

# Tecnologías sociales en la producción pecuaria

de América Latina y el Caribe

José Manuel Palma García

Jaime Fabián Cruz Uribe

COORDINADORES



Palmina  
octubre 2020

UNIVERSIDAD DE COLIMA



# TECNOLOGÍAS SOCIALES EN LA PRODUCCIÓN PECUARIA DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Dr. Christian Jorge Torres Ortiz Zermeño, Rector

Lic. Joel Nino Jr., Secretario General

Mtra. Vianey Amezcua Barajas, Coordinadora General de Comunicación Social

Mtra. Gloria Guillermina Araiza Torres, Directora General de Publicaciones



# TECNOLOGÍAS SOCIALES EN LA PRODUCCIÓN PECUARIA DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

José Manuel Palma García  
Jaime Fabián Cruz Uribe  
COORDINADORES



UNIVERSIDAD DE COLIMA

© UNIVERSIDAD DE COLIMA, 2021  
Avenida Universidad 333  
Colima, Colima, México  
Dirección General de Publicaciones  
Teléfonos: (312) 316 10 81 y 316 10 00, extensión 35004  
Correo electrónico: publicaciones@uclm.mx  
www.uclm.mx

Dueño de la obra:

*Biodiversidad* | Palmina (Guillermina Preciado Barbosa y José Manuel Palma García) | 2020  
Acrílico sobre tela con naturaleza | 65 cm x 75 cm

ISBN impreso: 978-607-8549-95-5

ISBN digital: 978-607-8549-90-0

Derechos reservados conforme a la ley

Impreso en México | *Printed in Mexico*

Proceso editorial certificado con normas ISO desde 2005

Dictaminación y edición registradas en el Sistema Editorial Electrónico PRED

Registro: LI-007-20

Recibido: Mayo de 2020

Publicado: Junio de 2021

# Índice

Prólogo .....	7
Las tecnologías sociales racionales en el contexto productivo pecuario .....	11
Producto .....	21
Olla enfriadora de leche basada en energía solar para pequeños productores .....	23
Procesos .....	35
Economía circular como tecnología social: una herramienta para desarrollo sostenible del sector agropecuario lechero .....	37
De la agricultura convencional a la ganadería multifuncional. Caso granja “Don Nelo” .....	61
Diferenciación de mieles por origen fitogeográfico y atributos nutricionales y funcionales: un desafío para la producción de miel a escala familiar .....	79
Tracción animal: alternativa para la agricultura familiar amazónica .....	89
Métodos .....	103
Fomento de capacidades y aspectos metodológicos para la innovación local ....	105
Tecnologías sociales, experiencias desde la apropiación social del conocimiento en comunidades campesinas .....	117
Integración de producción de alimentos y bioenergía en el desarrollo de sistemas sostenibles .....	127
Cadena de valor de bovinos carne: alternativa de desarrollo para las regiones tropicales .....	139

Técnicas .....	151
Empleo de zeolita y fosforita en la obtención de abonos orgánico-minerales en vaquerías .....	153
Los microorganismos nativos benéficos y su impacto en el sector agropecuario .....	161
Producción de cerdos al aire libre como estrategia productiva a escala familiar .....	175
Alimentos alternativos ensilados como fuente de energía para cerdos .....	185
Macrófitas: alternativa alimenticia en la acuicultura de recursos limitados (AREL) .....	193
Desafíos de la quesería artesanal caprina: situación del sector y posibles enfoques tecnológicos para su solución .....	205
Estrategias nutricionales para intensificar la producción ovina en predios familiares .....	219
Cactus forrajero ( <i>Opuntia</i> spp. y <i>Nopalea</i> spp.): Base de la alimentación de rumiantes en el semiarido .....	227
Ensilaje de caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) para enfrentar la época de sequía en el trópico seco .....	245
Epílogo .....	261
Autores(as) .....	263



# Prólogo

**A**mérica Latina y el Caribe en el sector pecuario, representan una enorme biodiversidad de agrosistemas, a la vez con amplias necesidades; por ello, si queremos desarrollar una ciencia y tecnología junto con los dueños de esos sistemas y en particular con los de pequeña y mediana escala, tenemos que replantear el enfoque de participación que apoye sus actividades.

La ciencia no es neutra y responde a intereses específicos, por ello, desde la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), nuestra postura como sus miembros, se manifiesta a través de la generación del presente libro *Tecnologías sociales en la Producción Pecuaria de América Latina y el Caribe*, el cual tiene el desafío de mostrar aportaciones de los colegas de diferentes Asociaciones Nacionales de Producción Animal y de algunos otros que se interesaron en escribir sus experiencias para compartirlas con productores, especialistas, técnicos, estudiantes y autoridades del sector.

Cuando en el 2018 se propuso la idea de escribir un libro sobre tecnologías sociales, lo hicimos con el compromiso de conjuntar experiencias que sean de utilidad para el sector de producción familiar y recordábamos a la vez, que en 2013 propusimos al presidente electo de ALPA, Rafael Núñez Domínguez, que se escribiera un libro sobre producción animal, quien encabezó la propuesta y junto con un grupo de colegas, los presidentes de las asociaciones nacionales afiliadas a ALPA y el trabajo conjunto de sus miembros logró la publicación del libro *La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal*, esa petición surgió de conocer el trabajo encabezado por ALPA en 1990, que publicó el libro *Nutrición de rumiantes – Guía metodológica de investigación*.

El intercambio científico en producción animal es medular, por lo tanto, consideramos que podemos hacer más que una reunión cada dos años, muestra de ello es el presente libro, que busca plasmar la conjunción de ideas, experiencias, propuestas, resultados, tecnologías que se ven reflejadas en el presente libro, con posibilidad de ser aplicadas por los productores.

Después de la reunión de ALPA en Guayaquil, Ecuador y producto de esta inquietud, se lanzó la convocatoria para que participaran los miembros de ALPA, el reto era tener este documento para presentarlo en la XXVII Reunión de ALPA en Bogotá, Colom-

bia en 2020. La actividad tuvo que suspenderse por la pandemia de Covid-19, que nos hizo repensar muchos aspectos de nuestra vida cotidiana, como el estar en casa por la suspensión de actividades y por la colaboración, desde el punto de vista epidemiológico, para disminuir su propagación. Este virus, si bien está dejando estragos en la humanidad desde la percepción social, sanitaria y económica, por otra parte, le dio un respiro a nuestro planeta en el aspecto ambiental.

