

ESTUDIOS DE LA

Orinoquia y
la Amazonia

Tomo I

**Tecnología y ciencia
en la Orinoquia
y la Amazonia**

Milcíades Vizcaíno (Ed.)

ESTUDIOS DE LA

Orinoquia y
la Amazonia

Tomo I

**Tecnología y ciencia
en la Orinoquia y la Amazonia**

**Technology and science
in the Orinoquia and the Amazonia**

Resumen

La colección interdisciplinaria *Estudios de la Orinoquia y la Amazonia* busca generar conocimiento, fomentar la discusión académica y asumir alternativas de solución a problemas regionales en la Orinoquia y la Amazonia. Si la Orinoquia y la Amazonia son territorios especiales por su abandono histórico y ellos constituyen una región única, deben tener un tratamiento especial que facilite su desarrollo y promueva el acceso al conocimiento científico y a los bienes producidos en el mundo desarrollado con el respeto a las poblaciones ancestrales y a las culturas regionales. En este primer volumen se encuentran trabajos relacionados con la medicina veterinaria y la investigación en salud en esta región. Las temáticas son variadas y deben ser asumidas desde una apertura teórica, metodológica y procedimental para alcanzar la comprensión del fenómeno en sus dimensiones y en sus contextos.

Palabras clave: Amazonia y Orinoquia, beneficios ambientales, fauna, flora, salud pública, zoonosis.

Abstract

The interdisciplinary collection *Studies of the Orinoquia and the Amazon* seeks to generate knowledge, encourage academic discussion, and assume alternative solutions to regional problems in the region. If the Orinoquia and the Amazon are special territories due to their historical abandonment and they constitute a unique land, they must have a special treatment that facilitates their development and promotes access to scientific knowledge and goods produced in the developed world with respect for populations ancestral and regional cultures. In this first volume are works related to veterinary medicine and health research in this region. The themes are varied and must be assumed from a theoretical, methodological and procedural opening to reach an understanding of the phenomenon in its dimensions and its contexts.

Keywords: Amazonia and Orinoquia, environmental benefits, fauna, flora, public health, zoonosis.

¿Cómo citar este libro? / How to cite this book?

Vizcaíno, M. (Ed.). (2019). *Estudios de la Orinoquia y Amazonia, Tomo I: Tecnología y ciencia en la Orinoquia y la Amazonia*. Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. doi: <https://dx.doi.org/10.16925/9789587601695>

Tecnología y ciencia en la Orinoquia y la Amazonia

**Technology and science
in the Orinoquia and the Amazonia**

Tecnología y ciencia en la Orinoquia y La Amazonia = Technology and science in the Orinoquia and the Amazonia / Milcíades Vizcaíno (Ed.) ; autores, Diana Patricia Barajas-Pardo ... [et al.]. – Bogotá : Universidad Cooperativa de Colombia, 2019.
p. – (Estudios de la Orinoquia y la Amazonia ; Tomo 1)

Incluye datos biográficos de los autores. -- Incluye referencias bibliográficas. -- Texto en español con resumen en inglés.

ISBN 978-958-760-161-9

1. Veterinaria – Investigaciones - Orinoquia (Región, Colombia)
2. Veterinaria – Investigaciones - Amazonía (Región, Colombia)
3. Salud - Investigaciones - Orinoquia (Región, Colombia) 4. Salud – Investigaciones - Amazonía (Región, Colombia) 5. Orinoquia (Región, Colombia) – Investigaciones 6. Amazonía (Región, Colombia) - Investigaciones I. Vizcaíno, Milcíades, ed. II. Barajas Pardo, Diana Patricia III. Serie

CDD: 636.089 ed. 23

CO-BoBN– a1053381

Tecnología y ciencia en la Orinoquia y La Amazonia

© Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, junio de 2019

© Diana Patricia Barajas-Pardo, Darío Cárdenas-García, Simon Costanzo, German Delreal-Cáceres, Sarah Freeman, Alexandra Fries, Yury Tatiana Granja-Salcedo, Luis Germán Naranjo, Norton Perez-Gutierrez, Emma Isabel Rodríguez-Darabos, Cesar Freddy Suarez, Michele Thieme, Jose Saulo Usma. Milcíades Vizcaíno (editor)

ISBN de la colección

Impreso: 978-958-760-160-2

PDF: 978-958-760-164-0

EPUB: 978-958-760-168-8

ISBN del libro

Impreso: 978-958-760-161-9

PDF: 978-958-760-165-7

EPUB: 978-958-760-169-5

DOI: <https://dx.doi.org/10.16925/9789587601695>

Colección Estudios de la Orinoquia y la Amazonia

Proceso de arbitraje doble ciego

Recepción de capítulos: junio de 2017

Evaluación de contenidos: marzo de 2018

Corrección de autor: mayo de 2018

Aprobación: junio de 2018

Fondo Editorial

Director Nacional Editorial, Julián Pacheco Martínez

Especialista en Gestión Editorial, Daniel Urquijo Molina

Especialista en Producción Editorial (libros), Camilo Moncada Morales

Especialista en Producción Editorial (revistas), Andrés Felipe Andrade Cañón

Analista Editorial, Claudia Carolina Caicedo Baquero

Asistente Administrativo, Yeraldin Xiomara Súa Páez

Proceso editorial

Corrección de estilo y lectura de pruebas, Matilde Salazar Ospina

Diseño y diagramación, Javier Barbosa

Impresión, Javegraf

Impreso en Bogotá, Colombia. Depósito legal según el Decreto 460 de 1995

Nota legal: Todos los derechos reservados. Ninguna porción de este libro podrá ser reproducida, almacenada en algún sistema de recuperación o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio –mecánicos, fotocopias, grabación y otro–, excepto por citas breves en revistas impresas, sin la autorización previa y por escrito del Comité Editorial Institucional de la Universidad Cooperativa de Colombia.

Contenido

Contenido	5
Presentación	9
El concepto de frontera en la Orinoquia y a la Amazonia	9
El desarrollo de la ciencia	13
La publicación sobre la Orinoquia y la Amazonía	18
Referencias	19
Uso de glicerina cruda como estrategia nutricional en la producción de rumiantes en la Orinoquia y Amazonia colombiana	21
<i>Use of crude glycerin as a nutritional strategy in the production of ruminants in the Orinoquia and Colombian Amazonia</i>	
Introducción	23
Requerimientos nutricionales del ganado cebú en Colombia	25
Caracterización de los forrajes en Orinoquia y Amazonia colombiana	26
Composición de la glicerina proveniente de la producción de biodiesel	32
Metabolismo de la glicerina en los rumiantes	33
Hallazgos del uso de glicerina en la alimentación de rumiantes en el trópico	35
Consideraciones finales	38
Referencias	39

Rol de las zoonosis en la salud pública para la región de los Llanos Orientales de Colombia	45
<i>Zoonosis role in public health in the region of Los Llanos Orientales in Colombia</i>	
Introducción	47
Epidemiología de las zoonosis emergentes y reemergentes y su rol en la salud pública	48
Colombia, sus ecosistemas naturales y la riqueza de su biodiversidad	54
El significado epidemiológico de este privilegio biológico	58
Las aves migratorias como posibles reservorios de enfermedades en los Llanos Orientales	59
Zoonosis emergentes y reemergentes en la región de los Llanos Orientales	61
Las enfermedades transmitidas por vectores (ETV)	77
Políticas de salud pública en Colombia. ¿Es suficiente la vigilancia epidemiológica?	85
Las zoonosis ¿enfermedades subdiagnosticadas en los servicios rutinarios de salud?	86
Perspectivas de las zoonosis en la región de los Llanos Orientales	88
Conclusiones	89
Referencias	92
Experiencias y alternativas para la introducción de árboles en diferentes arreglos silvopastoriles que pueden aportar beneficios económicos y ambientales a la ganadería de la Orinoquia	109
<i>Experiences and alternatives for the introduction of trees in different silvopastoral arrangements that can bring economic and environmental benefits to the livestock of the Orinoquia</i>	
Introducción	111
Importancia de los árboles en los sistemas ganaderos de la Orinoquia	114
Conclusiones	146
Referencias	149

Ciencia e investigación en salud (área clínica) en la Orinoquia y la Amazonia	155
<i>Science and research in health (clinical area) in the Orinoquia and the Amazon</i>	
Referencias	172
El reporte de salud del Orinoco: una herramienta para mejorar y mantener la salud de la cuenca	183
<i>The Orinoco health report: a tool to improve and maintain the health of the basin</i>	
Introducción	185
Antecedentes	187
Metodología	187
Comunicación de resultados	191
Indicadores evaluados	192
Referencias	208
Sobre los autores	213

Presentación

Milcíades Vizcaíno G.

La ciencia es una de las potencialidades que ha desarrollado la humanidad para comprender y transformar el mundo. Ella, la ciencia, ha tenido un desenvolvimiento histórico y geográfico cuyos indicadores se pueden encontrar en la tradición construida tanto por investigadores individuales como por grupos de investigación apoyados por agencias nacionales e internacionales. Esta dinámica va implícita en el sustrato de las investigaciones que se presentan en esta serie producida y liderada por algunas universidades del Departamento del Meta con sede en Villavicencio, su capital.

Tres aspectos contribuyen a desarrollar la Presentación: el primero está construido sobre la idea de frontera que alimentó estudios históricos en los Estados Unidos y en otras regiones del mundo. El segundo hace un bosquejo, obviamente parcial y limitado, sobre la dinámica que ha presentado la ciencia en el mundo occidental con la intención de colocar algunos elementos para mostrar la dimensión del problema y la urgencia de su conocimiento y de su uso social. El tercero presenta algunas características de los dos primeros tomos sobre la Orinoquia y la Amazonía.

