucci, S. and J. Ducan. 2015. *Informal Virtues and Formal Vices? Understanding the Implications of Producer Organizations for Pastoralists in India. In Cooperatives; Economic Democratization and Rural Development*. Edward Elgar Publishing Limited.
- Reinel, Jose, Uribe Ceballos, and Alberto Stanislao Atzori. 2016. "Efecto de La Edad Al Primer Parto Y Los Días Abiertos En Un Bovino Doble Propósito Sobre La Huella Hídrica Y de Carbono Effect." *Revista de Investigación Agraria Y Ambiental* 7v:107–19.
- Ritchie, D. et al. 2013. *Ganadería de Doble Propósito: Propuesta Para Pequeños Productores Colombianos*. Retrieved (http://www.esan.edu.pe/publicaciones/2014/01/16/serie_gerencia_desarrollo_3_3_ganaderia_productores_colombianos.pdf).
- Ritchie, David et al. 2013. *Ganadería de Doble Propósito: Propuesta Para Pequeños Productores Colombianos*. Retrieved (http://www.esan.edu.pe/publicaciones/2014/01/16/serie_gerencia_desarrollo_3_3_ganaderia_productores_colombianos.pdf).
- Sadeghian, Siavosh. 2003. "Impacto de La Ganadería Sobre El Suelo, Alternativas Sostenibles de Manejo." *SIMPOSIO Nacional de Ganadería Ecológica* 5 p. Retrieved ([http://www.desertificacion.gob.ar/mapas/modelos/impacto de la ganaderia sobre el suelo.pdf](http://www.desertificacion.gob.ar/mapas/modelos/impacto_de_la_ganaderia_sobre_el_suelo.pdf)).

- SAGARPA. 2015. "Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación." Retrieved ([http://www.sagarpa.gob.mx/Glosario/Paginas/Unidad animal \(UA\).aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/Glosario/Paginas/Unidad%20animal%20(UA).aspx)).
- Sastre, Oscar F. and ; Gilma Hernández; Pablo E Cruz Casallas. 2002. "Modelo de Regresión Logística Para Determinar Relaciones de Equipos de Ordeño Con La Presentación de La Mastitis Bovina En Fincas Del Altiplano Cundiboyacense." 15(4):13–25.
- Secretaría Distrital de Planeación. 2011a. "Ciudad Bolívar Monografía." 194.
- Secretaría Distrital de Planeación. 2011b. "Población de Bogotá Y Sus Localidades."
- Smith, Jimmy, Shirley Tarawali, Delia Grace, and Keith Sones. 2013. "Feeding the World in 2050: Trade-Offs , Synergies and Tough Choices for the Livestock Sector." 1:125–37.
- Statista. 2017. "Per Capita Consumption of Buttermilk in the United States from 2000 to 2013 (in Gallons)." *The Statistics Portal*. Retrieved (<https://www.statista.com/statistics/183726/per-capita-consumption-of-whole-milk-in-the-us/>).
- Sterman, John D. 2003. *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*.
- Suárez, G. J. et al. 2016. "Raw Milk Quality in Northwestern Colombia." *Rev Colomb Cienc Pecu* 29(3):210–17. Retrieved (<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84980411176&partnerID=40&md5=c9d9af5c0fd1ab96cd1654d625a4b048>).
- Taylor, Publisher et al. 2013. "The Dairy Industry : A Brief Description of Production Practices , Trends , and Farm Characteristics Around the World The Dairy Industry: A Brief Description of Production Practices , Trends , and Farm Characteristics Around the World." (October 2014):37–41.
- Tovar, L., J. Velásquez, and J. Triana. 2011. "Caracterización Socio-Económica de Productores Ganaderos de La Cuenca Lechera Del Oriente Del Valle de Ubaté (Colombia)." *Rev Colomb Cienc Pecu* 24.
- Valero, MV et al. 2016. "Feeding Propolis or Essential Oils (Cashew and Castor) to Bulls: Performance, Digestibility, and Blood Cell Counts." *Rev Colomb Cienc Pecu* 29(1):33–42.

Vergara, Wilson. 2016. *Costos de La Implementación de Las Buenas Prácticas de Ordeño En Cuatro Escenarios de Hatos Lecheros En Cundinamarca.*

Zhou, Hui, Teruaki Nanseki, and Shigeyoshi Takeuchi. 2012. "Dairy Farmers' Risk Perception and Risk Management in China - Evidence from Hebei Province and Inner Mongolia." *□□□□□□* 21(2):20–27.

Efecto de la Asociatividad en la Mejora de la Productividad en el Eslabón Primario de la Cadena Láctea

D. A. BAQUERO-SANDOVAL ^{1*}, L. A. RODRÍGUEZ-BELLO¹, E. ESTUPIÑAN-ESCALANTE²

¹ *Grupo CIMSER, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Decanatura de Ingeniería Industrial, Bogotá, Colombia.*

² *Grupo ECITRONICA, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Decanatura de Ingeniería Electrónica, Bogotá, Colombia.*

RESUMEN

La asociatividad es una estrategia que le permite al pequeño ganadero mejorar los volúmenes de producción, los excedentes, los montos de inversión y su calidad de vida. El estudio utilizó la metodología de Dinámica de Sistemas para modelar una finca pequeña y analizar el impacto de la asociatividad sobre un Sistema Productivo Ganadero Doble Propósito (SPDP); ya que se estima que el 71% de las explotaciones ganaderas en Colombia son de Doble Propósito. Se muestran los posibles efectos en los niveles de productividad, los excedentes y la cantidad disponible de dinero para inversión en aspectos que inciden en la inocuidad del producto y rentabilidad del negocio, así como en la disminución de los costos de producción. La asociatividad puede contribuir en la mitigación de los riesgos socioeconómicos relacionados con el Eslabón Primario de la Cadena Láctea y, a su vez, en la competitividad del sector. Sin embargo, esta estrategia puede causar mayor demanda de hectárea de forraje para alimentación del hato e incremento en la capacidad de carga. De tal manera que es necesario realizar un control con una adecuada rotación de potreros, de modo que se evite la pérdida de fertilidad del suelo. Adicionalmente, la variación en los niveles de productividad sugieren un suministro de suplementos y manejo de pastos y forrajes, que otorguen eficiencia en la alimentación del hato para mitigar las emisiones de gases efecto invernadero generadas por la fermentación entérica, causante principal de las emisiones en la región de Cundinamarca.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la cadena láctea en Colombia, se enfrenta a un entorno más competitivo, global, incierto, cambiante y complejo. Esta cadena afronta retos tales como: garantizar la seguridad alimentaria, generar un entorno seguro para sus trabajadores, obtener productos lácteos de alta calidad e inocuos, incrementar el

tamaño del hato para mantener los niveles de producción, pero sin depredar los recursos naturales como agua, pastos, biomasa, y el mejoramiento de las prácticas de producción. Lo anterior genera riesgos sociales, económicos y ambientales que deben considerarse para obtener ventajas competitivas en este tipo de mercado (Taylor et al. 2013) .

Dentro de los retos mencionados anteriormente, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2009), el mayor desafío para el 2050 es la alimentación de la población mundial dentro de la agenda global. Para tal fin se sostiene que la ganadería es relevante en este reto, el cual es complejo, multifacético y dinámico. Esta actividad ha aumentado la producción de carne y leche en los últimos años; la primera, se ha triplicado en los últimos 30 años y se espera que vuelva a duplicarse para el 2030; la segunda, también ha aumentado un 50% en los últimos 20 años. Este crecimiento beneficia a unos 180 millones de pequeños agricultores-ganaderos y proporciona medios de subsistencia para las personas de bajos ingresos, quienes representan casi una quinta parte de la población mundial. Actualmente, la ganadería constituye alrededor de un tercio del PIB agrícola de los países en desarrollo (GIZ, 2015; Smith et al. 2013).

Sin embargo la Organización de las Nacionales Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO n.d) también señala características de los pequeños productores de leche, que generan barreras difíciles de superar para lograr el objetivo de la seguridad alimentaria, dentro de la cuales menciona: carencia de las competencias para administrar sus explotaciones como empresas; acceso limitado a servicios como los de salud animal, mejoramiento genético, formación y crédito; poco o ningún capital para invertir, sumando al reducido tamaño de sus rebaños; los bajos rendimientos lecheros y la mala calidad de la leche.

De acuerdo con lo anterior, el estudio de la gestión del riesgo es relevante

porque permitiría tener un conocimiento de los factores que pueden afectar la consecución de los objetivos del sector lácteo en beneficio de la seguridad alimentaria. De tal manera que sea posible minimizar el impacto negativo de situaciones como los altos costos del forraje, las condiciones climáticas, entre otros, que afectaron desfavorablemente durante el primer trimestre del año 2013 la producción de leche de los principales actores del mercado mundial de productos lácteos, como son: Estados Unidos, la Unión Europea, Nueva Zelanda y Australia (FAO 2016).