A través de ALPA y de los presidentes de las asociaciones nacionales, se hizo una invitación a los miembros para que enviaran propuestas que hubieran desarrollado como producto, método, proceso o técnica para solucionar algún problema social de la producción pecuaria en la región.

De ello surgieron 19 capítulos, colaboración de 76 autores que pertenecen a 32 instituciones de investigación científica o universidades, provenientes de ocho países de América Latina y el Caribe; Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, México, Perú, Uruguay y Venezuela, además de Portugal, que aportó un capítulo a esta propuesta, así como Suecia y Suiza que colaboran con instituciones de América Latina y el Caribe.

El primer capítulo, se tituló “Las tecnologías sociales racionales en el contexto productivo pecuario”, y a modo de introducción enfatiza el repensar la ciencia y la tecnología con los productores de pequeña y mediana escala ante la dicotomía actual de riqueza de unos versus la pobreza de la mayoría; pese a la biodiversidad y la disponibilidad de recursos, el enfoque mayoritario es extractivista y de mercado, de tipo lineal, mecanicista, determinista y acrítico; por una participación de tipo constructivista, que permita nuevas interpretaciones con el productor de sus agroecosistemas, no sólo pensar en el mercado y que éste resolverá la pobreza, las desigualdades y la inseguridad alimentaria.

Es relevante señalar que existieron productos de las cuatro categorías planteadas en las tecnologías sociales (productos, procesos, métodos y técnicas). Como era de esperarse abundaron las de tipo técnico, pero es esperanzador observar que se puede incidir en estas cuatro categorías desde diferentes enfoques en la producción con tecnologías y visiones holísticas, sin olvidar las de tipo puntual.

Los capítulos siguientes fueron, uno sobre una olla enfriadora basada en energía solar para la producción lechera familiar como producto; cuatro sobre procesos asociados a economía circular, granjas multifuncionales, tracción animal y calidad de miel; otros cuatro sobre métodos, entre ellos el fomento de capacidades e innovación local, cadena de valor, producción de alimentos asociados a bioenergía y apropiación de conocimiento en comunidades campesinas; finalmente nueve sobre técnicas, dos relacionados con mejorar la calidad del suelo, una de ellas sobre microorganismos eficientes que además de favorecer aspectos edáficos y agrícolas tiene aplicación en producción animal, una sobre quesería caprina; de los cuales seis son sobre nutrición, tres en monogástricos y tres en rumiantes.

Las tecnologías generadas con la participación y el apoyo de los productores pecuarios familiares, y pensadas para su desarrollo, son un punto importante que posibilitan procesos de creatividad, cambio, reconocimiento, motivación y adaptación, en una región multiétnica, multicultural y biodiversa, que olvida por momentos sus recursos y la importancia de fortalecer su base, impulsando el desarrollo endógeno. A pesar de ello, la resiliencia y robustez de estos sistemas productivos muestra capacidad para reinventar-

se y sobrevivir. Las propuestas recopiladas en los diversos capítulos son una muestra de lo que puede realizarse en América Latina y el Caribe.

Por último, un reconocimiento a quienes aportaron sus propuestas, experiencias, conocimientos, procedimientos y empeños, por su compromiso compartido con nuestra sociedad. El reto será divulgarlo y hacerlo llegar a quien lo requiere y que seamos capaces de ofrecer nuevas alternativas de solución a las expectativas que nos presentan, una región espectacular desde diferentes puntos de vista en lo social, cultural, productivo, biodiverso y con una deuda para aquellos que llamamos productores pecuarios de tipo familiar.

Una nota póstuma en honor del Dr. Pedro Lezcano Perdigón quien el 19 de enero del 2021 falleció. Sirvan estas líneas para este gran científico, colega y amigo quien desde que le planteamos la idea de que contribuyera con un capítulo para el libro cuando estábamos en Guayaquil en la Reunión de ALPA, tomó con entusiasmo la propuesta y fue de los primeros en apoyar esta tarea con el envío de un trabajo en nutrición de mono-gástricos, en particular con cerdos y recursos no convencionales. Donde quiera que estés, te mando un abrazo Petty.

José Manuel Palma García





# Las tecnologías sociales racionales en el contexto productivo pecuario

José Manuel Palma García<sup>1\*</sup>

José Manuel Zorrilla Ríos<sup>2</sup>

## Introducción

**A**ctualmente el mundo está dividido en dos polos que se expanden de manera gigantesca como en ningún momento de la historia humana, pocos concentran la riqueza y en el otro existen diferentes grados y formas de pobreza, pero que representan una gran proporción de la población, es decir 26 personas poseen la misma riqueza que los 3 800 millones de personas pobres, equivalente a la mitad de la población mundial (OXFAM, 2019), este fenómeno de gran magnitud y velocidad de divergencia, tiene mayor intensidad y aceleración en el tiempo.

Quienes concentran la riqueza, en su mayoría lo hacen con modelos extractivistas, los cuales buscan la máxima producción y ganancia en el menor tiempo posible, sin importar los daños generados en el ambiente y en la sociedad. Esta postura contrasta con la propuesta de aquellos que buscan la inclusión tanto de personas y culturas como de saberes, donde se reconozca no sólo la oferta del conocimiento, sino que permita la construcción del mismo, con el objetivo de una mejor interpretación socioambiental con fines de sustentabilidad (Casimiro *et al.*, 2017) y no meramente de beneficio económico.

En este entorno, la tecnología se convierte en una herramienta que determina el grado de desarrollo en favor de una porción reducida de la sociedad. Al respecto, en la revisión sobre los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (Tabares y Correa, 2014), propusieron que las tecnologías y sus relaciones contextuales sociales y culturales están planteadas desde dos visiones: una de tipo determinístico donde la tecnología es una variable independiente, en un proceso social lineal de desarrollo, en el cual la tecnología define aspectos sociales y determina el progreso de la humanidad. Por otra parte se encuentra el enfoque constructivista, que promueve una relación recíproca entre los procesos de desarrollo tecnológico con las formas culturales de proceder y actuar socialmente.