El concepto de frontera en la Orinoquia y a la Amazonia

En el año 1819, el Libertador Simón Bolívar desarrolló su proyecto de libertad de la Gran Colombia en la cual los llaneros aportaron combatientes, recursos y medios necesarios para sostener la guerra y lograr





la victoria final. El historiador estadounidense considerado por muchos como el decano de los colombianistas, David Bushnell (1992), quien dedicó la mitad de su vida al conocimiento del país, concluyó en alguno de sus trabajos que Colombia era el menos estudiado e incomprendido de los principales países latinoamericanos. Respecto de los llanos Orientales, son una región que históricamente ha crecido a espaldas de Colombia; o, de otro modo, el país, ha crecido sin tomar en cuenta los Llanos Orientales porque el crecimiento ha sido una característica de otras regiones mientras los Llanos permanecieron sin mayores transformaciones. Hasta 1965, salvo unos pocos estudios realizados por geógrafos y antropólogos, no existía información confiable sobre la región. A pesar de lo anterior, “estudiar al llanero, su índole, tradiciones, su folclor: desentrañar el hondo significado de sus creencias y supersticiones; mejorar su salud y desarrollar su mente; orientar vocacionalmente a las actividades creadoras congénitamente aptas para el Llano: son imperativos de Gobierno” (Ramírez, 1954, p. 37), escribía un ingeniero egresado de la Universidad Nacional de Colombia. Quizá, la información que conocimos fue la explotación de los indígenas en las caucherías por Julio César Arana, como ampliamente nos informó José Eustasio Rivera (1958). Sin embargo, otros extranjeros iniciaron la explotación del caucho años antes. Así, en 1878, la Casa Elías Reyes y Hermanos inició sus operaciones en el piedemonte colombiano. En 1885, empezó la extracción de caucho negro. En 1886 Julio César Arana con Benjamín y Rafael Larrañaga organizaron una sociedad que tuvo actividad en el Putumayo. Terminando el siglo XIX se localizó en el Putumayo la compañía cauchera *Calderón*.

Finalmente apareció el Estado con el cambio de siglo, en 1900, cuando expidió el Decreto 645 que reguló la explotación privada de las tierras “baldías”. En 1903 se fundó la empresa *Arana, Vega y Larragnaga* y luego la *Casa Arana y Hermanos*. Desde 1904, Arana compró las empresas caucheras de la región y, en 1907, registró su compañía en Londres con el nombre de *The Peruvian Amazon Company*, que fue liquidada por los ingleses en 1911, año en que el caucho tuvo la cotización mundial más alta de toda la historia. Los cultivos en África y Malasia fueron sus competidores (Sierra, 2011). La confrontación Perú-Colombia y la participación inglesa contribuyeron a su transformación.

Los Llanos Orientales se caracterizaron por ser una región extensa y con una gran dispersión demográfica, la cual contaba con muy poca presencia institucional, además de carecer de relaciones con otras partes del país (Centro Nacional de Memoria Histórica, 2018). Estos factores presentados por el Centro de Memoria Histórica ofrecieron ventajas a los actores ilegales en la lucha histórica por apropiarse del territorio.

En su edición del 13 de marzo del 2013, la Revista SEMANA presentó “Tierra a la vista”, un diagnóstico de la Orinoquia con el cual anunciaba un trabajo especial que circuló en la edición del 17 de marzo siguiente. La Revista, no el gobierno nacional, convocó a más de 600 invitados de la región, entre quienes estaban autoridades, empresarios, representantes de los gremios, dirigentes políticos, miembros de la sociedad civil y gobernantes de la región (Semana, 2013). Fue la oportunidad para presentar un diagnóstico de la Orinoquia y la Amazonía con temas de economía, infraestructura, medio ambiente, cultura, seguridad y orden público, entre otros. El Director de Semana, Alejandro Santos, subrayaba que “el Gobierno Nacional le ha dado la espalda a esta región y solo después de 200 años de vida Republicana está volteando a mirar hacia la Orinoquia, la región está viviendo un gran momento” (Semana, 2013). El Director de Semana sugería “conciliar la inversión extranjera con unas realidades locales diversas”. (Semana, 2013). Este fue el significado explícito de la convocatoria. Lo que significó abrir las oportunidades para que llegaran inversionistas extranjeros, de otras regiones del país, que han cumplido la tarea de desplazar a los indígenas y a apropiarse de las tierras adquiridas por medios legales e ilegales, porque algunos están en procesos judiciales. Es pertinente resaltar que, como sostiene otra edición de la Revista *Semana*, entre los invitados al evento, “más del 90 por ciento de los colaboradores son personas que no cuentan con un conocimiento cercano y vivible de lo que es la realidad regional. Algunos, aunque son autoridad en su campo, describen con total desconocimiento, demostrando una solvencia falsa, sobrevalorando la experiencia de permanecer uno o dos días en la región, o de haber sobrevolado y observado el paisaje local, con total desfachatez pontifican, lanzando opiniones endebles sobre los problemas y soluciones de la región (Semana, 2013). La descripción es del Secretario Técnico del Comité Universidad- Empresa - Estado del Meta, Manuel Javier Fierro Patiño.





El evento de *Semana* sirvió para ratificar el aislamiento histórico de la Orinoquia y la Amazonía, para mostrar el desconocimiento de quienes se encuentran en el exterior de la región acerca de sus habitantes, potencialidades y necesidades en la presentación de soluciones pertinentes y, sobre todo, para presentar la avanzada de nuevos pobladores que compartirán las tierras con quienes han sido los pobladores tradicionales en la región.

Estos acontecimientos plantean el escenario para revivir el concepto de *frontera* originado y aplicado en los Estados Unidos por Frederick Jackson Turner en 1893. Para él, las características particulares de las instituciones norteamericanas se deben a que estas se han tenido que adaptar los cambios propios de un pueblo en crecimiento y expansión, lo que genera, a su vez, la abolición de los regionalismos y permite construir una idea de nación americana, distinta de lo europeo (Jackson Turner, 1996). Una de las preocupaciones en la avanzada del Este al Oeste, en los Estados Unidos, fue por el pluralismo cultural y el cambio social que ponía en entredicho las identidades regionales (Rausch, 2010). Una consecuencia de la economía asimétrica en Colombia ha sido la marginalidad y la urbanización exagerada, a lo que se suman otras distorsiones como el elevado índice de desempleo y la mala calidad de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y electricidad, que no satisfacen las necesidades de una población en crecimiento (Gouset, 1998). Sin embargo, Villavicencio terminó totalmente integrada en la sociedad colombiana (Rausch, 2010). A pesar de que históricamente Colombia ha sido reconocida como un país de regiones, debido a su supremacía, sigue careciendo de una verdadera identidad nacional (Bushnell, 1993), que daría desarrollo a la democracia y a la participación activa de los ciudadanos, independientemente del territorio que habiten. La focalización de los esfuerzos institucionales a unas regiones ha producido abandono y desmedro en las demás, entre ellas los Llanos Orientales. En este proceso, se ha producido un efecto caracterizado por la debilidad de la identidad nacional.

Desde la perspectiva del conocimiento científico, es aceptado que “no hay modernidad sin ciencia ni hay desarrollo económico sin tecnología” y “apropiar una revolución del conocimiento significa institucionalizar la investigación en cuanto práctica social” (Gómez y Jaramillo, 1997, p.

xi). En relación con la Orinoquia y la Amazonia existe una barrera que bloquea el diálogo de saberes internos con los externos. Esa dificultad es fracturada por las universidades que se han instalado en la región y que tienen como objetivo la difusión del conocimiento científico en la variedad de profesiones que son asimiladas por las generaciones de estudiantes que pasan por sus aulas. Igualmente, los investigadores han sorteado esfuerzos para mostrar las características, potencialidades, problemas y soluciones de los pobladores, la vasta riqueza del entorno biótico y abiótico de la región y de las subregiones de los departamentos¹. En el exterior de la región han ocurrido transformaciones de la ciencia cuyo conocimiento no ha fluido hacia adentro; pero también los conocimientos producidos en la región y consolidados como prácticas ancestrales son desconocidos por científicos y gentes del común que se encuentran en ambientes diferentes a la región.

Hace falta un diálogo que ponga en evidencia unos y otros conocimientos para que sean aprovechados en la superación de las debilidades y contribuyan a mejorar las potencialidades. A continuación, se hace una presentación sucinta de la ciencia solamente con la intención de puntualizar algunos elementos que los investigadores desarrollarán en sus trabajos presentados en estas dos publicaciones o en entregas posteriores.

El desarrollo de la ciencia

La organización de las ciencias que actualmente conocemos ha pasado por un complejo proceso desde su vinculación genérica a la filosofía hasta la segmentación en ciencias naturales y ciencias sociales. La

1 Hay en la región trabajos cuya importancia se debe destacar. Algunos son: Ladino, W. (2016). *Legitimidad del Estado en una frontera de sabana ecuatorial, Vichada 1992-2010* [tesis de doctorado]; Esquivel, R. (2002). Colonización y violencia en Los Llanos, 1949-1953. *Memoria y Sociedad* 6(11), 57-84; Preciado, F. A. (2010). *Desarrollo endógeno en una región de frontera. Los Llanos Orientales de Casanare y Meta* [tesis de doctorado]; Serje, M. (2011). *El Revés de la Nación. Territorios salvajes, fronteras y tierras de nadie*. Bogotá: Universidad de los Andes; UNODC. (2010). *Transformación socioeconómica y biofísica asociadas con cultivos ilícitos en el en la región del Sur del Meta-Guaviare, 1990-2009*; Rausch, J. (2003). *Colombia: El gobierno territorial y la región de los Llanos*. Medellín: Universidad de Antioquia.





pregunta que conviene resolver es cómo se produjo este proceso y a qué circunstancias respondió y con qué consecuencias.

Mario Bunge (1979) definió la ciencia como el conjunto de conocimientos racionales, sistemáticos, verificables y falibles. La siguiente afirmación es, igualmente, contundente: “donde no hay método científico no hay ciencia” (Bunge, 1983, p. 29). Estas afirmaciones parten del supuesto de la existencia de una sola forma epistemológica, teórica, metodológica y técnica para acceder, desarrollar, organizar el conocimiento y calificarlo como “científico”. Si bien tal posición tuvo sus defensores, también generó sus contradictores que florecieron por doquier. El supuesto tenía implicaciones profundas en su aceptación para todos los campos de conocimiento que pueden ser presentados con el respaldo científico. La pregunta sobre la existencia de un método científico es compleja, e igualmente las respuestas que aquí se esbozan en sus aspectos generales.