A nivel mundial hay coincidencia que los riesgos biológicos, naturales, operativos e institucionales tienen un alto impacto en el eslabón primario de la cadena láctea. Esto implica que la mejora del sector se basa principalmente en la capacidad de los actores para gestionar los riesgos tales como: los ambientales, los de precio de venta, catástrofes, costos de los insumos, la producción y los riesgos tecnológicos, riesgos políticos, riesgos financieros y familiares, esto es, riesgos humanos. Esto sugiere que los riesgos pueden aparecer en cada etapa de la cadena de suministro, especialmente en la producción y distribución de productos, transferencia de fondos y la canalización de la información (Colicchia & Strozzi 2012; Zhou, Nanseki, & Takeuchi 2012; Daud A R 2015)

Una de las estrategias adoptadas a nivel global para reducir esos riesgos, en el eslabón primario, es la asociatividad entre los ganaderos. Según Pascucci y Ducan (2015), las asociaciones formales, en el ámbito rural, tienen una relación con el exterior, es decir, con actores económicos, institucionales y políticos. Esta condición facilita la gestión de recursos públicos para el mejoramiento del sector lácteo. Tal es el caso de Nueva Zelanda en donde el gobierno mantiene el desarrollo del sector realizando inversión en ciencia, tecnología y asociación entre investigación y usuarios (Hartwich & Negro 2010).

La industria lechera de Nueva Zelanda es conocida, en el contexto global, por

su liderazgo en productividad y comercialización de productos. Logros alcanzados a través de un compromiso continuo con la investigación, el desarrollo y la innovación. Este aspecto le proporciona una ventaja competitiva y se da, entre otras cosas, por la colaboración y el intercambio de conocimiento que se presenta en las agencias que lideran los proyectos con financiamiento público – privado (Hartwich & Negro 2010).

Pasando al contexto ganadero en Colombia según Business Bridge (2015), es relevante precisar que existe un porcentaje importante de fincas de subsistencia - que constituyen el 80% del total de fincas segmentadas en ese estudio - caracterizadas por generar pérdidas, con insuficientes ingresos para invertir, tienen aproximadamente entre 8 a 15 vacas en lactancia y producciones de 6 lt por cada una, sus pastos son de baja calidad y en algunas ocasiones los rentan por períodos de tiempo; el alimento suministrado al ganado se complementa con papa, zanahoria, sal y agua; el ordeño es manual y no cuentan con sistema de refrigeración. Estas características se relacionan, de manera general, con las mencionadas por (Becerra et al. 2013) al caracterizar a los pequeños productores.

Adicionalmente, según lo mencionado por Cano et al. (2016) - realizando una analogía con los ganaderos – para que los agricultores inviertan y obtengan mayores ingresos se necesita acceso a una serie de factores, tales como tierra, el trabajo, los conocimientos técnicos y la información. Si un factor de los anteriores falta los ingresos pueden reducirse significativamente, constituyéndose en la materialización de un riesgo socioeconómico entendido en este estudio como la posibilidad de que un pequeño productor no logre los ingresos suficientes para mejorar su calidad de vida y las buenas prácticas ganaderas relacionadas con los factores de productividad.

Otro aspecto importante es el de la cultura asociativa que no se ha apropiado de manera generalizada. Al respecto, la Federación Colombiana de

Ganaderos menciona que resulta necesario como estrategia de fortalecimiento productivo, el fomento e implementación de proyectos asociativos. Estos permitirían a los productores acceder a los beneficios derivados del trabajo asociativo, tales como: economías de escala, disminución de costos de producción y mejoramiento de los niveles de productividad en finca, así como mejoras del tejido social de los grupos asociativos. Estos elementos son característicos en países líderes en producción y comercialización de productos lácteos. Por consiguiente, se sugiere que esta estrategia permitirá mejorar la competitividad del sector si se superan las limitaciones (culturales y sociales) que se han encontrado para su desarrollo (Carulla & Ortega 2016).

En este sentido, se encuentran algunos estudios sobre asociatividad campesina de pequeños productores de leche, resistencias y acciones colectivas en el libre mercado y la globalización, en la región de Cundinamarca (Cortés 2014). Estos concluyen que las prácticas rurales cobran importancia y son utilizadas en el debate sobre el nuevo sistema de producción; se abordan temas de las dimensiones: políticas, económicas, sociales y culturales; mencionando que por sus características dinámicas y plurales exigen miradas holísticas e interdependientes. En esta región se encuentra evidencia de la creación de asociaciones como Asolesan, Asosantuario, Coaguascalientes, Coounión y Coagrogavio; las que se han creado y consolidado con el fin de fortalecer las capacidades productivas, comerciales y empresariales de sus integrantes (CCI 2013).

Por otra parte, la asociatividad sugiere, a su vez, estudiar los impactos generados por la actividad ganadera en el ambiente como son: la compactación, la erosión, la contaminación y la pérdida de la actividad biológica de los suelos e incremento de la emisión de gases de efecto invernadero como el metano. Por lo tanto es necesario considerar una ganadería sostenible en beneficio de la

conservación de la tierra, el agua y los demás recursos vegetales y animales, para estimular la rentabilidad de esta actividad, relacionándose a su vez, con el bienestar social en las zonas rurales (DANE 2015; Molina et al. 2014).

Con base en estas razones se plantea el objetivo de este estudio que consiste en analizar el impacto de la asociatividad en el eslabón primario de la cadena láctea en aspectos tales como: la productividad, los excedentes, las decisiones de inversión, los ingresos, los costos, la capacidad de carga y las emisiones de gases efecto invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio se utilizó la metodología de Dinámica de Sistemas para analizar los principales elementos que interactúan en un Sistema Productivo Doble Propósito (SPDP) (Fig. 1). Esta metodología toma un enfoque holístico para analizar los impactos de las interacciones dinámicas complejas entre los elementos de un sistema (Collins et al. 2013). Posteriormente, se construyó el modelo con la ayuda del software Vensim PLE PLUS, para simular un SPDP, en el cual se produce carne y leche en forma simultánea (Fig. 2).

de carne, ésta se entiende en esta investigación como la habilidad que tienen el pequeño ganadero para obtener la máxima producción, dados insumos tales como: la mano de obra, los suplementos alimenticios, forrajes y medicamentos y una tecnología fija (Cano et al. 2016). De otro lado, se analiza que al aumentar la población de vacas, crecerá la posibilidad de nacimientos de novillos, lo que ampliará las ventas totales a razón de la disponibilidad de mayor cantidad de kilogramos de carne para la venta; esto posteriormente permitirá generar mayores excedentes destinados a inversión en productividad relacionada con el engorde de los novillos.

A partir del planteamiento anterior, se incluye una variable denominada Capacidad de Carga, que actúa como una limitante del crecimiento de la población del hato, por tal razón esta variable se encuentra con una influencia en la población de vacas. También se puede apreciar en el diagrama la variable denominada Asociatividad, la cual tiene una relación inversa frente a los costos de producción y los montos de inversión, puesto que permite disminuirlos (David Ritchie et al. 2013). Con esta variable se busca estudiar el beneficio socioeconómico e impacto en la sostenibilidad del SPDP al momento de pertenecer a una asociación. De tal manera que, en lo relativo a la sostenibilidad, el modelo la aborda desde los aspectos del forraje disponible, las emisiones de gases efecto invernadero generadas por los animales y la capacidad de carga. Esto se apoya en lo mencionado por Mahecha (2002), en lo concerniente al estudio de las relaciones suelo – planta – animal que intervienen en la producción bovina.

Fig. 2. Diagrama de Flujos y Niveles. Fuente: Elaboración Propia.

En el Diagrama de Flujos y Niveles (Diagrama Forrester) (Fig. 2) se representan las etapas del animal en el hato ganadero, desde que nace hasta su sacrificio. El modelo se construyó con los componentes utilizados en la disciplina de dinámica de sistemas como son: los niveles, los flujos y lazos de retroalimentación (Sterman 2003). Los niveles representan variables de acumulaciones en el sistema, mientras que los flujos son el movimiento de los contenidos a través de él. Los bucles de retroalimentación representan una cadena de causalidad, cuando las variables se actualizan usando la información de salida y de esta manera modifican sus valores futuros. Siempre hay un stock (nivel) en el marco del sistema que acumula la diferencia entre entrada y salida. Las reglas o políticas de decisión representan los criterios utilizados para regular los flujos, en los intentos de conducir el sistema a un estado deseado (Sterman citado por Guimarães, Tedeschi, & Rodrigues 2009).