A nivel mundial, América Latina y el Caribe no son la excepción, están realizando experiencias que conducen a una nueva forma de entender la producción de alimentos, donde los productores de pequeña y mediana escala sean reconocidos y valorados en su promoción a hacia una independencia tecnológica, alimentaria y energética. En este contexto, es necesario replantear el enfoque de generación tecnológica, para que responda a las expectativas del entorno social menos favorecido en la actualidad y no meramente a las expectativas del investigador, del sector empresarial extractivista ni de la visión lineal del estado capitalista neoliberal de libre mercado.

1 Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario (CUIDA) y Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima, Colima, México.

2 Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara, México.

\* Autor para correspondencia: palma@uocol.mx

Por lo tanto, existe un gran cuestionamiento en torno al enfoque sobre la generación y adopción de tecnologías en la producción pecuaria, adoptadas a la fecha, y cuáles deben ser las estrategias para que se tenga un mayor impacto en la ganadería; en el que, si bien se menciona la participación de los productores, se mantiene el enfoque lineal de desarrollo y con orientación de mercado (Santoyo-Cortés *et al.*, 2015).

El debate se torna interesante, puesto que muchas veces, tal vez la mayoría, falta interacción con la comunidad para entender los límites y el potencial de las personas y su entorno, así como sus expectativas, experiencias y visiones; existe carencia de diálogo para identificar y definir estrategias de implementación, optándose por llevar información, tecnología y procesos definidos *ex situ*, que duran, en el mejor de los casos, mientras los agentes sean instituciones, investigadores o extensionistas que mantengan su participación y abandono cuanto éstos dejan la localidad, desenlace originado de una oferta tecnológica sin sustento de demanda local.

Expuesto esto, el objetivo del presente capítulo es proponer una aproximación de las tecnologías sociales racionales en el contexto de la producción animal en América Latina y el Caribe.

## Ciencia y tecnología en América Latina y el Caribe

Es importante plantear los principios rectores de la ciencia y la tecnología en América Latina y el Caribe, donde sobresalen tres aspectos: 1. El enfoque de política pública en la ciencia, 2. La inversión realizada en este rubro y 3. La formación de científicos.

En el primer aspecto Casas *et al.* (2014), en un estudio de 10 países de Latinoamérica muestra que el enfoque implementado en la región privilegia la competitividad y el crecimiento económico, fenómeno influenciado por la internacionalización de la política aplicada a la ciencia y la tecnología, sin importar el contexto socioeconómico. Es por ello que la inclusión social no está considerada o está parcialmente abordada, pues la política aplicada por parte del estado en este rubro, tiene un enfoque vertical, de mercado y de atención a las élites científicas. Los vínculos para atender las limitantes sociales son escasos y la participación de la sociedad civil para superar dicha fisura entre ciencia y sociedad es incipiente.

En cuanto al recurso económico destinado para la ciencia y la tecnología en la región, se conoce que es limitado y provoca rezago, ya que en su conjunto aporta el 0.5% del PIB, asignación limitada en comparación con la Unión Europea que aporta el 2.0% PIB y con 2.5% del PIB en Estados Unidos, Japón o la República de Corea (CEPAL, 2017). Una de las razones que hace que nuestros países sean tecnológicamente dependientes. Cabe destacar que al interior de cada país la distribución de los recursos también es centralizada y muchas veces corresponde a las élites científicas ejercerlos bajo el enfoque de la producción de artículos científicos publicados en revistas internacionales, lo que se traduce en una ciencia y una tecnología asociados frecuentemente con la iniciativa privada y las grandes transnacionales. Se dejan pocos recursos disponibles para los grupos de científicos y técnicos que atienden a los sectores pecuarios de pequeña escala enfocados a una producción de sobrevivencia y autoconsumo.

Otro aspecto característico de la internacionalización de la política de la ciencia y la tecnología, es la desvinculación que en muchos casos existe de los investigadores con

su entorno y su impacto social, condición propiciada, en parte, por el afán del investigador de obtener una publicación científica que le permita un mejor posicionamiento y competitividad internacional (Varsavsky, 1969). Este fenómeno dominante en las últimas tres décadas en varios países de Latinoamérica, está íntimamente relacionado con el ingreso económico del científico por un lado y, por el otro, con la poca valoración que se tiene sobre su trabajo realizado en conexión con el entorno social.

El anterior fenómeno es señalado por Santoyo-Cortés *et al.* (2015) quien plantea que la investigación pecuaria en nuestra región debería estar alineada con los grandes problemas del sector pecuario, para optimizar los recursos tanto materiales como intelectuales, destinados a propuestas de desarrollo sustentable y no sólo de inserción en el mercado. De hacerlo así, comenta, parte de la comunidad científica se manifestaría en contra, pues se consideraría que limitaría su libertad de investigación. Si estos fueran los argumentos, demostraría por qué existe desvinculación del sector académico con el sector social y su interpretación tácita sería que la ciencia es neutra e intrínsecamente positiva. Por ello, Dagnino (2004) cuestiona estos planteamientos de las universidades y centros de investigación en su quehacer científico y tecnológico, pues mantienen una visión lineal, mecanicista, determinista y acrítica de nuestras sociedades, como países pobres.

En ese sentido, la Comisión Económica para América Latina, CEPAL (2017) planteó la importancia de reconocer la inversión social, desde la creación de trabajo, acceso universal a la educación, a la salud, mejorar los sistemas de protección social, acceso al agua, y vivienda, entre otros en la región; como estrategia para mejorar las capacidades de nuestra población y no sólo como asegura el campo económico, a través de la diversificación productiva. Dicha situación incrementa la desigualdad, además, debe considerarse la inclusión de un pacto ambiental que permita un futuro sostenible para la región y el mundo. Sin embargo, los modelos actualmente utilizados siguen el paradigma del crecimiento continuo, pues el consumo de recursos naturales se mantiene y esto atenta contra la sustentabilidad (Mercado *et al.*, 2015).

## Producción pecuaria en América Latina y el Caribe

Un aspecto esencial de la actividad pecuaria en Latinoamérica y el Caribe es la diversidad de sistemas y aportes que están presentes en la región, lo que da lugar a planteamientos generales, pero con particularidades y experiencias disímiles, tanto dentro como en otros países.