La historia ha debatido los argumentos que presentaron unos y otros en la concepción y en la aplicación de lo que consideraron “ciencia”. Las diferencias no se han zanjado con el tiempo, sino que se han profundizado a pesar de los esfuerzos de conciliación y de búsqueda de alternativas de “unificación de la ciencia”. Este ideal fue abordado por el positivismo lógico con el liderazgo de Rudolf Carnap y de Otto Neurath, entre otros, que proponían *La Enciclopedia de la Ciencia Unificada*, natural o social, en torno a un lenguaje común: el lenguaje de la lógica moderna. La discusión epistemológica se canceló, se redujo a la metodología y luego a técnicas. Los manuales de “investigación” encontraron un mercado en las universidades que acogieron la solución sin discusión. La muerte de Neurath en 1945 detuvo el impulso de la organización.

Entretanto apareció la *Estructura de las Revoluciones Científicas* de Thomas Samuel Kuhn que causó una controversia mayor con implicaciones filosóficas, científicas e, incluso, teológicas. Estos, y otros campos, fueron afectados por sus tesis demoledoras. Su tesis doctoral en Física en la Universidad de Harvard en 1947 significó un desplazamiento hacia la historia de la astronomía y, por esta vía, accede a la filosofía de la ciencia con planteamientos polémicos que se confrontaban con Karl Popper. Kuhn defendía la tesis de que la filosofía de la ciencia es una reflexión filosófica acerca de las teorías científicas. Se encuentra con que los científicos y las comunidades científicas, lo que hacen es, construir, difundir

y aplicar teorías de las ciencias. Mientras desarrolla estas operaciones cambia, confronta, acepta y rechaza teorías por cuanto la ciencia es modificable si, y sólo si, los argumentos tienen la capacidad de demoler las estructuras rígidas de los conceptos y de sus aplicaciones. El mismo es un ejemplo de modificación de sus tesis como consecuencia de las aportaciones provenientes de científicos que estudiaron en detalle los fundamentos de la propuesta inicial de Kuhn. En 1970, publicó un *post-scriptum*, con la precisión de algunos conceptos sobre los paradigmas de la ciencia normal. De las publicaciones de Stephen Toulmin, de Paul Feyerabend, Karl Popper y de Imre Lakatos, entre otros, surge un Thomas Kuhn renovado con lo que propone ahora sobre matriz disciplinar. Son tres los elementos constitutivos que son las “generalizaciones simbólicas”, que son los componentes formales; los “modelos”, entendidos como guías para proceder en la investigación; y los “ejemplares” o problemas concretos con los “valores compartidos” por los científicos. Finalmente, Kuhn define cinco características que debe satisfacer la teoría:

- a. Debe ser rigurosa en el interior de su dominio, vale decir del campo y de los resultados observados.
- b. Debe ser consistente tanto consigo misma como con otras que sean aceptadas.
- c. Debe poder aplicarse a un amplio campo que cubra tanto casos particulares como leyes y teorías.
- d. Debe ser simple por cuanto lleva orden a los eventos que analiza y que, de otra manera, estarían aislados.
- e. Debe ser fructífera en tanto los nuevos hallazgos de la investigación vinculan objetos o conocidos.

Entretanto la profesora Margaret Marterman se dedica a analizar el concepto de Kuhn sobre paradigma y encuentra que él lo utiliza con 21 definiciones diferentes con lo cual subraya la dificultad en operar con este concepto que ha sido desarrollado más en la sociología que en otras áreas de conocimiento y presenta una operatividad multiusos. Por otra parte, afirma que el concepto no tiene contenidos por no provenir de una orientación filosófica que lo respalde. Con estas debilidades, Kuhn había colocado el concepto de paradigma en el centro de su teoría; en consecuencia, muestra su gran debilidad.





La gran contradicción de Kuhn está en su afirmación de que la revolución científica es un hecho aislado, localizado en la historia, pero ligado a la ciencia normal. Popper sostiene que la ciencia se encuentra siempre en un estado de revolución, de cambio, de innovación. Para el profesor de la Universidad de Cornell, L. Pearce Williams el concepto más problemático de la teoría de Kuhn es la ciencia normal, no el de revolución. Kuhn no presenta demostraciones provenientes de la historia, y Williams sugiere abordar esa investigación histórica.

Desde los años 1930 hasta 1980, la teoría sociológica ideada por Talcott Parsons fue la dominante tanto en la enseñanza de las universidades como en la práctica de investigación no solamente en los Estados Unidos sino en toda América y en Europa, y luego en los demás continentes. Su teoría de la acción social con enfoque estructural funcionalista le dio las bases para proponer la primera teoría de sistemas sociales desarrollada en los Estados Unidos. El fundamento de su teoría estaba en la tradición sociológica de Emilio Durkheim, Vilfredo Pareto y Max Weber. Sus traducciones al inglés le permitieron proponer una amplia difusión del pensamiento sociológico. Su pretensión fue la presentación de una teoría de la totalidad de los fenómenos sociales.

Este aspecto llevó a Robert King Merton a proponer teorías de nivel medio (*middle-range*), con el fin de acercar la teoría a los hechos concretos analizados en la investigación empírica. Merton fue uno de los alumnos de Talcott Parsons y, al mismo tiempo, uno de sus opositores como lo fueron Kinsley Davis, Robin Williams, Wilbert Moore, Marion Levy, Neil Smelser, Wright Mills, Jeffrey Alexander, Niklas Luhmann, Clifford Geerts, entre otros. Merton estudia los marcos normativos de la acción, y no renuncia al objetivismo y ni a las explicaciones causales que fundamentan sus modelos ideales de la acción. Un ejemplo proviene de su tesis doctoral *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII* (1938), elaborada con el apoyo de su esposa Harriet Zuckerman. Otra parte de sus investigaciones se concentraron en el *ethos* científico, concepto emanado de Parsons y desarrollado en *La sociología de la ciencia* (1979). Ambos trabajos han sido reconocidos en el mundo académico como contribuciones fundamentales.

Algunos aportes de Immanuel Wallerstein presentados en *Abrir las ciencias sociales* (2006) que se resumen en cuatro puntos: a) la

construcción histórica de las ciencias sociales desde el siglo XVIII hasta el fin de la segunda guerra mundial; b) Las diversas posiciones de las ciencias sociales desde 1945 hasta el presente; c) el carácter actual de las ciencias sociales; y d) la necesidad de la reestructuración de las ciencias sociales. Con las discusiones acordadas en este Informe, se fracturaron las posiciones que defendían la hegemonía de leyes generales y se volcaron a atender también lo particular, los eventos contingentes, así como la larga duración.

Se rompe el campo de las dos culturas, una para la ciencia y otra para las humanidades y se ubica en el medio no excluido. Se comprende que la *física social* requiere un tratamiento específico para diferenciado del estudio sobre la *naturaleza*. Los cambios históricos de la modernidad presentaron cambios en zonas geográficas dispersas de vasta extensión, en áreas lingüísticas complejas, con baja institucionalidad y mínima integración con otras regiones del país. Estos hallazgos pusieron en cuestión la validez y la confiabilidad de los procedimientos y las conclusiones con métodos tradicionales. Se amplió el campo del conocimiento y de las categorías científicas y se exigió la práctica del pluralismo en el estudio de eventos sociales y culturales. El primer problema es el desencantamiento del mundo, en la tradición de Max Weber, y por tanto el reencantamiento del mundo con las ciencias sociales renovadas para dar cuenta de la comprensión. Al mismo tiempo, se abre el camino para la inserción de las categorías de tiempo y de espacio como constitutivas del *campo social*, y no como invariantes. Se supera la neutralidad para sustituirla por la interdisciplinariedad y las posiciones activas de la política que emerge frente a la pasividad tradicional. Las ciencias sociales abordan las subjetividades, las identidades y las opciones políticas que las ciudadanías activas proponen y practican. El mundo de la investigación queda abierto para el diálogo entre saberes porque se han derribado las fronteras entre teorías del conocimiento, entre modos de hacer ciencia y entre supuestas configuraciones filosóficas como su fundamento. Se crea un amplio escenario en el cual se practican los intercambios y se reducen las tensiones entre defensores a ultranza de teorías que se erigen como representativas de la ciencia. Así como se plantean problemas mundiales y regionales, también caben análisis sobre distintas perspectivas geográficas y culturales, con posiciones no eurocentristas





ni que invoquen especificidades que ignoren la pluralidad y la universalidad del mundo, como plantea González Casanova, en la Introducción a *Abrir las Ciencias Sociales* (Wallerstein, 2006). El necesario diálogo en la búsqueda de comprensiones y de explicaciones más amplias queda abierto no solamente entre teorías y concepciones científicas sino entre regiones geográficas, sociales y culturas.

La publicación sobre la Orinoquia y la Amazonía

La colección interdisciplinaria *Estudios de la Orinoquia y la Amazonia* tiene el interés de generar conocimiento, fomentar la discusión académica y asumir alternativas de solución a problemas regionales en la Orinoquia y la Amazonia. Si la Orinoquia y la Amazonia son territorios especiales por su abandono histórico y ellos constituyen una región única, deben tener un tratamiento especial que facilite su desarrollo y promueva el acceso al conocimiento científico y a los bienes producidos en el mundo desarrollado con el respeto a las poblaciones ancestrales y a las culturas regionales. La publicación es un paso en el diálogo necesario entre el *adentro* y el *afuera* de los contextos específicos.

Entretanto, la Editorial de la Universidad Cooperativa de Colombia ha organizado una infraestructura dedicada a apoyar a los investigadores y le ha dado el carácter y la función de ser una Editorial. En esta oportunidad, la colección interdisciplinaria *Estudios de la Orinoquia y la Amazonia* reúne esfuerzos en un trabajo interdisciplinario en el cual convergen investigadores vinculados a diferentes universidades y organizaciones con presencia en estas regiones.

La publicación inicial contiene investigaciones que están organizadas en dos volúmenes. En el primero se encuentran trabajos relacionados con la medicina veterinaria y la investigación en salud en la Orinoquia. En el segundo los temas van desde la educación en la Orinoquia, La Geopolítica, integración física y desarrollo en la Amazonía, colectivos quilombolas en la Amazonia brasileña, pintura amazónica contemporánea, planes de vida de indígenas de la Amazonía y la Orinoquia y mito, mercado y múltiples ontologías en un proyecto de jardín forestal entre los Sateré-Mawé de la Amazonia brasileña.