Para este estudio se tomaron como referencia los indicadores productivos promedio a nivel nacional y de hatos sobresalientes referenciados por Gomez (2010) para este tipo de sistemas los cuales se presentan en las Tablas 1, 2 y 3:

Tabla 1. *Indicadores Productivos en SPDP, para sistemas a nivel nacional y casos sobresalientes.*

Parámetro Productivo	Promedio	
	Nacional (%)	Sobresalientes (%)
Natalidad (%)	50	80.4
Capacidad de carga(UGG/ha)	0,5	2,2
Intervalo entre partos(días)	700	456

Edad de sacrificio machos(mes)	46	38
Edad de destete(crías)	8	8
Producción leche(It/vaca/día)	3,5	6,8
Tiempo de lactancia(mes)	10	8
Edad primer parto	37	34

Tabla 2. Estructura de Costos en un SPDP, para sistemas a nivel nacional y casos sobresalientes.

Parámetro	Promedio	
	Nacional (%)	Sobresalientes (%)
Mano de Obra	46	44
Suplemento	3	4
Manejo de Suelos y Praderas	0,1	11
Medicamentos	4	2
Mantenimiento de Maquinaria y Equipo	3	12
Servicios públicos	5	4
Gastos Financieros	4	6
Impuestos	3	3
Otros	31,9	14

Tabla 3. *Indicadores Económicos en Doble Propósito.*

Parámetro	Promedio	
	Nacional (\$)	Sobresalientes (\$)
Costo de kg ternero producido	2324	1778
Precio de kg ternero vendido	2700	2820
Costo de un litro de leche producido	620	514
Precio de litro de leche vendido	714	750

RESULTADOS

La simulación muestra que un pequeño ganadero podría tener un hato máximo de 9 animales, equivalente a 7.6 Unidades Animales (UA). Estas unidades constituyen una vaca adulta de 400 a 450 kg de peso, en gestación o mantenimiento que para satisfacer sus necesidades alimenticias y cumplir con su función zotécnica, consume el 3% de su peso vivo de materia seca de forraje por día, y se utiliza como base de equivalencia para referencia en animales de diferentes edades y especies (SAGARPA 2015). A partir de esto, y de acuerdo con la restricción de 2 ha utilizadas en el modelo, la capacidad de carga resultante esta entre 0.59 y 0.64 UA/ha (Fig.3), datos que se encuentran entre el rango reportado por Gomez (2010); D Ritchie et al. (2013); Liliana Mahecha, Gallego, & Peláez (2002).

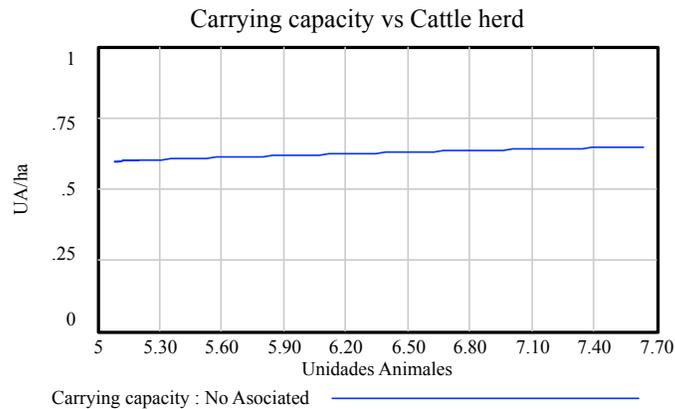


Fig. 3. Capacidad de carga de una finca de 2 ha y un hato aproximado de 9 animales.

Esta capacidad de carga, sugiere una optimización del terreno disponible para el pastoreo. Según Finkeros (n.d.), el éxito de toda finca ganadera es tener una alta capacidad de carga óptima lo cual se logra con una adecuado mejoramiento de potreros, un correcto establecimiento y mantenimiento de pasturas, una rotación de potreros efectiva y manejo balanceado del inventario animal dentro de la finca.

Con esta restricción de cantidad de animales, los ingresos asociados a la producción de leche y carne alcanzan un valor de \$390493 entre el mes 29 y 30, como se muestran en la figura 4, manteniéndose hasta el final del tiempo de simulación, como resultado de la influencia de la tendencia de crecimiento de la población del hato. Los costos tienen un crecimiento hasta alcanzar un valor de \$368203 entre el mes 30 y 31, lo que muestra un crecimiento por un período más de tiempo respecto a los ingresos; posteriormente estos permanecen constantes. De acuerdo con estas condiciones iniciales, la rentabilidad del negocio es de 5.7%, dato que guarda relación con la estrecha diferencia entre la variación de los ingresos respecto de los costos, la que es del 0.07% (Fig. 4). Esta rentabilidad está por debajo del rango citado para el promedio nacional, el que se encuentran en 11% (Gomez 2010).

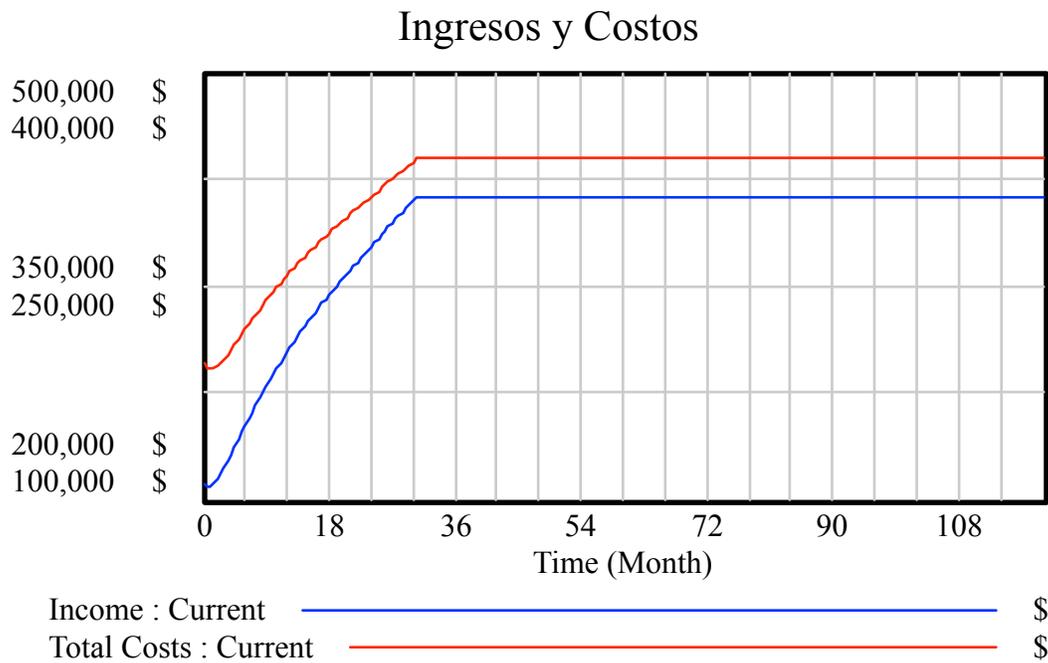


Fig. 4. *Ingresos y Costos totales de un pequeño ganadero con un hato ganadero de 9 animales.*

De acuerdo con los resultados anteriores, un pequeño ganadero no asociado podría alcanzar unos excedentes de \$153592, entre los meses 30 y 31, si realiza una inversión de \$61437 de los cuales el 70% es destinado a la satisfacción de necesidades básicas de acuerdo a la información recolectada de entrevistas exploratorias aplicadas a pequeños ganaderos de doble propósito. (Fig. 5).