Existen diferentes reflexiones de investigadores latinoamericanos sobre la ganadería, los cuales plantearon, desde sus limitantes, oportunidades y perspectivas (Tewolde *et al.*, 2007), otros los enfocan desde las visiones y desafíos que tiene la región en el sector (García-Winder, 2015) y algunos señalan lineamientos para fortalecer la producción pecuaria familiar en América Latina y el Caribe (Díaz y Valencia, 2014), por señalar algunas propuestas. Sin embargo, estas mantienen la visión lineal de desarrollo y un enfoque economicista, en donde los productores no son los actores principales del proceso, ni se indica el respeto e incorporación de sus tradiciones y culturas al desarrollo de sus sistemas y localidades, tampoco se considera el conocimiento obtenido a través de su observación y experiencia, para resolver sus problemas alimentarios. Reflexión cruda y desgarradora que realiza Caparrós (2014) sobre el hambre que impera en el mundo, a pesar de la capacidad productiva que existe, este fenómeno genera la muerte de millones de

personas en el mundo anualmente. Por ello, es necesario que los gobiernos locales generen estrategias, métodos y políticas que logren el reconocimiento de sus sistemas desde el autoconsumo, hasta aquellos de inserción al mercado con propuestas que permitan un derecho (CEPAL-FAO, 2019), y no sólo dádivas a través de programas asistenciales.

El modelo económico implementado desde el siglo pasado, de corte industrial, consideraba que este sería la palanca de desarrollo de los países de América Latina y el Caribe, exacerbado en las últimas tres décadas con el enfoque de mercado, el cual se planteaba como el motor de transformación de las economías de la región, que propiciaría la competitividad en los sectores y con ello mayor eficiencia productiva, así como la redistribución equitativa de la riqueza. Nada de eso sucedió, sólo la concentración de la riqueza cada vez en menos manos. Los resultados indican pobreza y éxodo de la población rural a las ciudades, inclusive emigración hacia otros países (Piketty, 2014).

En el análisis de Saravia y Aguirre (2019) para Latinoamérica y el Caribe, indicaron que en la década de los 50 del siglo XX, la población era de 169 mil millones de habitantes, donde el 41.6% era urbano y 59.1% era rural, fenómeno que para el 2020 se planteó en 663 mil millones con el 83.8% urbano y 16.5% rural, con contraste muy evidente entre países. Este fenómeno impacta al sector pecuario de la región, además, se deben considerar otros aspectos de los productores rurales como la edad, escolaridad, e inclusive la participación de la mujer cada vez más importante en la actividad.

La contribución de la ganadería en la región tiene diferentes connotaciones desde históricas, ambientales, económicas, sociales y culturales, por ello, García-Winder (2011) señaló que en el continente existen países como Argentina y Uruguay, que tienen a la ganadería en un lugar privilegiado dada la importancia y contribución al bienestar que aporta a su sociedad. Otros como Brasil, México, algunos países de América Central y de la región Andina, con una ganadería relativamente fuerte, donde Brasil tiene una transformación relevante, siendo uno de los productores de alimentos de origen animal más importante del mundo; y un tercer grupo compuesto por países insulares o de menor grado de desarrollo, que dependen de la importación de alimentos y en los que la ganadería juega un papel secundario, con un fuerte componente de productores familiares.

En este escenario, existe entonces un sector con una integración al mercado global con enfoque agroindustrial, con una amplia base de pequeños y medianos productores que tienen un ingreso marginal al mercado. Esto se demuestra en México (SAGARPA-FAO, 2012), donde la aportación económica se centra en un grupo reducido de empresas, es decir el 0.3% de las unidades rurales con mayor presencia en el mercado son clasificadas como empresariales dinámicas, 17 633 concentran el 96.7% de las ventas totales del sector y en el otro extremo, el 73% de dichas unidades (3 888 764) apenas participan con el 0.1% de dichas ventas. Por lo tanto, los resultados de este modelo neoliberal son pobreza, marginación e inseguridad alimentaria, con ello, la atención a este vasto sector de la población sería la palanca que permitirá que las unidades de producción pecuaria de escala familiar, tengan la opción de generar sus propios alimentos mediante modelos propios (Casimiro *et al.*, 2007; SEMA, 2018).

Este fenómeno es una manifestación clara del análisis propuesto por Truitt y Zeigler (2014), quienes señalan a Latinoamérica como la “despensa del mundo”, basado en la disponibilidad de recursos naturales abundantes (tierra, agua, biodiversidad); enfoque con



una consciente propuesta agroindustrial, aunque el análisis considera la sustentabilidad, los autores mantienen una clara orientación de incremento en la producción con el manejo de insumos químicos, en el aspecto social plantean la expectativa de que esa estrategia sea un mecanismo para solucionar la pobreza, la desigualdad y la inseguridad alimentaria de la región, estrategia ampliamente conocida por sus resultados sociales desastrosos.

Respuesta diferente al planteamiento de investigación e innovación socio-ambiental, particularmente en sistemas ganaderos, el cual se orienta hacia el desarrollo de capacidades locales de los productores, promueve su organización social (grupos de trabajo, cooperativas, etcétera) con una estrategia de gestión en el corto, mediano y largo plazo para lograr la eficiencia funcional y la sustentabilidad de sus sistemas productivos actuales (Nahed *et al.*, 2014), los cuales se pretende que con el empleo de tecnologías sociales racionales mediante adaptaciones socioambientales, sean resilientes al cambio climático (Casimiro *et al.*, 2017; Palma *et al.*, 2019).

El reto es claro para la región y consiste en el desarrollo de sistemas que mejoren la producción, con la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) (Gerber *et al.*, 2013; Pezo, 2019), que preserven los recursos agroecológicos nativos (aire, tierra, agua, cubierta vegetal) y que existan mecanismos de colaboración justa y equitativa con el sector industrial (Truitt y Zeigler, 2014), para que se favorezca la inclusión social con respeto a la cultura.

## Tecnologías sociales racionales para los productores pecuarios

A partir del planteamiento de tecnologías sociales propuesto por Dagnino (2004), se propone agregar el enfoque racional, es decir tecnologías sociales racionales, que se entiende en el presente ensayo como los “productos, técnicas, procedimientos o procesos metodológicos desarrollados a nivel comunitario para resolver problemas del entorno” (Dagnino, 2014), en este caso particular sobre la producción pecuaria, en un contexto de pobreza, inseguridad alimentaria, vulnerabilidad o exclusión y la preservación de los agroecosistemas, entre otros, con la participación del gobierno, comunidad científica, extensionistas, empresas y sociedad. Este planteamiento busca la ruptura de una tradición de oferta tecnológica ante un nuevo paradigma de participación social con demanda específica, que permita la comunicación del “experto profesional” con el “experto social”.