Las temáticas son variadas y deben ser asumidas desde una apertura teórica, ontológica, metodológica y procedimental para alcanzar la comprensión del fenómeno en sus dimensiones y en sus contextos.

Referencias

- Bunge, M. (1979). *La ciencia. Su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Bunge, M. (1983). *La investigación científica. Su estrategia y su filosofía*. Barcelona: Ariel.
- Bushnell, D. (1992). *The Making of Modern Colombia: A Nation in Spite of Itself*. Los Ángeles, CA: University of California Pressi.
- Centro Nacional de Memoria Histórica (CNMH). (2018). *Violencia paramilitar en la Altillanura: autodefensas campesinas de Meta y Vichada*. Recuperado de: <http://www.centrodememoriahistorica.gov.co/informes/publicaciones-por-ano/2018/violencia-paramilitar-en-la-altillanura>
- Gómez B., H. y Jaramillo S. H. (1997). *37 modos de hacer ciencia en América Latina*. Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- Jackson Turner, F. (1996). *The Frontier in American History*. Nueva York: Dover Publications.
- Ramírez, G. (1954). San Luis de Palenque: El llanero y su presente. *Económica Colombiana* 2, agosto, 21–38.
- Rausch, J. (2010). ¿Continúa teniendo validez el concepto de frontera para estudiar la historia de Los Llanos en el siglo XXI? *Fronteras de la Historia*, 15(1), 157-179.
- Rivera, J. E. (1985). *La vorágine*. Buenos Aires: Losada.
- SEMANA. (2013). *Tierra a la vista*. Recuperado de <https://www.semana.com/nacion/articulo/semana-presento-tierra-vista-diagnostico-orinoquia/336609-3>





- Sierra, G. P. (2011). *La fiebre del caucho en Colombia*. Red Cultural del Banco de la República de Colombia. Recuperado de <http://www.banrep-cultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-262/la-fiebre-del-caucho-en-colombia>
- Wallerstein, I. (2006). *Abrir las Ciencias Sociales. Informe de la Comisión Gulbenkian para la reestructuración de las Ciencias Sociales*. México: Siglo XXI.



Uso de glicerina cruda como estrategia nutricional en la producción de rumiantes en la Orinoquia y Amazonia colombiana

Use of crude glycerin as a nutritional strategy in the production of ruminants in the Orinoquia and Colombian Amazonia

Yury Tatiana Granja-Salcedo

¿Cómo citar este capítulo? / How to cite this chapter?

Granja-Salcedo, Y. T. (2019). Uso de glicerina cruda como estrategia nutricional en la producción de rumiantes en la Orinoquia y Amazonia colombiana. En M. Vizcaíno (Ed.), *Estudios de la Orinoquia y Amazonia, Tomo I: Tecnología y ciencia en la Orinoquia y la Amazonia* (pp. 21-43). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. doi: <https://dx.doi.org/10.16925/9789587601695>

Resumen

El propósito del presente capítulo es exponer el potencial de la glicerina proveniente de la producción de biodiesel de aceite de palma en Colombia como suplemento estratégico en la alimentación de rumiantes en la Orinoquia y la Amazonia colombiana. En este capítulo serán abarcados importantes tópicos como: requerimientos nutricionales del ganado cebú en Colombia, caracterización de los forrajes en Orinoquia y Amazonia colombiana, composición de la glicerina proveniente de la producción de biodiesel, metabolismo de la glicerina en los rumiantes y hallazgos del uso de glicerina en la alimentación de rumiantes en el trópico. Serán propuestas estrategias nutricionales para la inclusión de glicerina como suplemento en la producción de rumiantes en la región Orinoquia y Amazonia colombiana.

Palabras clave: Amazonia, biocombustibles, glicerina cruda, Orinoquia.

Abstract

The purpose of this chapter is to expose the potential of glycerin from the production of biodiesel from palm oil in Colombia as a strategic supplement in the feeding of ruminants in the Orinoquia and the Colombian Amazon. This chapter will cover important topics such as: nutritional requirements of zebu cattle in Colombia, characterization of forages in Orinoquia and Colombian Amazonia, composition of glycerin from biodiesel production, metabolism of glycerin in ruminants and findings related with the use of glycerin in the diet of ruminants in the tropics. Nutritional strategies will be proposed for the inclusion of glycerin as a supplement in the production of ruminants in the Orinoquia and Colombian Amazonia region.

Key words: Amazonia, biofuels, crude glycerin, Orinoquia.

Introducción

Como resultado de las perspectivas de agotamiento de los combustibles fósiles y la preocupación medioambiental por las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, la producción de biodiesel se ha incrementado a nivel mundial. Según la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, durante el último año en Colombia la producción de biodiesel proveniente del aceite de Palma supera las 35 mil toneladas/mes y cuatro de las doce plantas productoras de biodiesel en funcionamiento se encuentran en la región Orinoquia (FNDC, 2016).

La producción de biodiesel a partir de aceites vegetales genera glicerina bruta como subproducto y se estima que por cada kilogramo producido de biodiesel se generan aproximadamente 0,1 kilogramos de glicerina bruta. Ésta es una sustancia que se ha convertido para muchas industrias en un problema, ya que, aunque sirve para la elaboración de lubricantes o cosméticos, la enorme cantidad que se genera ha inundado el mercado de tal forma que en muchas ocasiones supone un elevado costo retirarla.

La glicerina tiene diversos destinos industriales y recientemente ha comenzado a incluirse en raciones para la alimentación de animales de producción, por su alto valor

energético, palatabilidad y facilidad de mezcla con otros ingredientes de las dietas (Henn et al., 2009). En rumiantes, la glicerina puede considerarse un suplemento energético, cerca del 56 % de su componente principal—el glicerol— es absorbido y utilizado en el hígado como precursor de glucosa, mientras la fracción utilizada por los microorganismos en el rumen es rápidamente metabolizada. Esto resulta en la producción de ácidos grasos de cadena corta, principalmente propionato, otra fuente de energía para el animal (Granja-Salcedo et al., 2016a).

Un manejo nutricional adecuado es un punto clave para el mantenimiento de la productividad en un sistema ganadero, pues influencia fuertemente los índices zootécnicos especialmente los parámetros reproductivos (Granja-Salcedo et al., 2012).

La región Orinoquia y Amazonia colombiana son regiones donde la producción de rumiantes, principalmente bovinos, representa un importante renglón económico, sin embargo, la rusticidad de las pasturas presentes en estas regiones, así como la poca oferta de alimento durante el verano caracterizado por largas sequías, son factores que influyen significativamente la productividad ganadera de esas regiones. De ese modo, las estrategias nutricionales son requeridas para garantizar la oferta adecuada de alimentos para el mantenimiento y producción de los animales.

Dentro de las estrategias que pueden ser utilizadas en estas regiones es prioridad garantizar durante todo el año un suministro adecuado de forrajes, mediante el uso de bancos de proteína, sistemas silvopastoriles, bancos energéticos de forrajes, ensilados o henos, así como la inclusión de arbustivos nativos. Por otro lado, la combinación de oferta adecuada de forraje y una suplementación energética mediante la inclusión de glicerina bruta puede resultar en dietas apropiadas para mejorar los parámetros productivos y reproductivos de la empresa ganadera en estas regiones.

En el presente, una de las principales limitaciones para generar estrategias nutricionales para la producción ganadera de estas regiones son los pocos datos generados en Colombia. Principalmente, falta información sobre la composición de la glicerina generada en las plantas industriales colombianas y sobre la caracterización de los forrajes nativos de la región Orinoquia y Amazónica. Sin embargo, actualmente muchos trabajos han sido realizados en Brasil, donde las condiciones

climáticas y de los forrajes son similares, esto permite extrapolar este escenario a las regiones tropicales colombianas.

Así, el objetivo de este capítulo es exponer el potencial de la glicerina proveniente de la producción de biodiesel de aceite de palma en Colombia como suplemento estratégico en la alimentación de rumiantes en la Orinoquia y Amazonia colombiana.

Requerimientos nutricionales del ganado cebú en Colombia

En la tabla 1 son presentados los requerimientos nutricionales de becerros cebú entre 50 y 200 kilos de peso corporal en lactancia y con una ganancia de peso esperada de 1 kilo por día; novillos destetos castrados o enteros entre 200 y 300 kilos de peso vivo, con una ganancia de peso esperada de 1 kilo por día; novillos machos castrados o enteros entre 300 y 450 kilos de peso vivo, con una ganancia de peso esperada de 1 kilo por día; novillas destetas de 200 a 300 kilos con una ganancia de peso esperada de 800 gr por día; vacas secas entre 300 y 400 kilos de peso corporal en gestación; vacas vacías de 300 a 450 kilos en lactación (7 kilos leche/día); y vacas de 300 a 450 kilos gestantes y en lactación (7 kilos/día).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales diarios de bovinos cebú manejados en pastoreo.

	BE	Machos castrados		Machos enteros		Hembras				
PVI (kg)	50	200	300	200	300	200	300	300	300	
PVF (kg)	200	300	450	300	450	300	400	450	450	
EF	LC	DC	CT	DC	CT	DC	G	L	G+L	
Consumo de nutrientes, valores expresados en la base de la materia seca.										
CMS	kg	2,59	6,24	7,98	6,24	8,31	5,76	6,49	9,26	7,96
MCGB*	kg	1,04	0,437	0,559	0,437	0,581	0,403	0,45	0,65	0,56
MCC	kg	2,07	5,00	6,38	5,00	6,65	4,61	5,19	7,41	6,37
MCNDT**	kg	2,25	4,00	5,17	4,00	5,14	3,67	4,62	5,84	6,31
MCPC	kg	0,474	0,775	0,961	0,775	0,985	0,705	0,798	1,173	1,398
Mínimo consumo de minerales										
Ca	g	16,31	22,5	21,8	22,5	21,9	19,0	15,58	28,14	29,69
P	g	12,66	13,0	14,4	13,0	14,7	11,4	11,76	18,28	19,77
Mg	g	3,07	5,15	7,24	5,15	7,65	4,95	7,41	7,90	9,15





	BE	Machos castrados		Machos enteros		Hembras				
K	g	8,26	15,7	22,0	15,7	23,2	15,0	20,85	29,21	32,85
Na	g	4,93	7,18	8,96	7,18	9,34	6,59	8,40	11,41	12,68
S	g	4,32	7,7	11,2	7,7	12,0	6,8	8,61	10,36	11,37
Co	mg	1,99	3,93	5,88	3,93	6,26	3,92	6,55	24,40	25,57
Cu	mg	24,17	42,0	59,7	42,0	63,2	40,1	59,89	73,02	82,78
Cr	mg	8,39	14,60	20,34	14,60	21,45	13,12	14,67	59,7	59,7
Fe	mg	542	1051	1557	1051	1658	1041	1429	1557	1557
I	mg	1,30	3,05	4,03	3,05	4,22	2,85	3,90	4,63	4,77
Mn	mg	59,70	116	173	116	184	114	184	187,8	219,4
Mo	mg	0,87	1,70	2,54	1,70	2,70	1,69	2,34	2,54	2,54
Se	mg	2,46	3,37	4,28	3,37	4,46	3,07	3,90	3,55	4,13
Zn	mg	164,9	289	421	289	447	256	321,7	672,1	709,6

PVI = peso vivo inicial, PVF = peso vivo final, EF = etapa fisiológica, LC = lactante en crecimiento, DC = destete en crecimiento, CT = crecimiento en terminación, G = gestación, L = lactación, CMS = consumo de materia seca, MCGB = máximo consumo de grasa bruta, MCC = máximo consumo de concentrados, MCNTD = mínimo consumo de nutrientes digestibles totales, MCPC = mínimo consumo de proteína cruda.