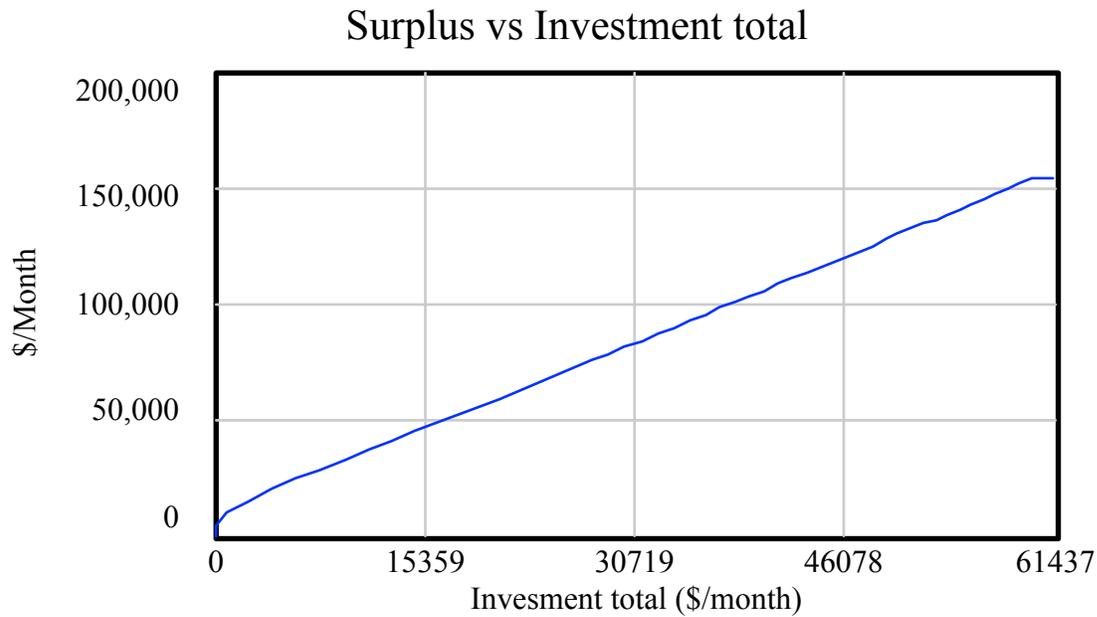


Fig. 5. Excedentes alcanzados de acuerdo a las inversiones realizadas por el pequeño ganadero.

El porcentaje restante sería utilizado en gastos de salud y educación. En este caso no se ve una inversión en aspectos que mejoren la rentabilidad del negocio, por tal razón después del mes 54 (quinto año aproximadamente), no presentaría variación la decisión de inversión.

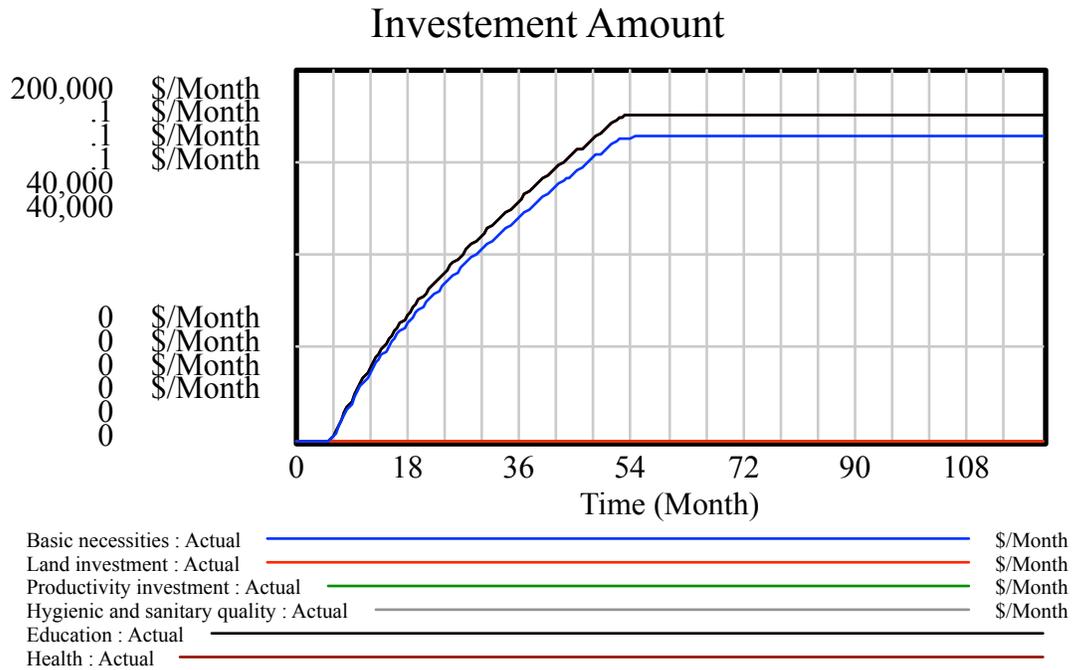


Fig. 6. Inversión realizada según la cantidad de excedentes correspondiente a: 70% Necesidades Básicas, 0% Inversión en Tierra, 0% Inversión en Productividad Animal y 0% Inversión en Calidad Sanitaria e higiene animal, 15% Salud, 15% Educación.

Impacto de la asociatividad en la productividad, el precio y los costos.

Se simula el escenario en el que un pequeño ganadero, una vez asociado, pudiera incrementar sus niveles de productividad, mejorar el precio de venta del litro de leche y del kilogramo de carne; Adicionalmente que lograra una disminución en sus costos de producción, de acuerdo con los parámetros definidos por (Gomez 2010). Se parte del supuesto de una variación que mejora la productividad de 3.5 a 6.8 lt/vaca/día, elevar el precio de la leche de 714 a 750 \$/lt, y el de la carne de 2700 a 2820 \$/kg. En suma se obtiene una disminución en los costos de 620 a 514 \$/lt para la producción de leche, y de 2324 a 1778 \$/kg para la producción de carne (Fig. 7, 8, 9 ,10).

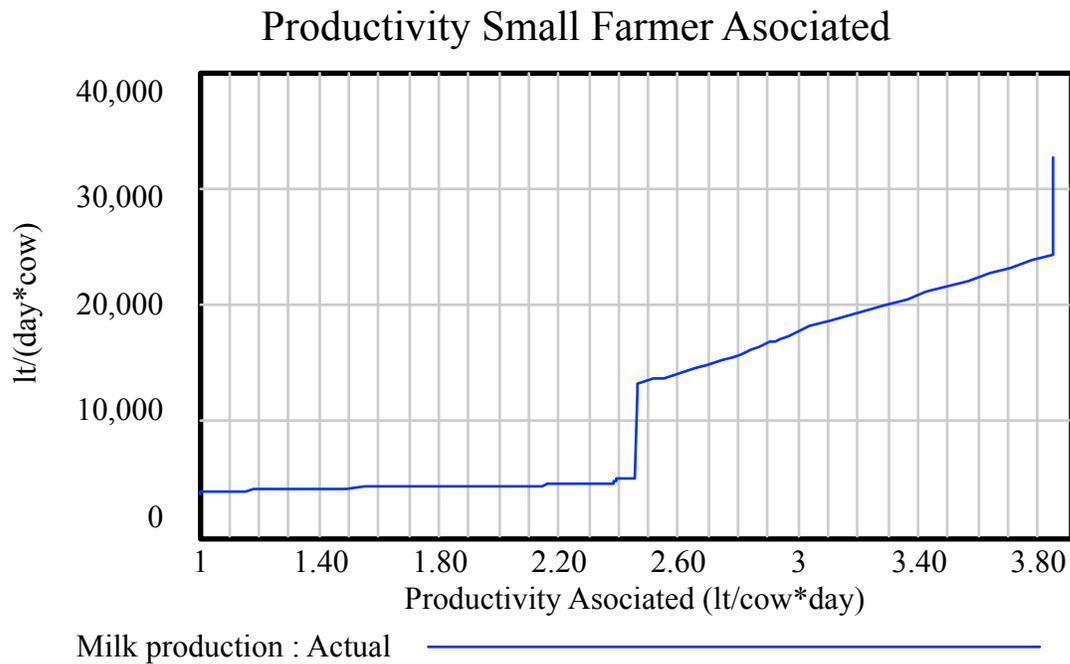


Fig. 7. Variación de la productividad por efecto de la variable asociatividad.

La simulación muestra una variación promedio de crecimiento de la producción del SPDP del mes 7 al 17 de 3.11%. A partir del mes 18 hasta el 52, la variación es de un 0.56% y, finalmente, en el mes 53 su crecimiento varía en un 1.76% hasta alcanzar una productividad máxima por animal. La mayor variación se presenta cuando en razón de la inversión en productividad se obtienen rendimientos en un 30% dado que se mejoraron los siguientes aspectos: mano de obra, manejo de suelos y praderas, suplementos y sanidad animal.

El modelo muestra que a partir de una mejora de 2.50 lt/vaca/día, respecto a la producción actual, los costos asociados empiezan a disminuir a partir del mes 36. Este comportamiento incide en los montos disponibles para inversión que pueda realizar el pequeño ganadero, los que están relacionados con su hato y finca (Fig. 9), en beneficio de mejorar la rentabilidad de su SPDP.