La ganadería es un motor de desarrollo de Latinoamérica y el Caribe, la cual, tiene la posibilidad de contribuir al cambio de los grandes retos de la región en cuanto a pobreza, inseguridad alimentaria y cambio climático. No sólo se trata de la producción para una demanda de una población en crecimiento, sino de aprovechar lo que se tiene, dado el contraste entre producción suficiente actual y hambre de casi mil millones de humanos en el planeta, asociado al desperdicio de alimentos que en promedio en el mundo se ubica en el 30% de lo que se produce; en nuestra región, esa pérdida pudiera alimentar a más de 30 millones de persona, equivalente al 64% de quienes sufren hambre. Por otro lado, la pandemia de Covid-19 conlleva el reto de esta disminución de pérdidas en sectores de pequeños productores que se ven impactados por limitantes de mano de obra e infraestructura (FAO, 2020). Aunada a esta incongruencia de despilfarro, existe el hecho innegable de que la humanidad crece a ritmos discordantes con el potencial de recursos naturales que dispone el planeta. Mientras se mantenga este desequilibrio, no habrá alternativa de sistema pecuario que pueda revertir la pobreza alimentaria existente, ya que

en la actualidad es creciente y con un impacto negativo en el clima, asociada a la baja eficiencia de producción en la región, con una pobre capacitación, así como de otros indicadores que limitan la adopción y uso de tecnologías.

Aunque es común señalar que la baja eficiencia de producción es uno de los principales desafíos en la ganadería de la región, también la capacitación que se realiza con los productores y la ausencia de registros para la toma de decisiones son elementos deficitarios, lo que a la vez limita la adopción y uso de las tecnologías (Senra, 2011). Dado que la adopción de tecnología juega un papel clave en mejorar los procesos productivos, económicos y ambientales, es necesario un adecuado diagnóstico, así como interés por parte del productor y la flexibilidad apropiada para hacer los ajustes pertinentes en la unidad de producción como proceso dinámico (Suárez *et al.*, 2012).

Pero más “capacitación” para fomentar la “adopción y uso de tecnología” que denotan la percepción de exclusión del productor, sin entender primero a cabalidad la realidad de múltiples problemas y limitantes que enfrenta éste a diario, equivale a repetir lo mismo, esperando obtener resultados diferentes, esto se traduce en pérdida de tiempo.

La propuesta es trabajar en el desarrollo de tecnologías sociales racionales, con las cuales se identifiquen y prioricen casuísticamente los requerimientos de la inmensa variedad de pequeños ganaderos, con el acompañamiento paso a paso en encontrar las soluciones y ajustes pertinentes en un proceso dinámico.

Al respecto, es común señalar que la tecnología es un instrumento que contribuye al crecimiento económico de los países, y se define como un conjunto de habilidades, innovaciones y prácticas que se transfieren desde los lugares de su creación a los lugares donde se usan a diario, esto último tiene un enfoque lineal de tipo determinístico (Tabares y Correa, 2014) ), pues el planteamiento considera que primero se encuentra el conocimiento científico, después su aplicación a un problema práctico, seguido de la innovación y finalmente de la difusión. Ello conlleva a la exclusión de la sociedad en donde se asume que se va a aplicar, planteamiento señalado por Dagnino *et al.* (2004), quien indicó que este fenómeno es conocido como cadena de innovación lineal, pues supone que a la investigación científica le sigue el desarrollo tecnológico y luego el económico y finalmente el social, es una reacción en cadena catalizada por una masa científica crítica, no siempre vinculada con el ámbito productivo donde se aplicará la propuesta tecnológica.

El desarrollo sostenible para la región es discutido por García-Winder (2011), quien indica que para lograrlo se debe mejorar la contribución de la ganadería al Producto Interno Bruto (PIB) nacional y a los ingresos de los productores, cambiar la opinión que se tiene de la ganadería sobre los impactos negativos que ésta puede tener sobre el ambiente y la salud, mejora de la articulación y la integración de las cadenas de valor, lograr mejores políticas públicas que resulten en mayores niveles de inversión y acercar a los sistemas de innovación agropecuaria a las necesidades reales de la ganadería y sus actores, fenómeno que sigue el enfoque globalizador a través de la integración al mercado global, ya que el PIB no refleja la tremenda desigualdad que se tiene entre la sociedad en general y en el sector en lo particular. ¿Qué sentido tiene para el sector primario hacer el esfuerzo de aumentar su participación en el PIB? si la riqueza adicional generada va a ir a parar en las pocas manos de siempre. Por ello, Piketty (2015), recuerda la propuesta del PNN (producto nacional neto) en lugar del PIB, dado que el PNN mide el conjunto de los ingresos real-

mente disponibles por los residentes de un país, el ingreso nacional coloca al hombre en el centro de la actividad económica, mientras que el PIB es la obsesión productivista.

Por lo tanto, se deberían realizar evaluaciones más allá de las de tipo clásico económico y de rendimiento productivo, como propone Casimiro *et al.* (2017), en sus resultados sobre resiliencia socioecológica en las fincas familiares de Cuba, en donde se enfatizan además de estos elementos los de impacto social, energético y ambiental.

El modelo utilizado en la actualidad no revierte los problemas de pobreza, desigualdad, inseguridad alimentaria y negativo impacto ambiental, por ello, en la propuesta de inclusión social, se considera a la innovación socioambiental como una estrategia que además de los aspectos disciplinares de la ciencia, se aborden los problemas con fines multidisciplinarios y transdisciplinarios.

Por ello, la innovación socioambiental se plantea como un proceso de cambio a través de la investigación-acción en territorios localizados, en donde los actores y las instituciones se integran con diferentes intereses, misiones, habilidades y capacidades, para realizar diversas actividades (científicas, tecnológicas, ambientales, culturales, organizacionales, financieras y comerciales), que, además de resolver los problemas técnicos o ambientales originen independencia a través del aprendizaje con beneficios colectivos (Bello *et al.*, 2010).