Valores calculados por el BR CORTE 3.0 (Benedeti et al., 2017) de becerros (BE), machos castrados o enteros y hembras en diferentes pesos y etapas fisiológicas.

Fuente: elaboración propia

Estos requerimientos fueron calculados mediante el BR CORTE 2016 (Benedeti et al., 2017), intentando simular el panorama de la producción ganadera en la región de la Amazonia y Orinoquia colombiana, donde en su gran mayoría se utilizan animales de alta proporción sanguínea cebú (*Bos indicus*).

Caracterización de los forrajes en Orinoquia y Amazonia colombiana

Las pasturas representan la forma más práctica y económica para la producción de rumiantes en el trópico. La mayoría de los bovinos en Colombia son criados y alimentados de esta manera.

Según el atlas de los Sistemas de Producción Bovina Módulo Orinoquia y Amazonia en 2002, la gramínea predominante en los pastos mejorados en la Orinoquia y Amazonia es *Brachiaria decumbens*, seguida de otros brachiarias como *B. Humidola*, *B. Brizantha* y *B. Dichthyoneura*, también existen áreas en praderas de gramíneas nativas principalmente *Homolepsis aturensis* —guadilla— y *Paspalum notatum* —grama dulce— y un área mínima de pastos de corte (CORPOICA, 2002).

En la tabla 2 se presentan los valores mínimos y medios de cinco análisis bromatológicos de pasturas *Brachiaria decumbens*, en los municipios de Albania y Valparaíso, departamento del Caquetá —fuente personal— y valores reportados de *Brachiaria Humidola* (Orozco et al., 2012) y *Brachiaria Brizantha* (Lascano et al., 2002) en el departamento del Meta.

Tabla 2. Composición bromatológica de pasturas *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria Humidola* y *Brachiaria Brizantha* en la región Orinoquia y Amazónica colombiana.

Caquetá*	Nutrientes, % en la materia seca (MS)												
	MS	MM	PC	EE	FDN	FDA	P	Ca	S	Mg	Mn	Na	K
VM	23,4	5,91	4,25	1,49	72,0	40,8	0,06	0,15	0,15	0,07	0,13	0,06	0,01
ME	28,6	6,71	6,21	1,52	76,8	43,2	0,10	0,21	0,15	0,17	0,26	0,14	0,05
VA	19,9	0,72	2,88	0,30	7,44	3,47	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Meta**													
BH	32	5,9	6	0	72	vnr	0,18	0,18	vnr	vnr	vnr	vnr	vnr
BB ¹	vnr	vnr	8,7	vnr	61,8	vnr	0,18	0,25	vnr	0,34	vnr	vnr	1,11
BB ²	vnr	vnr	8,5	vnr	65,4	vnr	0,16	0,18	vnr	0,23	vnr	vnr	0,98
BB ³	vnr	vnr	6,6	vnr	64	vnr	0,13	0,20	vnr	0,29	vnr	vnr	0,97

* análisis bromatológicos fuente personal. ** valores reportados de *Brachiaria Humidola* (OROZCO et al., 2012) y *Brachiaria Brizantha* (Lascano et al., 2002). VM= valores mínimos encontrados, ME= valores medios encontrados, VA= variación, BH = *Brachiaria Humidola*, BB = *Brachiaria Brizantha*, 1 =cultivar CIAT 16121, 2 = cultivar CIAT 23318, 3 = cultivar CIAT 26110 pasto Toledo, MM = materia mineral o cenizas, PC= proteína cruda, EE = extracto etéreo o grasa, FDN = fibra indigestible en detergente neutro, FDA = fibra indigestible en detergente ácido, P= fosforo, Ca= calcio, S = azufre, Mg = magnesio, Mn = manganeso, Na = sodio, K = potasio, vnr = valores no reportados.

Fuente: elaboración propia

El consumo de materia seca por los animales en pastoreo está directamente relacionado con la disponibilidad y calidad del forraje. Los valores presentados en la tabla 2 deja clara evidencia que una de las principales limitaciones nutricionales de los pastos en estas regiones es la baja proporción de proteína cruda de las pasturas (<9 %) y la alta proporción de FDA (> 40 %). La fracción de FDA de los forrajes incluye celulosa y lignina como componentes primarios, además de cantidades variables de cenizas y compuestos nitrogenados (Granja-Salcedo et al., 2011) que son en gran proporción indisponibles para digestión ruminal.





La proteína cruda es el nutriente más limitante para la producción de rumiantes en pastoreo. Lo anterior debido a que el bajo porcentaje de estos compuestos nitrogenados en los forrajes puede limitar la actividad de los microorganismos ruminales, que afecta a la ingestión de alimento y la digestibilidad del mismo. Esto resulta en un menor aprovechamiento del alimento y, consecuentemente, menor producción de los animales. Sin embargo, la suplementación energética con fuentes de rápida absorción como la glicerina bruta puede ayudar a alcanzar las exigencias de energía para el mantenimiento y la producción animal. En muchos casos la suplementación energética puede resultar en mejoras en el desempeño animal, gracias al efecto asociativo del suplemento sobre el consumo del forraje y la energía disponible de la dieta (Goes et al., 2004).

En la tabla 3 son presentados los resultados de una simulación en el software BR CORTE 3.0 (Valadares et al., 2017) utilizando como entrada los valores medios de composición de materia seca y valores máximos de proteína cruda (9 %), de pasturas *brachiarias* en la región de la Orinoquia y la Amazonia colombiana (ver tabla 2) y las exigencias nutricionales de bovinos Cebú en diferentes categorías (ver tabla 1). En esta tabla el consumo de materia seca adecuado más alto debe ser en hembras en lactación produciendo en media 7 kg de leche por día y con un peso inicial y final de 300 y 450 kg respectivamente.

Tabla 3. Simulación en el BR CORTE 3.0 del aporte proteico total diario de pasturas con 9 % de proteína cruda en bovinos cebú manejados pastoreando *brachiarias* en la región Orinoquia y Amazonia colombiana.

	BE	Machos castrados		Machos enteros		Hembras				
PVi (kg)	50	200	300	200	300	200	300	300	300	
PVF (kg)	200	300	450	300	450	300	400	450	450	
EF	LC	DC	CT	DC	CT	DC	G	L	G+L	
Consumo de nutrientes, valores expresados en la base de la materia seca.										
CMSA	kg	2,59	6,24	7,98	6,24	8,31	5,76	6,49	9,26	7,96
PCAP	kg	0,233	0,562	0,718	0,562	0,748	0,518	0,584	0,833	0,716
CPCR	kg	0,474	0,775	0,961	0,775	0,985	0,705	0,798	1,173	1,398
DP	kg	0,241	0,213	0,243	0,213	0,237	0,187	0,214	0,340	0,682

PVI = peso vivo inicial, PVF = peso vivo final, EF = etapa fisiológica, LC = lactante en crecimiento, DC = destete en crecimiento, CT = crecimiento en terminación, G = gestación, L = lactación (7 kilos de leche/día), CMSA = consumo de materia seca adecuada, PCAP = proteína cruda aportada por el pasto, CPCR = consumo de proteína cruda requerido, DP = déficit proteico.

Fuente: elaboración propia

En la simulación presentada en la tabla 3 es posible ver cómo en todas las categorías de animales —becerros, machos y hembras—, el consumo de materia seca adecuado de forrajes con 9 % de proteína cruda representa un déficit proteico para cada especie animal entre 187 y 682 gramos de proteína por día. La categoría con mayor déficit proteico (-682 gr) es la de las hembras en gestación y lactación —producen 7 kilos de leche/día— que pesan entre 300 y 450 kg. Sin embargo, este déficit en situaciones reales puede ser mayor, ya que en muchas ocasiones el consumo de materia seca adecuado no es alcanzado por los animales, principalmente debido al alto contenido de FDA y lignina de las pasturas, esto hace que el animal se sienta saciado rápidamente y por más tiempo.

Diversas estrategias de suplementación pueden ser utilizadas para corregir el déficit proteico en los sistemas de producción ganadera en la Orinoquia y Amazonia colombiana. Una es la suplementación con bancos de proteína, donde se aprovecha el potencial de diversas especies nativas de la región o, dependiendo de la disponibilidad, el uso de fuentes de nitrógeno no proteico como la urea o fuentes de proteína verdadera, industrial, como la torta de soja. Sin embargo, esta suplementación debe





venir acompañada de ingredientes energéticos como el maíz o el sorgo, ingredientes comúnmente utilizados en concentrados para rumiantes como fuente de energía.