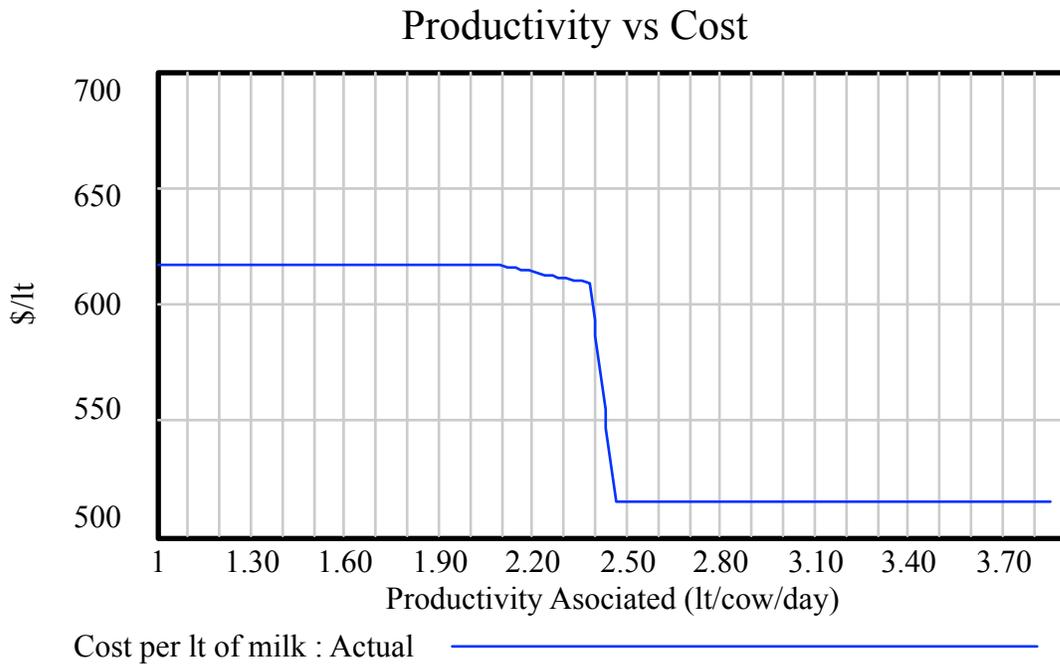


Fig. 8. Variación del costo por litro de leche en relación con el incremento en la productividad.

El incremento en la productividad del SPDP, permite disponer de nuevas alternativas de inversión (Fig. 9), y a su vez de unas mayores ganancias respecto a la inversión realizada en los aspectos que se mencionaron anteriormente. En la simulación se realiza una distribución de los excedente así: un 30% para necesidades básicas, 10% en lo relacionado a salud y el mismo porcentaje en educación y el 50% restante tendría la posibilidad de destinarlos en igual proporción para temas de: alquiler de tierras, que implica adquirir nuevas *ha* para contar con mayor cantidad de forraje; inversión en productividad animal, relacionada con la mejora de la prácticas de ordeño, el suministro de suplementos para una eficiente digestión y alimentación de los animales lo que disminuye a su vez las emisiones por fermentación entérica; y en calidad higiénica y sanitaria, para garantizar un producto inocuo y de una calidad óptima, a través de un control de enfermedades de los animales, así como de las condiciones adecuadas del lugar donde se alimentan y se realiza el ordeño. Estas últimas permiten alcanzar

unos excedentes de \$6.120.000, dentro de las cuales la que permite alcanzar unos mayores excedentes es la de Productividad Animal (Fig. 10).

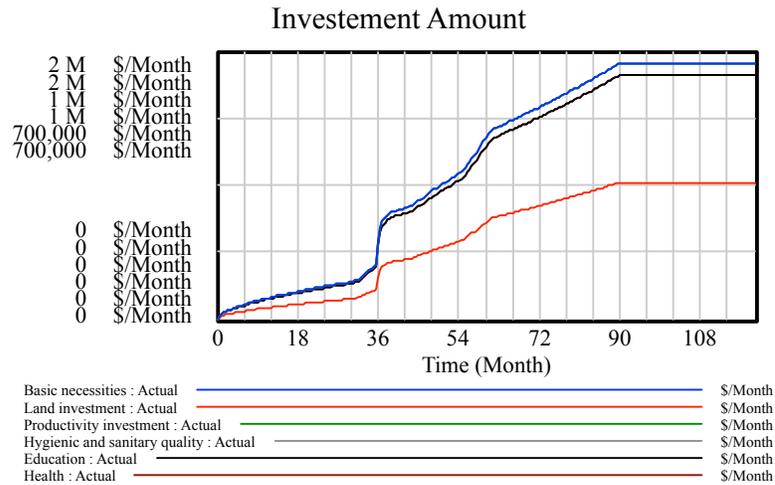


Fig. 9. Posibilidades de inversión de un pequeño ganadero asociado.

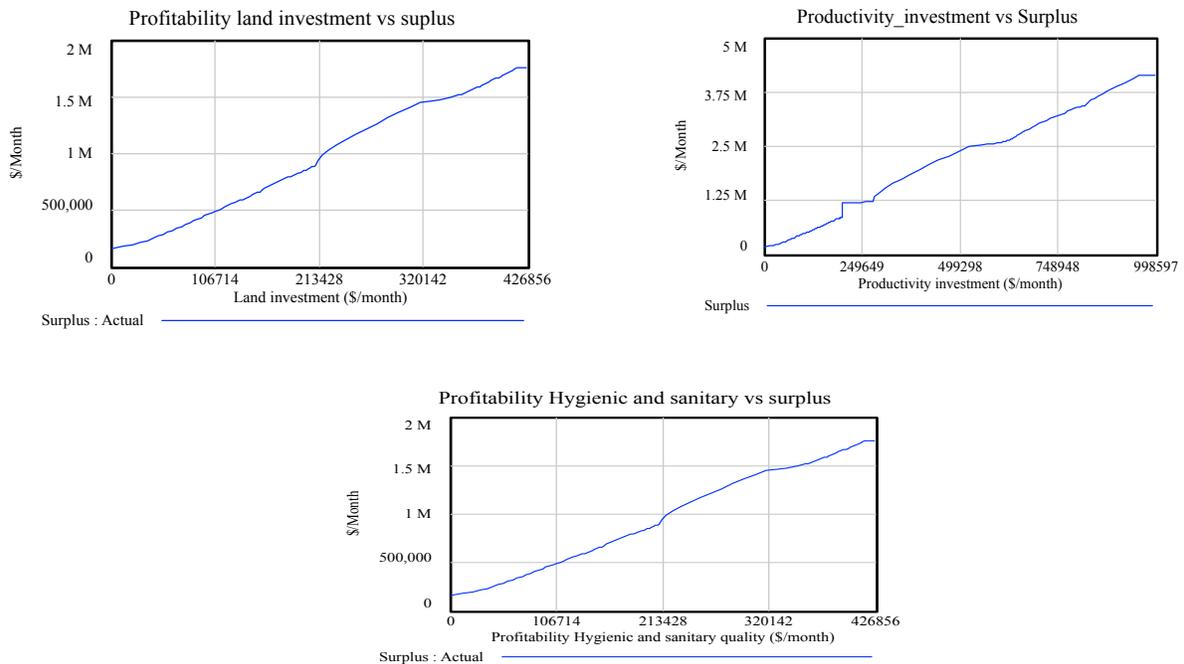


Fig. 10. Incremento de las ganancias según la inversión realizada.

La simulación realizada en relación a la inversión en tierras permite un aumento de la capacidad de carga animal de 0.6 a 1.17 UA/ha., al crecer el hato (Fig. 11). Este crecimiento a su vez incrementa las emisiones de CO₂eq por animal. En el caso del CH₄ y de NO₂ se generarían 63.7 y 5.69 Kg de CO₂eq respectivamente. Estas emisiones se producen en el mes 52 cuando se alcanza la cantidad máxima permitida de carga animal.