En ese sentido, las tecnologías sociales racionales se consideran para el pequeño o mediano productor como la opción tanto física como financiera, que no hace una discriminación entre el dueño o el empleado, se orienta hacia el mercado interno popular, es un catalizador para potencializar la independencia y creatividad del productor, que sea capaz de hacer proyectos sustentables a nivel familiar que impliquen la inclusión social, es decir el beneficio de la sociedad (Dagnino *et al.*, 2004).

Este tipo de planteamiento refleja la propuesta de Van der Ploeg y Roep (2003), quienes indican desde la multifuncionalidad de los ranchos características que definen como el “reagrupamiento”, explicado como el uso de los recursos que tiene el productor para minimizar costos y generar ingresos adicionales al rancho; asimismo, la “profundización” que implica el control de la cadena de producción para lograr valor agregado, en la generación de un punto de venta local, estatales o regionales y finalmente la “ampliación”, término que además del valor agregado a los bienes que genera, el productor desarrolla nuevos productos o servicios, reflejo de la capacidad de cada persona.

Para la solución de algún problema social en la producción pecuaria en particular, los de tipo familiar consideran que las tecnologías sociales racionales deben tener las siguientes características, enunciadas por Dagnino (2014): simplicidad, bajo costo, fácil aplicación, replicabilidad, generadora simultánea de varios benefactores, impacto social probado y con enfoque sustentable.

Los rasgos previamente establecidos o los lineamientos esperados de las tecnologías sociales racionales propuestas, implicarían la viabilidad económica asociadas a las características de simplicidad y bajo costo. En cuanto a los rasgos de fácil aplicación, replicabilidad, impacto social probado y la generación no sólo de beneficios materiales sino también de carácter personal de autoestima, conlleva la inclusión social y al enfoque sustentable. Este tipo de rasgos conducen hacia la innovación socioambiental capaz de impactar a cualquier estrato sin importar el tamaño, pero se enfatiza el bienestar de aque-

llos de estrato familiar, que para América Latina y el Caribe existen particularidades para cada país (CEPAL-FAO, 2019).

Por ello, con la inclusión de algunas ciencias como la agroecología, agroforestería, etnobiología, antropología, sociología, entre otras, aparte de las tradicionales del sector agropecuario, se permitirá el desarrollo de estrategias de economía solidaria, economía circular, autogestión de las pequeñas empresas, reciclaje de nutrimentos, agroenergía, granjas multifuncionales, sistemas agro y silvopastoriles, integración comercial y el fortalecimiento del tejido social, entre otras opciones tecnológicas; para que con la participación del productor y en un entorno constructivista, sean opciones para nuestros ganaderos en América Latina y el Caribe, permitan el reconocimiento y valoración de la actividad que realiza el productor de pequeña y mediana escala en el aporte a la soberanía alimentaria, su contribución económica y ambiental biodiversa, todo ello congruente con su entorno social y cultural, en las cuales la producción va más allá del autoconsumo y de la complacencia material.

Cabe mencionar que los conocimientos existentes, pueden impulsar la ganadería sustentable, para ello, serán necesarias las adecuaciones pertinentes para que las innovaciones existentes puedan reinterpretarse en las condiciones específicas locales, cubriendo las necesidades de los productores, en especial aquellos de pequeña y mediana escala. Esto sería otra forma de adaptar o adoptar las tecnologías con inclusión social y racional para revertir la pobreza, la inseguridad alimentaria y los daños ambientales de los productores de escala familiar.

En muchas ocasiones se habla de “atraso tecnológico”, connotación que se indica en relación a la tecnología desarrollada para condiciones diferentes a las del productor familiar, circunstancia que no justifica el desconocimiento de la existencia y uso de tecnología apropiada a sus condiciones, desarrollada y transmitida a través de decenas de generaciones, lo cual demuestra la resiliencia de sus sistemas, resuelven su reto alimentario con la preservación de su medio ambiente. Esto es necesario e indispensable tenerlo siempre presente y señalarlo con voz alta. Lo que nos conlleva a aceptar que otra de las características de la tecnología social racional, que se pretenda desarrollar en la actualidad con carácter de “innovaciones”, debe preservar y alimentarse de las estrategias que persisten a través de los años. Esto, aunque les incomode a los científicos-tecnócratas, les resta en gran medida el adjetivo de “innovadores”, para posicionarles en el menos glorioso papel de “actualizadores”.

## Conclusión

La propuesta de generación de tecnologías sociales racionales es un reto para la ganadería en América Latina y el Caribe, puesto que la formación científica mayoritariamente tiene un enfoque de tipo lineal determinístico, mecanicista y acrítica, en donde la internacionalización de la ciencia produce dependencia de los aspectos que deben resolverse en forma local. Por lo cual, la innovación socioambiental y la adaptación de tecnologías sociales racionales implicarían la investigación-acción en ambientes específicos con la participación conjunta de actores, no sólo para resolver problemas productivos y ambientales, sino que lleven a la independencia a través del aprendizaje y la transformación estructural en beneficio de la sociedad y el ambiente.