El maíz es un ingrediente de alto valor debido a su uso en la alimentación humana y amplio uso en raciones para aves, porcinos, equinos y rumiantes, que lo convierte en un ingrediente de alta demanda en el mercado. Corresponde al productor y al profesional agropecuario buscar opciones rentables y competitivas en el mercado para la reducción del maíz en las dietas para rumiantes y aprovechamiento de los recursos naturales y subproductos industriales de fácil adquisición en la región. De ese modo, garantizar la combinación de oferta adecuada de forraje, la suplementación de otras fuentes de proteína y la oferta de energía mediante la inclusión de glicerina bruta en las dietas podría resultar en dietas balanceadas que alcancen las exigencias nutricionales de los animales en cada etapa fisiológica y mejore los parámetros productivos y reproductivos de la empresa ganadera.

Una simulación similar fue realizada para minerales en la tabla 4, mediante el uso del software BR CORTE 3.0 (Valadares et al., 2016) utilizando como entrada los valores máximos de composición de calcio (0,25 %), fósforo (0,18 %), magnesio (0,34 %) y potasio (1,1 %) de pasturas *brachiarias* en la región Orinoquia y Amazonia colombiana (ver tabla 2) y las exigencias nutricionales de bovinos Cebú en diferentes categorías (ver tabla 1).

Los resultados de la simulación en la tabla 4 muestran deficiencias de calcio y fósforo para todas las categorías animales, y excesos de magnesio y potasio en todas las simulaciones. Sin embargo, estas deficiencias o excesos en situaciones reales pueden ser mayores, debido a las posibles variaciones en el consumo de materia seca por los animales. Lo anterior dado que los factores físicos predominan en el control del consumo de dietas con alta proporción de FDN, y pueden limitar el consumo por el volumen ocupado por la dieta y por la capacidad anatómica del rumen, restringiendo la ingestión de energía, proteínas y minerales (Granja-Salcedo et al., 2016b).

Tabla 4. Simulación en el BR CORTE 3.0 (Valadares et al., 2016) del aporte mineral total diario de pasturas en bovinos cebú manejados pastoreando *brachiarias*.

	BE	Machos castrados			Machos enteros		Hembras			
PVI (kg)	50	200	300	200	300	200	300	300	300	
PVF (kg)	200	300	450	300	450	300	400	450	450	
EF	LC	DC	CT	DC	CT	DC	G	L	G+L	
Consumo de nutrientes, valores expresados en la base de la materia seca.										
CMS	kg	2,59	6,24	7,98	6,24	8,31	5,76	6,49	9,26	7,96
Minerales aportados por el pasto										
Ca	g	6,47	15,60	19,95	15,60	20,77	14,40	16,22	23,15	19,90
P	g	4,66	11,23	14,36	11,23	14,95	10,36	11,68	16,66	14,32
Mg	g	8,80	21,21	27,13	21,21	28,25	19,58	22,06	31,48	27,06
K	g	28,49	68,64	87,78	68,64	91,41	63,36	71,39	101,86	87,56
Mínimo consumo de minerales										
Ca	g	16,31	22,5	21,8	22,5	21,9	19,0	15,58	28,14	29,69
P	g	12,66	13,0	14,4	13,0	14,7	11,4	11,76	18,28	19,77
Mg	g	3,07	5,15	7,24	5,15	7,65	4,95	7,41	7,90	9,15
K	g	8,26	15,70	22,0	15,7	23,2	15,0	20,85	29,21	32,85
B-Ca	g	-9,84	-6,90	-1,85	-6,9	-1,13	-4,60	-0,64	-4,99	-9,79
B-P	g	-8,00	-1,77	-0,04	-1,77	+0,25	-1,04	-0,08	-1,62	-5,45
B-Mg	g	+5,73	+16,06	+19,89	+16,06	+20,6	+14,63	+14,65	+23,58	+17,91
B-K	g	+20,23	+46,64	+65,78	+46,64	+68,21	+48,36	+50,54	+72,65	+54,71

PVI = peso vivo inicial, PVF = peso vivo final, EF = etapa fisiológica, LC = lactante en crecimiento, DC = destete en crecimiento, CT = crecimiento en terminación, G = gestación, L = lactación (7 kilos de leche/día), CMS = consumo de materia seca, B-Ca = balance Calcio, B-P = balance Fósforo, B-Mg = Balance Magnesio, B-K = balance Potasio.

Fuente: elaboración propia

Otro punto importante es que en esta simulación fueron tomados los valores máximos para la concentración mineral presentados en la literatura. Sin embargo, los pastos del departamento del Caquetá presentan valores muy discrepantes de los utilizados en la simulación,





especialmente en los contenidos de fósforo (0,10 %), magnesio (0,175) y potasio (0,05 %). Así, la suplementación mineral en cada microrregión de la Orinoquia y Amazonia debe ser el resultado de evaluaciones bromatológicas de los pastos, seguido de la formulación mineral por un profesional especializado.

Composición de la glicerina proveniente de la producción de biodiesel

Considerando las diferentes materias primas y procesos que pueden ser utilizados en la producción de biodiesel, la glicerina puede tener diferentes grados de pureza y composición nutricional. Los principales componentes en la glicerina cruda son glicerol, agua y lípidos. Por lo tanto, cuanto menor sea la eliminación de humedad o de aceites, durante el proceso de purificación, mayor es la presencia de estos compuestos y, por lo tanto, menor será la contribución del glicerol (Oliveira et al., 2013). Con el fin de competir en el mercado de la alimentación animal, las plantas de producción de biodiesel en Colombia deben ser más eficientes en la purificación de la glicerina e intentar estandarizar los procesos, especialmente en las etapas de eliminación de humedad y lípidos.

Poco se sabe de la composición de la glicerina cruda producida en Colombia, de allí la necesidad de realizar futuros levantamientos sobre composición y costos de la glicerina cruda en cada una de las plantas productoras de biodiesel en funcionamiento. En Brasil, los niveles de glicerol de la glicerina cruda producida varían entre 40 % y 80 % (Lage, 2014). Sin embargo, esta alta variación es resultado de la variedad de oleaginosas utilizadas para la extracción del biodiesel en ese país, donde se utiliza: semillas de girasol (*Helianthus annuus*), soja (*Glycinemax*), jatrofa (*Jatropha curcas*), semilla de ricino (*Ricinuscommunis*), aceite de palma (*Elaeis guineensis*), nabo (*Raphanus sativus*), sésamo (*Sesamum orientale*), semillas de algodón (*Gossypium spp. L.*), cacahuete (*Arachis hypogaea*), canola (*Brassica napus*), babasú (*Orrbigny aspeciosa*) y macaúba (*aculeata Acrocomia*) (Storck biodiesel, 2008). Una de las grandes ventajas de la glicerina cruda producida en Colombia es que, en su mayoría, es proveniente del aceite de palma, reduciendo la variación en los niveles de glicerol y los demás componentes.

En la tabla 5 se presentan los valores reportados por diferentes autores sobre la composición nutricional de la glicerina cruda utilizada en la dieta de bovinos. Valadares Filho et al. (2017) también reportan la composición mineral de este ingrediente: calcio 0,06, fósforo 0,08, potasio 0,13, cloro 0,64, sodio 1,70, hierro 25,13, cobalto 0,49, cobre 0,19, manganeso 0,72 y zinc 0,78%.

Tabla 5. Composición nutricional de la glicerina cruda utilizada en la dieta de bovinos.

Composición nutricional, % de la materia seca			
	Valadares Filho et al. (2017)	Granja-Salcedo et al. (2017)	San vito et al. (2016)
Materia seca	91,97	88,08	87,10
Proteína cruda	0,08		1,05
Materia mineral	5,59	5,03	5,07
Extracto etéreo	0,40	1,59	1,08
Glicerol	70,39	80,34	80,34
Metanol	5,27		0,03

Fuente: elaboración propia

Metabolismo de la glicerina en los rumiantes

La glicerina es un importante subproducto de la producción de biodiesel que, debido a su alta disponibilidad y propiedades nutricionales, se ha convertido en una alternativa eficiente en la suplementación animal, principalmente en rumiantes (Krehbiel, 2008). Una de las características nutricionales más importantes de este subproducto es el alto porcentaje de glicerol y la similar concentración energética que presenta con el almidón del maíz (Schroder; Sudekum, 1999). Esto convierte a la glicerina en un producto útil en la producción ganadera, principalmente en el reemplazo de hasta 30 % del maíz utilizado en dietas donde el maíz es la principal fuente de energía del animal (Benedeti et al., 2015). Por ejemplo en sistemas intensivos de producción de leche, donde las vacas reciben hasta 50 % del total de la dieta en concentrado o en sistemas intensivos de producción de carne donde la proporción de concentrado puede llegar a representar hasta el 90 % de la dieta total.



Cuando la glicerina es ingerida por el rumiante, el glicerol presente en ella es utilizado (>85 %), aproximadamente 44 % es fermentada por los microorganismos que habitan el rumen —principalmente bacterias—, el 43 % es absorbido por las papilas de la pared ruminal y el 13 % restante sale del rumen junto con el alimento hacia el duodeno donde podrá ser absorbido o eliminado en las heces (Krehbiel, 2008).

Bacterias de la especie *Selenomonas ruminantium* y *Anaerovibrio lipolytica* son las principales responsables de la fermentación de la glicerina en el rumen y como resultado del proceso fermentativo de estos microorganismos, son producidos propionato y succinato, los cuales serán utilizados por el animal como fuente de energía (Hobson; Mann, 1961; Prins et al., 1975). La glicerina en el rumen es rápidamente metabolizada dentro de las células de las bacterias, además de propionato y succinato, otros productos finales de fermentación pueden ser producidos, esto dependerá de la ruta metabólica utilizada por las diferentes bacterias que habitan el rumen y que pueden fermentar la glicerina (Zhang; Yang, 2009).

Las bacterias con capacidad fermentativa de la glicerina oxidan la misma a través de la enzima *glicerol deshidrogenasa*, produciendo dihidroxiacetona, la cual inmediatamente es fosforilada por la enzima *dihidroxiacetona quinasa* y resulta así la producción de dihidroxiacetona fosfato (Wang et al., 2001). Finalmente, esta molécula intermediaria ingresa en la glucólisis al ser transformada en gliceraldehído-3-fosfato por la enzima *triosafosfato isomerasa* (Mayes, 2007). La fracción de la glicerina fermentada por los microorganismos (44 %) desaparece del rumen en las primeras cuatro horas después de la ingestión y los ácidos grasos de cadena corta producidos —propionato principalmente— el ganado los usa como fuentes principales de energía para el mantenimiento y la producción (Trabue et al., 2007). Del total de propionato resultante de la fermentación ruminal, 50 % es metabolizado por las células del epitelio ruminal y las demás células del tracto gastrointestinal, el 50 % restante es absorbido por la vena porta y llevado hasta el hígado (Bergman, 1990).