Emisiones de gases efecto invernadero

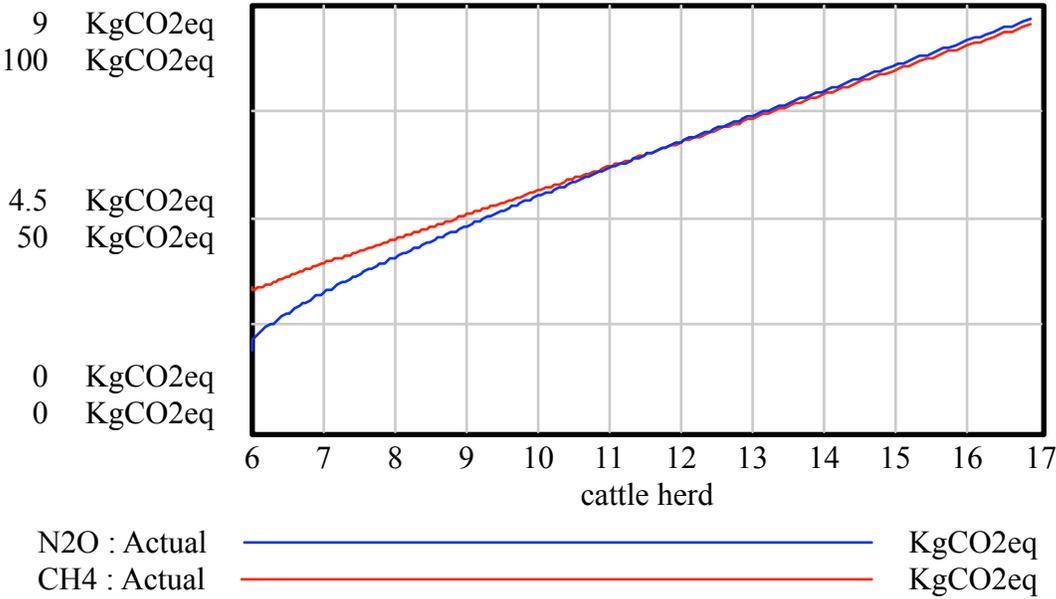


Fig. 11. Emisiones de CO₂eq emitidas respecto al crecimiento del hato ganadero. Los calculos se realizaron con los datos de las emisiones por animal suministradas en el estudio de (Reinel, Ceballos, and Atzori 2016).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Un SPDP con un hato inferior a 9 animales y productividades como las descritas para un pequeño productor no asociado, dificulta la posibilidad de

mejorar su nivel de ingresos y su bienestar, es decir su riesgo es mayor. Esto se apoya en lo mencionado en Business Bridge (2015), acerca de las fincas de subsistencia - que constituyen el 80% del total de fincas segmentadas en ese estudio - caracterizadas por generar pérdidas, con insuficientes ingresos para invertir, tienen aproximadamente entre 8 a 15 vacas en lactancia y producciones de 6 lt por cada una, sus pastos son de baja calidad y en algunas ocasiones los rentan por períodos de tiempo; el alimento suministrado al ganado se complementa con papa, zanahoria, sal y agua; el ordeño es manual y no cuentan con sistema de refrigeración. Estas características se relacionan, de manera general, con las mencionadas por (Becerra et al. 2013) al caracterizar a los pequeños productores.

Esta situación evidencia la materialización de un riesgo socioeconómico, relacionado con la producción láctea destinada al canal informal a nivel nacional, la que es del 41%, teniendo esto una influencia en los ingresos percibidos (Fig. 5), puesto que el resultado muestra un monto inferior al salario mínimo mensual vigente (para el 2017 en Colombia es de \$737717); así pues que estos ingresos dificultan la mejora de las condiciones de vida de los pequeños ganaderos. En adición, los altos costos de producción obstaculizan la posibilidad de obtener mejores excedentes para invertir en aspectos como calidad higiénica y sanitaria, productividad o acceso a nuevas tierras, de modo que su condición socioeconómica pueda cambiar. En consecuencia, lo descrito dificulta la reducción del porcentaje de la población rural en condición de pobreza del campo colombiano que es del 47%. (Business Bridge 2015; Colicchia and Strozzi 2012; Daud A R 2015; Decretos and Santos 2017; Fajardo and Salgado 2017; Zhou et al. 2012).

Según (Vergara 2016), el monto de inversión para la implementación de buenas prácticas ganaderas, dependiendo de la finca, sería de \$ 862000. Al

respecto, la simulación muestra que un pequeño productor no asociado no tiene la posibilidad de acceder a este tipo de prácticas y por ende la posibilidad de formalización de su actividad es baja. Es de aclarar que estas mejoras se dan en un entorno en el cual un ganadero se capacite y se forme sobre la importancia de realizar prácticas tendientes a ser competitivos en un mercado que cada vez es más complejo y exigente en calidad. Lo anterior se apoya en lo mencionado por Cano et al.(2016) quien menciona que para que los agricultores inviertan y obtengan mayores ingresos se necesita acceso a una serie de factores, tales como tierra, el trabajo, los conocimientos técnicos y la información. Si un factor de los anteriores falta, los ingresos pueden reducirse significativamente.

De acuerdo con las simulaciones realizadas, los pequeños ganaderos que tomen la decisión de asociarse tienen la posibilidad de mejorar aspectos tales como: la productividad animal, el uso del suelo, los excedentes, los costos y las posibilidades de inversión. Los resultados muestran que un pequeño ganadero puede alcanzar un 24% de rentabilidad. Cifra que se encuentra dentro el rango reportado por (Gomez 2010; David Ritchie et al. 2013). Luego entonces asociarse sugiere una dinámica que contribuye al mejoramiento del eslabón primario de la cadena láctea. En este sentido, la asociatividad es una estrategia que permite aumentar los volúmenes de entrega y puede mejorar la competitividad del sector (Carulla and Ortega 2016).

En esta línea, el modelo muestra que la inversión en aspectos como la calidad sanitaria e higiénica de los animales y de la finca, productividad animal y adquisición de nuevas tierras, permite mejorar y mantener el precio pagado por litro de leche al pequeño productor, así mismo incide positivamente en el incremento de los ingresos y disminución de los costos. Esto está relacionado con los beneficios de la implementación de las buenas prácticas ganaderas, puesto que permiten la obtención de productos sanos e inocuos libres de residuos

biológicos y químicos, mejoran la rentabilidad del negocio y permiten el acceso a los mercados nacionales e internacionales (Business Bridge 2015; DANE 2015; Vergara 2016).

No obstante, el acceso a nuevas tierras para incrementar el tamaño del hato ganadero trae consigo riesgos ambientales. La simulación muestra un incremento en las emisiones de gases efecto invernadero, situación que de no controlarse se constituye en un aporte a esta problemática. En Cundinamarca esta actividad hace parte del segundo sector con mayores emisiones brutas del país (26%). La principal causa de emisiones se debe a la fermentación entérica (31%). La región en este sentido genera 4.61 millones de Tn de CO₂eq (IDEAM et al. 2016). En este sentido, estudios como el de (Reinel et al. 2016) sugieren que la reducción en la edad para el sacrificio y la disminución de los días de alimentación, mediante mejoras en alimentación y genética, pueden tener un impacto significativo sobre las emisiones de GEI y uso de recursos naturales. Al respecto, los resultados simulados (Fig.7) en relación a la variación de la productividad, sugieren implícitamente el suministro de suplementos y manejo de pastos y forrajes, que otorguen eficiencia en la alimentación del hato para mitigar este tipo de emisiones (Nieto, Guzmán, & Steinaker 2014).

Otro aspecto que necesita atención en el crecimiento del hato que se simuló, es el riesgo de desertificación por falta de prácticas adecuadas de silvopastoreo. Aunque la región de Cundinamarca es privilegiada por la reserva de tierras que posee constituida por 1443935 ha para actividades pecuarias, 1085163 ha para pastos y forrajes y 376999 has para bosque y pantanos; el incremento en la capacidad de carga no controlada puede poner en riesgo esta situación de privilegio de la región. Las unidades animales del SPDP modelado demanda un consumo de 17492 kg de forraje, lo que debe controlarse con una adecuada

rotación de potreros, como estrategia que evitar la pérdida de fertilidad del suelo (Mahecha 2002; Sadeghian 2003).

Finalmente, se puede inferir que a partir de las condiciones modeladas para un SPDP se puede inferir que es necesario realizar un seguimiento a la proporción de pequeños ganaderos involucrados en la implementación de las estrategias planteadas en documentos como el CONPES 2010 u otras políticas gubernamentales, dado que si las condiciones del eslabón primario permanecen bajo las características simuladas, no será posible mitigar los riesgos que impiden la formalización del sector en pro de su competitividad en los mercados globales.

REFERENCIAS

- Anon. 2013. "Per Capita Consumption of Milk and Cream - Canadian Dairy Information Centre (CDIC)." Retrieved (http://www.dairyinfo.gc.ca/index_e.php?s1=dff-fcil&s2=cons&s3=conscdn&s4=consmclc&page=consmclc).
- Anon. n.d. "Condensed Sweetened Milk Amounts Converter." Retrieved (<http://convert-to.com/734/sweetened-condensed-milk-conversion-nutrition-facts.html>).
- Becerra, Alejandro et al. 2013. *Políticas Para El Desarrollo de La Agricultura En Colombia*. Bogotá D.C.
- Bejarano, Carlos. 2013. "Rediseño Del Proceso Agroindustrial de Ordeño Para El Mejoramiento de La Productividad En La Finca Gabeno Tenjo - Cundinamarca." *Pontificia Universidad Javeriana* 21.