## Referencias

- Bello, E.; Naranjo, E. y Vandame, R. (2010). *Innovación socio-ambiental y desarrollo en la frontera sur de México*. Chiapas, México: REDISAECOSUR-CONACYT.
- Caparrós, M. (2014). *El Hambre*. Editorial Planeta Mexicana S.A.I.C. Buenos Aires, Argentina. 610 p.
- Casas, R.; Corona, J.M. y Rivera, R. (2014). *Políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina: entre la competitividad y la inclusión social*. En: Perspectivas Latinoamericanas en el Estudio Social de la Ciencia, la Tecnología y el Conocimiento. Editores: P. Kreimer.; H. Arellano.; H. Vessuri y L. Velho. Editorial Siglo XXI. 608 p.
- Casimiro, L.; Casimiro, J.A. y Suárez, J. (2017). *Resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba*. Editorial Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 252 p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2017). *Brechas, ejes y desafíos en el vínculo entre lo social y lo productivo*. (LC/CDS.2/3/). Ed. ONU. Santiago, Chile. 180 p.
- Dagnino, R. (2004). *A tecnologia social e seus desafios*. En *Tecnologia social uma estratégia para o desenvolvimento*. Editores: A. de Paulo, C.J. Mello, L. P. do Nascimento Filho y T. Koracakis. Editorial Sindicato Nacional dos Editores de Livros. Río de Janeiro, Brasil. Pp. 187-209.
- Dagnino, R.; Cruvinel, F. y Tahan, H. (2004). *Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social*. En *Tecnologia social uma estratégia para o desenvolvimento*. Editores: A. de Paulo, C.J. Mello, L. P. do Nascimento Filho y T. Koracakis. Editorial Sindicato Nacional dos Editores de Livros. Río de Janeiro, Brasil. Pp. 15-64.
- Dagnino, R. (2014). *Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas* [online]. Campina Grande: EDUEPB. Pp. 19-34. ISBN 978-85-7879-327-2. Available from SciELO Books.
- Díaz, T. y Valencia, P. (2014). Lineamientos para el fortalecimiento de la producción pecuaria familiar en América Latina y el Caribe. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. Editado por S. Salcedo y L. Guzmán. FAO. Santiago de Chile, Chile. Pp. 167-175.
- FAO. (2020). *Mitigating risks to food systems during Covid-19: Reducing food loss and waste*. <http://www.fao.org/3/ca9056en/ca9056en.pdf> (Consultado: 14 julio 2020)
- García-Winder, M. (2011). Definiendo una agenda común para fortalecer la contribución de la ganadería al combate a la pobreza en América Latina y el Caribe. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 19 (3-4): 50-54.
- García-Winder, M. (2015). *La ganadería en América Latina y el Caribe: una reflexión sobre sus perspectivas y desafíos*. En: la ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal. Editores Rafael Núñez Domínguez, Rodolfo Ramírez Valverde, Salvador Fernández Rivera, Omar Araujo Febres, Miguel García Winder, Tito Efraín Díaz Muñoz. Editorial Colegio de Posgraduados. Guadalajara, Jalisco, México. Pp. 27-49.
- Gerber, P.; Henderson, B. y Makkar, H. (2013). *Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera – Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO2*. FAO. Roma, Italia. No. 177. 251 p.
- Mercado, A.; Vessuri, H. y Córdova, K. (2015). *La política científica y tecnológica en Latinoamérica: convergencias y divergencias frente a apremiantes problemas socioambientales*. En: Mirada Iberoamericana a las políticas de ciencia, tecnología e innovación perspectivas comparadas. Editores R. Casas y A. Mercado. CLACSO Y CYTED. Buenos Aires, Argentina. Pp. 297-337.
- Nahed, J.; Palma, J.M. y González, E. (2014). La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(3): 7-34.
- OXFAM. (2019). *¿Bienestar público o beneficio privado?* Ed. OXFAM. Oxford, UK. 109 p.
- Palma, J.M.; Zorrilla, J.M. y Nahed, J. (2019). Incorporation of tree species with agricultural and agroindustrial waste in the generation of resilient livestock systems. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(1): 73-90.
- Pezo, D. (2019). *Intensificación sostenible de los sistemas frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Estado del arte*. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, USA. 84 p.
- Piketty, T. (2014). *El capital en el siglo XXI*. Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, México. 664 p.
- Piketty, T. (2015). *La crisis del capital en el siglo XXI – crónicas de los años en que el capitalismo se volvió loco*. Siglo veintiuno editores. Buenos Aires, Argentina. 301 p.



- SAGARPA-FAO. (2014). *Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012*. FAO. Ciudad de México. México. 68 p.
- Santoyo-Cortés, V.H.; Martínez-González, E.G. y Muñoz-Rodríguez, M. (2015). *Innovación ganadera para una producción competitiva y sustentable*. En: La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal. Editores Rafael Núñez Domínguez, Rodolfo Ramírez Valverde, Salvador Fernández Rivera, Omar Araujo Febres, Miguel García Winder, Tito Efraín Díaz Muñoz. Editorial Colegio de Posgraduados. Guadalajara, Jalisco, México. Pp. 789-802.
- Saravia-Matus, S. y Aguirre, P. (2019). *Lo rural y el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*. No. 3. Santiago de Chile, Chile. FAO. 29 p.
- Senra, A. (2011). Cultura de trabajo para garantizar la sostenibilidad; eficiencia e impacto final de las tecnologías. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(2): 3-12.
- SEMA (Sustainable Entrepreneurship based on Multifunctional Agriculture). (2016). Experiencias de agricultura multifuncional en Europa. Consultado 18 de abril 2020. Disponible en: [http://www.sema-project.eu/sites/default/files/CS\\_Spain/SEMA\\_CS\\_synthesis\\_DEFOIN-ES.pdf](http://www.sema-project.eu/sites/default/files/CS_Spain/SEMA_CS_synthesis_DEFOIN-ES.pdf)
- Suárez, H.; Aranda, G. y Palma, J.M. (2012). Propuesta para la adopción de tecnología en el sistema bovino de doble propósito. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 16(3): 83-91.
- Tabares, J. y Correa, S. (2014). Tecnología y sociedad: una aproximación a los estudios sociales de la tecnología. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*. 9 (26): 129-144.
- Tewolde, A.; Gutiérrez, E. y Lucero, F. (2007). La producción animal en América Latina y el Caribe: limitantes, oportunidades y perspectivas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 15 (Supl. 1): 53-57.
- Truitt, G. y Zeigler, M. (2014). *La próxima despensa global: cómo América Latina puede alimentar al mundo: un llamado a la acción para afrontar desafíos y generar soluciones*. Banco Interamericano de Desarrollo y Global Harvest. Washington, USA. 56 p.
- Varsavky, O. (1969). *Ciencia, Política y Cientificismo*. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires, Argentina. 42 p.
- Van der Ploeg, J.D. y Roep, D. (2003). *Multifunctionality and rural development: the actual situation in Europe*. In: G. van Huylenbroeck and G. Durand (2003), Multifunctional Agriculture; A new paradigm for European Agriculture and Rural Development. Ashgate, Hampshire, England. Capítulo 3. Pp. 37- 53.

# PRODUCTO





# Olla enfriadora de leche basada en energía solar para pequeños productores

Valentín Efrén Espinosa Ortiz<sup>1\*</sup>

José Jassón Flores Prieto<sup>2</sup>

Mauricio Miguel Estrada<sup>1</sup>

Salomón Rosales Ramírez<sup>3</sup>

Randy Alexis Jiménez Jiménez<sup>1</sup>

## Introducción

Con la apertura comercial a nivel mundial, el sector lácteo mexicano tuvo que adaptarse a las nuevas exigencias del mercado; esto ocasionó en algunos casos la desaparición de productores principalmente por factores como son los elevados costos de producción y la exigencia de la calidad de la leche producida (Arriaga y Anaya, 2014; Espinosa *et al.*, 2011; Jiménez *et al.*, 2011). En ese sentido, pequeños productores lácteos se ven aún más presionados por las nuevas condiciones y enfrentan serias dificultades por falta de información, conocimientos y tecnologías apropiadas (FAO, 2014).