El glicerol que se escapa del metabolismo bacteriano ruminal es transportado junto con el alimento al abomaso —13 % de la glicerina ingerida— o absorbido por las papilas de la pared ruminal —43 % de la glicerina ingerida— y llevado al hígado por el torrente sanguíneo

(Donkin, 2008). En el hígado, el destino de la glicerina es la oxidación mediante la vía glucolítica, con la necesidad de la enzima *glicerol quinasa* (Lin, 1977). El glicerol presente en la corriente sanguínea puede ser removido por tejidos que tengan la enzima *glicerol quinasa*, responsable por la fosforilación del glicerol a glicerol-3-fosfato y ADP (Leningher et al., 2006).

Sin embargo, cuando el animal se encuentra en un estado donde necesita altas cantidades de glucosa, el destino de la glicerina, así como del propionato absorbido en el rumen y transportado vía sangre hasta el hígado, pasa a ser la gluconeogénesis (Donkin, 2008). En condiciones de energía deficiente el glicerol puede ser oxidado ya que 1 mol de glicerol produce 22 moles de ATP (Bartelt; Schneider, 2002). En condiciones donde hay un exceso de energía, el glicerol es utilizado en la síntesis de grasa (Beitz, 2006).

Hallazgos del uso de glicerina en la alimentación de rumiantes en el trópico

Los rebaños de bovinos criados en pasturas tienen bajas tasa de crecimiento debido, principalmente, a la influencia negativa del forraje de baja calidad y al manejo inadecuado de los pastos. Por consiguiente, una de las principales alternativas productivas es la suplementación de los animales. Esta medida nutricional ayuda a corregir las dietas desequilibradas, a mejorar la conversión de pastos, a aumentar la ganancia de peso de los animales, a acortar los ciclos de reproducción, crecimiento y engorde de ganado y aumenta la capacidad de carga de los sistemas productivos (Moreira et al., 2004).

La glicerina puede afectar profundamente el metabolismo de aminoácidos, ya que contiene un alto porcentaje de glicerol, como fuente de energía para las bacterias. El glicerol es rápidamente fermentable (Krehbiel, 2008), como el almidón del maíz y los azúcares de la caña, que son más efectivos que otras fuentes de energía, como la celulosa de los forrajes, en la promoción del crecimiento microbiano.

Recientes estudios en novillos Nelore en Brasil indican que el uso de hasta 10 % de glicerina cruda en la materia seca de la dieta no influye el consumo de materia seca y de nutrientes en animales confinados o en pastoreo (Lage, 2014, San Vito, 2015). Por otro lado, el efecto más



evidente sobre fermentación ruminal del uso de glicerina en la alimentación de bovinos es el cambio en la relación acetato: debido al aumento de los niveles de propionato producidos en el rumen (Drouillard, 2008; Avila et al., 2011; Lage, 2014; San Vito, 2015). Otros trabajos han reportado una disminución de la proporción de acetato y un aumento en las proporciones de butirato y valerato (Shin et al., 2012; San Vito, 2015).

La microflora ruminal metaboliza el glicerol, que hace parte de la composición de los fosfolípidos presentes en la pared celular de plantas y en las reservas de lípidos de los aceites oriundos de los vegetales. Estas fracciones representan entre 2 a 4 g/kg de la materia seca ingerida por el animal (Roger et al., 1992). Sin embargo, el glicerol puede afectar a los microorganismos del rumen dependiendo de la concentración final del mismo en la materia seca de la dieta total. Mediante un estudio *in vitro*, Roger et al. (1992) demostraron que cuando la concentración de glicerol es mayor que 5 % en la materia seca de la dieta total, el glicerol puede inhibir la actividad fibrolítica de los hongos en el rumen, y concentraciones entre 2 y 5 % en la materia seca de la dieta total retarda el crecimiento de bacterias celulolíticas en el rumen. Paggi et al. (2004) relataron que la actividad celulolítica de los microorganismos ruminales fue reducida con el aumento de la concentración de glicerol en culturas ruminales. Abo El Nor et al. (2010), utilizando fermentadores continuos, mostraron que dietas con 72 y 108 g de glicerol/kg de materia seca de la dieta total disminuyeron la digestibilidad de la fibra, y los valores poblacionales de algunas bacterias. Esto indica que los niveles altos de glicerol pueden afectar el crecimiento bacteriano y sugirieron que la glicerina puede inhibir la adherencia de microorganismos a las fibras del forraje en el rumen, modificar la permeabilidad de la membrana celular de las bacterias y, por consiguiente, afectar la actividad enzimática celulolítica bacteriana.

Estudios recientes realizados por San Vito et al. (2016) demostraron que la inclusión de hasta 5 % de glicerina bruta en la materia seca total del suplemento de novillos Nelore en pasturas de *Brachiaria brizantha* cv *Xaraés* puede disminuir la fracción potencialmente digestible de la FDN y la población de bacterias celulolíticas, sin afectar la ganancia de peso diaria.

En bovinos Nelore el uso de 10 % de glicerina bruta en la materia seca total de la dieta combinada con 173 gr aceite soja por kg de materia seca

total, generó mayor ganancia media diaria de peso y mayor eficiencia alimentar (Silva et al., 2013), sin influenciar negativamente el consumo de nutrientes, los parámetros de fermentación ruminal, ni la síntesis de proteína microbiana en el rumen (Gomez et al., 2014). Por otro lado, estudios *in vitro* sugirieron hace unos años que la combinación de glicerina y fuentes de grasa en la dieta podría inhibir parcialmente lipasas bacterianas en el rumen y de esa manera limitar el proceso de hidrogenación de los ácidos grasos poli insaturados (PUFA) presentes en la dieta (KRUEGER et al., 2010; Edwards et al., 2012). Así, investigaciones iniciales hechas por Krueger et al. (2010) evaluaron *in vitro* dos niveles de glicerol en la dieta (2 % y 20 %), y reportaron una reducción de los ácidos grasos libres en el ambiente ruminal de 48 % y 77 %, respectivamente para los niveles evaluados, esto demostró el potencial del glicerol como inhibidor de la lipólisis en el rumen. Dos años más tarde, Edwards et al. (2012), trabajando con cultivos *in vitro*, corroboraron que niveles de glicerol de 8 al 15 % en la materia seca total de la dieta pueden reducir la lipólisis, pero no observaron efectos del glicerol en la actividad lipolítica de las especies bacterianas *Anaerovibrio lipolyticus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Propionibacterium avidum* e *P. acnés*; principales bacterias del rumen encargadas de este proceso.

Estudios preliminares *in vitro* han revelado la capacidad inhibitoria del glicerol sobre la lipólisis ruminal, por tanto, la asociación de glicerina cruda —glicerol > 80 %— con aceites podrían ser una estrategia de alimentación eficiente para aumentar la densidad de energía de la dieta, modular la liberación de ácidos grasos en el rumen y, en consecuencia, reducir los efectos deletéreos de los mismos en los microorganismos del rumen y en la fermentación de los alimentos. Lo anterior permitiría, además de aumentos en la producción animal, garantizar mayor llegada de PUFA al duodeno, que podrá almacenarse en el tejido corporal del animal, mejorando así la calidad nutricional de la carne. Granja-Salcedo et al. (2017) evaluaron la combinación de 10 % de glicerina bruta con 6 % de aceite de soja en la dieta de terminación —ceba— de novillos Nelore en confinamiento —30 % heno + 70 % de concentrado—, y reportó que con esta combinación fue posible reemplazar el 35 % del maíz utilizado en el concentrado, sin afectar el consumo y la digestibilidad de la dieta.





Además, esta combinación aumentó la cantidad de ácidos grasos insaturados que llegan al duodeno en 60 gr por día.

San Vito (2015) suplementó novillos Nelore durante el levante pastoreando potreros de *Brachiaria brizantha* cv *Xaraés* con 700 gramos de concentrado con 28 % de glicerina cruda por cada 100 kg de peso del animal, obtuvo ganancias de peso de 930 gramos por día. Estos mismos animales durante la ceba, ganaron 867 gramos de peso por día, mientras que los animales que no recibieron glicerina en el concentrado ganaron 703 gramos por día. El mismo autor menciona que, cuando se almacena el concentrado, es posible que se forme un bloque. Sin embargo, a la hora de colocar el suplemento en los saleros, este bloque se desintegró parcialmente en trozos más pequeños, que no incomodó el consumo de los animales, al contrario, evitó desperdicios.

Farias et al. (2012) suplementó glicerina de baja pureza —color oscuro y aspecto aceitoso, 17 % de metanol— durante 102 días con novillas Nelore de 220 kilos y 13 meses de edad, manejadas en pastos *Brachiaria brizantha* cv *Marandu*. A pesar de intentar retirar el metanol mediante calentamiento de la glicerina en estufa —30 minutos a 75°C— antes del uso en el suplemento, los resultados fueron negativos en la ganancia de peso de las novillas. Esto demuestra que la suplementación de glicerina bruta debe implementarse apenas cuando la pureza de este subproducto es alta y contiene niveles de metanol menores a 5 %.

Consideraciones finales

La suplementación de rumiantes producidos en sistemas extensivos, donde la base nutricional son las pasturas, es una importante herramienta para obtener buenos índices productivos en el rebaño. Disminuye el tiempo necesario de producción, permite el aumento en el flujo de capital y una mayor producción por área.

El uso de glicerina cruda para suplementar los rumiantes puede ser una alternativa para aumentar la densidad energética de la dieta, en regiones como Orinoquia y Amazonia donde la pobre calidad nutricional de las pasturas influencia negativamente la producción animal. Por otro lado, puede ser una alternativa de descarte de este subproducto de la producción de biodiesel, principalmente en la Orinoquia, donde actualmente funcionan varias plantas productoras.