- Belloin, J. C. 1988. *Milk and Dairy Products: Production and Processing Costs*.
- Bubis, Sydney. 2010. "Literature Review." *Communities* 69–78.
- Business Bridge. 2015. "Mooooi Dairy Opportunities for Colombia-Dutch Collaboration." 92. Retrieved (<https://www.rvo.nl/sites/default/files/mooooi-dairy-opportunities-for-colombia-dutch-collaboration.pdf>).
- Cano, Gustavo, Ana Iregui, María Ramírez, and Ana Tribín. 2016. *El desarrollo equitativo competitivo y sostenible del sector agropecuario en Colombia.pdf*.
- Caria, M., L. Murgia, and A. Pazzona. 2011. "Effects of the Working Vacuum Level on Mechanical Milking of Buffalo." *Journal of Dairy Science* 94(4):1755–61.
- Carulla, Juan E. and E. Ortega. 2016. "Sistemas de Producción Lechera En Colombia: Retos Y Oportunidades Dairy Production Systems of Colombia: Challenges and Opportunities." *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 24(2):83–87.
- CCI. 2006. "Corporación Colombia Internacional." *Plan Hortícola Nacional (PHN)* (Cci):63.
- CCI. 2013. "Caracterización de La Comercialización de Cuatro Cuencas Lecheras." *Corporación Colombiana Internacional* (Cci):236. Retrieved (<http://www.cci.org.co/inicio/>).
- Colicchia, Claudia and Fernanda Strozzi. 2012. "Supply Chain Risk Management: A New Methodology for a Systematic Literature Review." *Supply Chain Management: An International Journal* 17(4):403–18. Retrieved (<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/13598541211246558>).

- Collins, Ross D., Richard de Neufville, João Claro, Tiago Oliveira, and Abílio P. Pacheco. 2013. "Forest Fire Management to Avoid Unintended Consequences: A Case Study of Portugal Using System Dynamics." *Journal of Environmental Management* 130:1–9. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.033>).
- Corporación Colombia Internacional. 2013. "CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI)." (CCI).
- Cortés, Germán. 2014. "Asociatividad Campesina de Pequeños Productores de Leche, Resistencias Y Acciones Colectivas En El Libre Mercado Y La Globalización." *Panorama* 8(14):87–96.
- Cortés, Jimmy, Alejandro Cotes, and José Cotes. 2011. "Structural Features of Dual-Purpose Cattle Production System in the Colombian Humid Tropic." *Rev Colomb Cienc Pecu* 25(2):229–39. Retrieved (http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000200008).
- DANE. 2015. "La Ganadería Bovina de Doble Propósito, Una Actividad Productiva Sostenible Bajo Las Buenas Prácticas Ganaderas (BPGs)." *Boletín Mensual INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA* 34:70. Retrieved (https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos31_abr_2015.pdf).
- Daud A R, Putro U. S.and Basri M. H. 2015. "Risks in Milk Supply Chain; a Preliminary Analysis on Smallholder Dairy Production." *Livestock Research for Rural Development* 27. Retrieved (<http://www.lrrd.org/lrrd27/7/daud27137.htm>).

- Decretos, Los and Juan Manual Santos. 2017. "Salario Mínimo 2017 Colombia." 2016–17. Retrieved (<http://www.salariominimo2017colombia.com>).
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). 2004. "Lácteos." *Cadenas Productivas Estructura, Comercio Internacional Y Protección* 173–84. Retrieved (<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/DesarrolloEmpresarial/Lacteos.pdf>).
- Dinero. 2015. "¿Cómo Está El Sector Lechero?: Un Llamado a Mejorar." *Julio*, 26–27. Retrieved (<http://www.dinero.com/economia/articulo/analisis-del-sector-lechero-colombia-2015/211145>).
- Fajardo, Dario and Henry Salgado. 2017. *El Acuerdo Agrario*. edited by E. Aurora. Bogotá D.C.
- FAO. 2013. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Retrieved (<http://www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf>).
- FEDEGAN. 2009. "Lo Que Usted Necesita Saber Sobre La Leche En Colombia." *FEDEGAN*.
- Federación Nacional de Ganaderos. 2009. "Lo Que Usted Necesita Saber Sobre La Leche En Colombia."
- Finkeros. n.d. "¿Cuál Es La Importancia de La Capacidad de Carga Animal En Una Finca?"
- Forero, Gabriel. 2015. "El Mercado Del Yogurt Movi6 \$1,2 Billones Y Se Espera Un Aumento." *La Rep6blica*.
- García, G., M. Pulido, and Andrade R. 2011. "Evaluaci6n de Los Efectos Del Equipo de Ordeño Sobre El Comportamiento Composicional de La Leche

Cruda En Hatos Holstein Élite Del Altiplano Boyacense.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 24.

Gómez, LM, SL Posada, and M. Olivera. 2016. “Starch in Ruminant Diets: A Review.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 29(2):77–90.

Gomez, Manuel. 2010. “Foro Empresarización Y Competitividad Ganadera.” in *Costos y los indicadores de productividad en la ganaderia Colombiana. Oficina de investigaciones Económicas FEDEGAN.*

Grupo éxito. 2013. “El 49% Del Queso Consumido Por Los Colombianos Se Vende En Almacenes de Cadena.” *Noticias*. Retrieved (<http://www.grupoexito.com.co/es/noticias/ultimas-noticias/25-eventos/853-el-49-del-queso-consumido-por-los-colombianos-se-vende-en-almacenes-de-cadena>).

Guerrero, E., J. García, L. Cárdenas, and D. Martínez. 2011. “Buenas Prácticas de La Producción Lechera En 33 Hatos Lecheros de Los Municipios de Matanza, Surata Y California, de La Provincia de Soto Norte, En El Departamento de Santander.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 24.

Guimarães, Vinícius Pereira, Luis Orlindo Tedeschi, and Marcelo Teixeira Rodrigues. 2009. “Development of a Mathematical Model to Study the Impacts of Production and Management Policies on the Herd Dynamics and Profitability of Dairy Goats.” *Agricultural Systems* 101(3):186–96. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2009.05.007>).

Hartwich, Frank. and Carlos. Negro. 2010. “Food Safety Performance in European Union Accession Countries: Benchmarking the Fresh Produce Import Sector in Hungary.” *Agribusiness* 30(1):31–45.

- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, and CANCELACIÓN. 2016. *Inventario Nacional Y Departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Retrieved (<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>).
- Lait, Maison Du. n.d. “How Much Milk Is Needed to Make 1 Kg of Butter?” Retrieved (<http://www.maison-du-lait.com/en/faqs>).
- Mahecha, L. 2002. “El Silvopastoreo: Una Alternativa de Producción Que Disminuye El Impacto Ambiental de La Ganadería Bovina.” *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15(2):226–31.
- Mahecha, Liliana, Luis Gallego, and Francisco Peláez. 2002. “Situación Actual de La Ganadería de Carne En Colombia Y Alternativas Para Impulsar Su Competitividad Y Sostenibilidad.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 15(2):213–25.
- Mojica, Francisco José, Raúl Trujillo Cabezas, Daisy L. Castellanos, and Nathaly Bernal. 2007. *Agenda Prospectiva de Investigación Y Desarrollo Tecnológico de La Cadena Láctea Colombiana*. Retrieved (<http://www.minagricultura.gov.co/archivos/lacteos.pdf>).
- Molina, Raúl Andrés., Alberto Stanislao. Atzori, Rómulo Gaona, and Hugo Sanchez. 2014. “Using System Thinking to Study Sustainability of Colombian Dairy System.” *Business Systems Review* 3(2):123–41.
- Moya, Julio. 2013a. “Análisis de Mercado de La Leche Y Derivados Lácteos En Colombia.” *Superintendencia de Industria Y Comercio* 1–100.
- Moya, Julio. 2013b. “Análisis de Mercado de La Leche Y Derivados Lácteos En Colombia.” *Superintendencia de Industria Y Comercio* 1–100.

- Nieto, M. I., M. L. Guzmán, and D. Steinaker. 2014. "Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Simulación de Un Sistema Ganadero de Carne Típico de La Región Central Argentina." *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 40(1):92–101. Retrieved (<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84931068462&partnerID=tZOtx3y1>).
- Pascucci, S. and J. Ducan. 2015. *Informal Virtues and Formal Vices? Understanding the Implications of Producer Organizations for Pastoralists in India. In Cooperatives; Economic Democratization and Rural Development.* Edward Elgar Publishing Limited.
- Reinel, Jose, Uribe Ceballos, and Alberto Stanislao Atzori. 2016. "Efecto de La Edad Al Primer Parto Y Los Días Abiertos En Un Bovino Doble Propósito Sobre La Huella Hídrica Y de Carbono Effect." *Revista de Investigación Agraria Y Ambiental* 7v:107–19.
- Ritchie, D. et al. 2013. *Ganadería de Doble Propósito: Propuesta Para Pequeños Productores Colombianos.* Retrieved (http://www.esan.edu.pe/publicaciones/2014/01/16/serie_gerencia_desarrollo_33_ganaderia_productores_colombianos.pdf).
- Ritchie, David et al. 2013. *Ganadería de Doble Propósito: Propuesta Para Pequeños Productores Colombianos.* Retrieved (http://www.esan.edu.pe/publicaciones/2014/01/16/serie_gerencia_desarrollo_33_ganaderia_productores_colombianos.pdf).
- Sadeghian, Siavosh. 2003. "Impacto de La Ganadería Sobre El Suelo, Alternativas Sostenibles de Manejo." *SIMPOSIO Nacional de Ganadería Ecológica* 5 p. Retrieved (http://www.desertificacion.gob.ar/mapas/modelos/impacto_de_la_ganaderia_sobre_el_suelo.pdf).

SAGARPA. 2015. "Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación." Retrieved ([http://www.sagarpa.gob.mx/Glosario/Paginas/Unidad animal \(UA\).aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/Glosario/Paginas/Unidad%20animal%20(UA).aspx)).

Sastre, Oscar F. and ; Gilma Hernández; Pablo E Cruz Casallas. 2002. "Modelo de Regresión Logística Para Determinar Relaciones de Equipos de Ordeño Con La Presentación de La Mastitis Bovina En Fincas Del Altiplano Cundiboyacense." 15(4):13–25.

Secretaría Distrital de Planeación. 2011a. "Ciudad Bolívar Monografía." 194.

Secretaría Distrital de Planeación. 2011b. "Población de Bogotá Y Sus Localidades."

Smith, Jimmy, Shirley Tarawali, Delia Grace, and Keith Sones. 2013. "Feeding the World in 2050 : Trade-Offs , Synergies and Tough Choices for the Livestock Sector." 1:125–37.

Statista. 2017. "Per Capita Consumption of Buttermilk in the United States from 2000 to 2013 (in Gallons)." *The Statistics Portal*. Retrieved (<https://www.statista.com/statistics/183726/per-capita-consumption-of-whole-milk-in-the-us/>).

Sterman, John D. 2003. *Systems Thinking and Modeling for a Complex World*.

Suárez, G. J. et al. 2016. "Raw Milk Quality in Northwestern Colombia." *Rev Colomb Cienc Pecu* 29(3):210–17. Retrieved (<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84980411176&partnerID=40&md5=c9d9af5c0fd1ab96cd1654d625a4b048>).

Taylor, Publisher et al. 2013. "The Dairy Industry : A Brief Description of Production

Practices , Trends , and Farm Characteristics Around the World The Dairy Industry: A Brief Description of Production Practices , Trends , and Farm Characteristics Around the World.” (October 2014):37–41.

Tovar, L., J. Velásquez, and J. Triana. 2011. “Caracterización Socio-Económica de Productores Ganaderos de La Cuenca Lechera Del Oriente Del Valle de Ubaté (Colombia).” *Rev Colomb Cienc Pecu* 24.

Valero, MV et al. 2016. “Feeding Propolis or Essential Oils (Cashew and Castor) to Bulls: Performance, Digestibility, and Blood Cell Counts.” *Rev Colomb Cienc Pecu* 29(1):33–42.

Vergara, Wilson. 2016. *Costos de La Implementación de Las Buenas Prácticas de Ordeño En Cuatro Escenarios de Hatos Lecheros En Cundinamarca.*

Zhou, Hui, Teruaki Nanseki, and Shigeyoshi Takeuchi. 2012. “Dairy Farmers’ Risk Perception and Risk Management in China - Evidence from Hebei Province and Inner Mongolia.” *□□□□□□* 21(2):20–27.

CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

Las siguientes son las conclusiones de este estudio y que responden a los objetivos específicos que guiaron esta investigación:

Las fincas ganaderas informales doble propósito se caracterizan socioeconómicamente por tener entre 8 y 10 vacas aproximadamente, con productividades de 4 lt/vaca/día, obtienen ingresos alrededor de 323000 pesos los que son insuficientes para mejorar la calidad de vida de los integrantes de la familia campesina y su sistema productivo. Esto dificulta la reducción del porcentaje de la población rural en condición de pobreza del campo colombiano que es del 47%.

La formalización de las fincas ganaderas doble propósito permite mejorar el precio pagado al productor en un 9%, lo que permite mejorar la posibilidad de inversión en productividad para alcanzar producciones de 8 lt/vaca/día.

Las variables que se determinaron para hacer la evaluación del riesgo socioeconómico del eslabón primario fueron: la productividad animal, expresada inicialmente en 3.5lt/vaca/día y luego se estudió la transición hacia 8lt/vaca/día; los ingresos, que oscilaron entre 100000 y 1500000 pesos; los costos, que partieron de 620 pesos por litro de leche y se estudió la disminución hasta los 514 pesos; y los excedentes, que variaron entre 323000 y 500000 pesos, destinados para inversión en producción y satisfacción de necesidades básicas.

Las variables determinadas para la evaluación de la sostenibilidad fueron: la capacidad de carga, que varió entre 0.59 y 1.17 UA/ha y las emisiones de gases efecto invernadero producidas por animal, que tomó valores entre 63.7 y 5.69 Kg

de CO₂eq. Con estos valores se realizó una aproximación al estudio de la sostenibilidad de un sistema ganadero doble propósito de un pequeño productor, en consecuencia el modelo muestra que este actor puede invertir y alcanzar mayores ingresos si tiene acceso a tierra y a los conocimientos técnicos, expresados en el modelo en mejora de productividad e higiene y sanidad, que tienen incidencia a su vez en las emisiones de gases efecto invernadero por animal, las que pueden mitigarse a razón de la eficiencia de los recursos utilizados para la alimentación del hato ganadero.

Se modeló la sostenibilidad y el riesgo socioeconómico a través de la metodología de dinámica de sistemas. Inicialmente se simula un sistema ganadero doble propósito, en el que se tiene un hato ganadero de 9 animales representados en vacas y novillos, población que estuvo limitada por las hectáreas – 2 ha - disponibles para dicha actividad. Además se utilizaron los indicadores productivos de un sistema doble propósito, suministrados por FEDEGAN, para analizar los ingresos que podría alcanzar un pequeño ganadero bajo las condiciones iniciales dadas. Posteriormente, se modela la influencia de la asociatividad en dicho sistema, con el propósito de observar el comportamiento sobre la productividad animal en cada uno de sus factores y, a su vez, los efectos sobre los ingresos. Finalmente, se analizó el comportamiento del sistema bajo los supuestos de las posibilidades de inversión, con el fin de evaluar cuál de ellas podría suministrar mejores resultados a un pequeño ganadero.

Se determinó el impacto de los factores de variación de la productividad en el sector primario a través de diferentes escenarios. Un primer escenario en donde se simuló un sistema ganadero doble propósito sin ningún tipo de oscilación en los aspectos que influyen la productividad de sus animales, tales como: mano de obra, manejo de forrajes, suministro de suplementos y medicamentos; bajo esta condición el pequeño productor alcanzaría una rentabilidad de 5.7%. Un segundo

escenario que se estudió fue el del pequeño ganadero asociado, esto produjo una variación en los factores de productividad que incrementaron la rentabilidad hasta un 30%. Finalmente, un tercer escenario analizado fue el relacionado con las posibilidades de inversión (inversión en tierra, inversión en productividad, inversión en higiene y sanidad). De aquí se concluye que los mejores resultados se presentan cuando el pequeño productor decide realizar una inversión en igual proporción en esos aspectos, lo que incrementaría sus excedentes en un 54% aproximadamente.

Lo anterior permite concluir que el máximo de excedentes se logra cuando se invierte en igual proporción en tierra, productividad, higiene y sanidad y se está asociado, esto permite disminuir el riesgo de subsistencia o riesgo socioeconómico.

COMENTARIOS FINALES

Como producto de la investigación propuesta se generaron los dos artículos de investigación expuestos anteriormente, los que fueron presentados en los siguientes eventos de investigación:

- a. XIV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, Medellín 2016.
- b. XV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, Cartagena 2017.

Posteriormente, los artículos se someterán a las siguientes revistas de investigación:

Nombre del artículo: Evaluación de escenarios de productividad en los diferentes eslabones del sector lácteo en Cundinamarca.

Revista en la que será sometido: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias

Clasificación pubindex: B

Nombre del artículo: Evaluación del riesgo socioeconómico e impacto en la sostenibilidad de la formalización del eslabón primario de la cadena láctea en Cundinamarca

Revista en la que será sometido: Chilean Journal of Agricultural Research

Clasificación SJR: Q2