En los sistemas productivos de estas regiones, la suplementación de glicerina debe venir acompañada de estrategias nutricionales que corrijan las deficiencias en la proteína de la dieta. Alternativas como bancos de proteína, suplementación con urea o implementación de sistemas silvopastoriles, podrían auxiliar a los ganaderos para llegar a ofrecer dietas con el 13 % de proteína mínimo necesario para los rumiantes. Por otro lado, una posible ventaja del uso de la glicerina en estos sistemas de producción sería la posibilidad de reducir la suplementación mineral en estos animales. La glicerina aporta minerales como hierro, sodio, calcio, fósforo y cobalto, sin embargo, es necesario el análisis de un nutricionista para la formulación de la sal mineral en cada sistema de producción, en función de los análisis bromatológicos de los pastos y suplementos.

A partir de este punto, se abre una brecha para que futuros estudios sean realizados y evalúen el potencial de la glicerina cruda producida en estas regiones, como suplemento energético en rumiantes. Aun son necesarios estudios básicos de la composición de este subproducto generado en las plantas, que permitan determinar la pureza del mismo. También es de trascendental importancia la implementación de una evaluación económica de la inclusión de este subproducto en la dieta de rumiantes, así como pruebas de campo que permitan verificar la viabilidad del uso de la glicerina en dietas para rumiantes en estas regiones de Colombia.

Referencias

- Abo El-Nor, S.; Abughazaleh, A.A.; Potu, R.B.; Hastings, D. and Khattab, M.S.A. (2010). Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. *Animal Feed Science and Technology*, 162, 99-105.
- Bartelt, J. und Schneider, H. D. (2002). *Glycerine in der Tierernährung*. Bonn, Deutschland: UFOP Schriften.
- Beitz, D. C. (2006). Metabolismo lipídico. En Duker. *Fisiología dos animais domésticos*. Rio de Janeiro, Brasil: Guanabara Koogan.
- Benedeti, P.B.; Silva, L.G.; Paula, E.M.; Shenkoru, T.; Marcondes, M.I.; Monteiro, H.F.; Amorati, B.; Yeh, Y.; Poulson, S.R. and Faciola, A.P. (2015). Effects of Partial Replacement of Corn with Glycerin on





- Ruminal Fermentation in a Dual- Flow Continuous Culture System. *PLoS ONE*, 0143201.
- Benedeti, P.D.B., Prados, L.F., Costa E Silva, L.F., Lopes, S.A. e Valadares Filho, S.C. (2017). *Planilha para cálculo das exigências nutricionais de bovinos em crescimento e terminação (BR-Corte 2010 e BR-Corte 2016)*. Recuperado de: www.brcorte.com.br.
- Bergman, E. N. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, 70(2), 567-90.
- Donkin, S.S. (2008). Glycerol from Biodiesel Production: The New Corn for Dairy Cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 280-286.
- Drouillard, J. S. (2008). Glycerin as a feed for ruminants: using glycerin in high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 86(2).
- Edwards, H.D.; Anderson, R.C.; Miller, R.K.; Taylor, T.M.; Hardin, M.D.; Smith, S.B.; . Krueger, N.A. and Nisbet, D.J. (2012). Glycerol inhibition of ruminal lipolysis in vitro. *Journal of Dairy Science*, 95, 5176-5181.
- Farias, S.M.; Prado, I.N.; Valero, M.V.; Zawadski, F.; Silva, R.R.; Eiras, C.A.; Rivaroli, D.C. e Lima, B.S. (2012). Níveis de glicerina para novilhas suplementadas em pastagens: desempenho, ingestão, eficiência alimentar e digestibilidade. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(3), 1177-1188.
- Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (FNBC). (2016). *Producción y venta de Biodiesel*. Recuperado de: <http://www.fede-biocombustibles.com/estadistica-produccion-titulo-Biodiesel.htm>
- Goes, R. H. T. B. et al. (2004). Efeito Associativo na suplementação de bovinos a pasto. *Arquivo de Ciências Veterinária e Zoologia da UNIPAR, Umuarama*, 7(2), 169-169.
- Gomez, I.A.S.; Granja-Salcedo, Y.T.; Castagnino, P.S.; Vieira, B.R.; Malheiros, E.B.; and Berchielli, T.T. (2014). The effect of lipid sources on intake, rumen fermentation parameters and microbial protein synthesis in Nellore steers supplemented with glycerol. *Animal Production Science, Melbourne*, 54, 1871-1876.

- Granja-Salcedo, Y. T.; Gallego, C.J. y Fernandez, O.B. (2012). Factores nutricionales que interfieren en el desempeño reproductivo de la hembra bovina. *Revista Colombiana de ciencia Animal*, 4(2), 458-472.
- Granja-Salcedo, Y. T.; Ribeiro, C. S.; de Jesus, R.B.; Gomez, I.A.S.; Rivera, A.R.; Messana, J.D.; Canesin, R. C. and Berchielli, T. T. (2016a). Effect of different levels of concentrate on ruminal microorganisms and rumen fermentation in Nellore steers. *Archives of animal nutrition*, 70(1), 17-32.
- Granja-Salcedo, Y. T.; Ribeiro, C. S. y Canesin, R. C. (2016b). Influencia da relação volumoso: concentrado da dieta no Metabolismo ruminal em bovinos de corte. *FAGROPEC*, 8 (1),19–24.
- Granja-Salcedo, Y.T.; Gonzales, H.LG.; Ribeiro, J.C.S.; Castiblanco, C.D.M. y Machado, M. (2011). Generalidades e implicaciones de la fibra en la alimentación de bovinos. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, 7(13).
- Granja-Salcedo, Y.T.; Souza, C.V.; Dias, L.A.V.; Gomez, I.A.S.; Messana, J.D. and Berchielli, T. T (2017). Diet containing glycerine and soybean oil can reduce ruminal biohydrogenation in Nellore steers. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 195–204.
- Hobson, P.N. and Mann, O.S. (1961). The isolation of glycerol-fermenting and lipolytic bacteria from the rumen of the sheep. *Journal of General Microbiology*, 25, 227-240.
- Krehbiel, C.R. (2008). Ruminal and physiological metabolism of glycerin. *Journal Animal Science, Savoy*, 86, 392.
- Krueger, N.A.; Anderson, R.C.; Tedeschi, L.O.; Callaway, T.R.; Edrington, T.S. and Nisbet, D.J. (2010). Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes in vitro. *Bioresource Technology*, 101, 8469-8472.
- Lage, J.F. (2014). Crude glycerin associated with starch or fiber based energy ingredients at two levels of concentrate for beef cattle. 2014, 113 f. (Tese). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- Lascano, C.; Perez, R.; Plazas, C.; Medrano, J. y Argel, P. (2002). *Bracharia brizantha* (Assección CIAT 26110): gramínea de crecimiento vigoroso





- para intensificar la ganadería colombiana*. Villavicencio, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria Tropical.
- Lehninger, A. L.; Nelson, D. L. y Cox, M. M. (2006). *Lehninger - Principios de Bioquímica*. São Paulo, Brasil: Editora Sarvier.
- Lin, E.C.C. (1977). Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Annual Review Biochemistry*, 46, 765-795.
- Mayes, P.A. (2007). Glucólisis y la oxidación del piruvato. En Murray, R.K.; Granner, D.K.; Rodwell, V. W. *Harper, bioquímica ilustrada*. McGraw Hill.
- Moreira, F.B.; Prado, I.N.; Cecato, U.; Wada, F.Y. and Mizubuti, I.Y. (2004). Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. *Animal Feed Science and Technology*, 113(4), 239-249.
- Oliveira, J.S.; Antoniassi, R.; Freitas, S.C. e Müller, M.D. (2013). Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. *Ciencia Rural*, 43, 509-512.
- Orozco, J.; Angulo, M.; Pineda, L.; Pérez, A. y Hernández, C. J. (2012). Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 7(1), 88-99,
- Paggi, R. A.; Fay, J. P. and Faverin, C. (2004). In vitro ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. *The Journal of agricultural science*, 142, 89-96.
- Prins, R. A.; Lankhorst, A.; Van Der Meer, P. and Van Nevel, C. J. (1975). Some characteristics of *Anaerovibrio lipolytica*, a rumen lipolytic organism. *Antonie van Leeuwenhoek*, 41(1), 1-11.
- Roger, V., Fonty, G., Andre, C. and Gouet, P. (1992). Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen celulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Current Microbiology*, 25, 197-196.
- San Vito, E. (2015). Crude glycerin in the supplement for beef cattle on pasture. (Tese). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

- San Vito, E.; Messana, J.D.; Castagnino, P.S.; Granja-Salcedo, Y.T.; Dal-lantoina, E.E. and Berchielli, T.T. (2016). Effect of crude glycerine in supplement on the intake, rumen fermentation, and microbial profile of Nellore steers grazing tropical grass. *Livestock Production Science*, 192, 17-24.
- Schröder, A. and Südekum, K.H. (2007). *Glycerol as a by-product of biodiesel production in Diets for ruminants*. Kiel: University of Kiel. Recovered from: <<http://regional.org.au/au/gc/1/241.htm>>
- Shin, J. H.; Wang, D.; Kim, S. C.; Adesogan, A. T. and Staples, C. R. (2012). Effects of feeding crude glycerol on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage- or cottonseed hull-based, low-fiber diets. *Journal of Dairy Science*, 95, 4006-4016.
- Silva, R.A.; Lage, J. F.; San Vito, E.; Ribeiro, A. F.; Berndt, A.; Frighetto, R.; Delevatti, L. M. and Berchielli, T.T. (2013). Effect of lipid sources in diets with crude glycerol on methane emissions of Nellore young bulls finished in feedlot. *Greenhouse Gases & Animal Agriculture*. Dublin.
- Trabue, S.; Scoggin, K.; Tjandrakusuma, S.; Rasmussen, M. A. and Reilly, P. J. (2007). Ruminal fermentation of propylene glycol and glycerol. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7043-7051.
- Valadares Filho, S.C., Machado, P.A.S., Chizzotti, M.L. et al. (2017). CQBAL 3.0. *Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos*. Recuperado de: www.ufv.br/cqbal.
- Wang Z.; Zhunge J. and Fanga H.; Prior B. A. (2001). Glycerol production by microbial fermentation: A review. *Biotechnology Advances*, 19(3), 201-223.
- Zhang, A. and Yang, S. T. (2009). Propionic acid production from glycerol by metabolically engineered *Propionibacterium acidipropionici*. *Process Biochemistry*, 44 (12), 1346-1351.