En el caso de México, durante el año 2018 fueron producidos 12 mil millones de litros de leche bovina, 2% más que el año anterior (SIAP, 2019a), y en 2019 se produjeron 12.3 mil millones de litros, posicionando al país en octavo lugar a nivel mundial en producción de leche bovina (SIAP, 2019b). En contraparte, el país ocupa el primer lugar en importar leche en polvo, con casi 84 mil toneladas y más de cuatro mil millones de litros de leche fluida (SIAP, 2018; 2019a; 2019b), lo que muestra la importancia que tiene este insumo en la dieta del mexicano y la necesidad de aumentar la producción nacional.

Así, la producción de leche en el país es una de las principales actividades del sector primario, con una gran parte de la población rural dedicada a esa actividad (Valdivia, 2015). En el país existen 3 059 establos lecheros, que concentran alrededor de tres millones de vacas especializadas (SIAP, 2018). Por otra parte, el sistema de producción de leche también es realizado en condiciones y situaciones muy heterogéneas (Cervantes *et al.*, 2001), varía desde sistemas especializados hasta pequeñas producciones familiares.

En este sentido, diversos autores clasifican los sistemas de producción lechera en México en cuatro tipos: especializado, semiespecializado, doble propósito y familiar (también llamado sistema campesino de producción de leche, a pequeña escala, de traspatio o lechería familiar) (Cervantes *et al.*, 2001; Espinosa *et al.*, 2011), cada uno con sus particularidades. El sistema familiar se caracteriza por aportar entre 9 y 11% de la producción nacional de leche (Espinosa *et al.*, 2011); aunque algunos autores indican que puede lle-

1 Departamento de Economía, Administración y Desarrollo Rural, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

2 Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Campus Cuernavaca.

3 Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 181.

\* Autor para correspondencia: veoe1@hotmail.com

gar hasta el 37% (Arriaga y Anaya, 2014), el rebaño puede estar constituido desde una a cincuenta vacas, con producción de entre 6 a 12 litros de leche/vaca/día, los animales están estabulados o semi-estabulados y son alimentados con subproductos de los principales cultivos nacionales, como rastrojo de maíz, avena y trigo, cultivos que se fertilizan con el mismo estiércol producido por el ganado (Espinosa *et al.*, 2011; Chávez *et al.*, 2018), lo que hace sustentable este tipo de sistemas.

Otras peculiaridades es que ocupan pequeñas superficies de terreno o inclusive los patios de las viviendas, además de que la mano de obra familiar no asalariada es su principal fuerza de trabajo y una de sus grandes fortalezas (Jiménez *et al.*, 2014); asimismo, en ocasiones sufren de irregularidades en el flujo de pagos por parte de los intermediarios (Cervantes *et al.*, 2001; Espinosa *et al.*, 2011).

A pesar de lo anterior, el número estimado de este tipo de sistemas de producción es entre 100 y 127 mil, lo que representa 35% de las unidades a nivel nacional (Espinosa *et al.*, 2011), aunque en algunos estados pueden conformar hasta el 80% (Cervantes *et al.*, 2001), demostrando la importancia de estos sistemas.

En ese sentido, además de la importancia en la producción de leche, también aportan complementariedad a los ingresos familiares, ya que aparte del empleo generado por esta actividad, los miembros de la familia pueden desempeñar otras actividades económicas, generar valor agregado al maíz al transformarlo en leche y adicionalmente, generar arraigo de los pobladores en zonas rurales. Esto proporciona autosuficiencia alimentaria en las zonas de alta y muy alta marginación, siendo que parte de la leche producida (entre 3 y 5%) es consumida por los miembros de la familia, mejorando el nivel de nutrición, sobre todo de los niños y ancianos (Arriaga y Anaya, 2014; Espinosa *et al.*, 2011; Mainar, 2014); lo que contribuye hasta con 70% de índices de sobrevivencia de la población rural pobre del mundo (FAO, 2014). Por estas razones, el sistema de producción lechera a pequeña escala no sólo tiene que ser visto desde el punto económico, sino también analizarse de forma holística.

No obstante, al estar inmerso en una economía de mercado, la mayor parte de su producción es comercializada básicamente por tres canales: venta directa al público, venta a la agroindustria local y, gran parte de la producción es vendida a intermediarios, conocidos como boteros (Cervantes *et al.*, 2001; Espinosa *et al.*, 2011), lo cual genera cadenas de valor locales poco lucrativas para el pequeño productor, que se adapta al entorno realizando una mínima inversión y aceptando márgenes de ganancia ínfimos (Acevedo y Dávalos, 2019; Cervantes *et al.*, 2001). Por estos motivos las unidades familiares adoptan pocas tecnologías, careciendo la mayoría de veces de registros productivos, poco manejo reproductivo y casi nulo mejoramiento genético; además, las instalaciones son rústicas o mal diseñadas y la infraestructura escasa.

Al ser la leche comercializada sin tratamiento previo y a temperatura ambiente, resulta un producto altamente perecedero que debe venderse de manera inmediata (el mismo día de la ordeña) para evitar alteraciones físico-químicas y bacteriológicas debido al manejo, temperatura y tiempo de almacenamiento (Dobler *et al.*, 2014), ya que, en caso de ocurrir alteraciones en la calidad del producto, existe una disminución todavía mayor al precio pagado al productor o el rechazo total por parte del comprador.

De forma práctica, las empresas lecheras industriales consideran como parámetro de calidad láctea la cantidad de células somáticas por mililitro (CCS), este es un importante indicador de la calidad bacteriológica de la leche y, en caso de que presente índices altos, puede llegar a afectar la cantidad de los sólidos totales contenidos en la leche (Hernández y Bedolla, 2008). De tal forma, la agroindustria castiga el precio pagado por la leche en aquellos rebaños que presentan una cantidad mayor a 400 000 CCS indicado por el Consejo para el Fomento de la Leche y sus Derivados (COFOCALEC, 2014) o por el hecho de no entregar la “leche fría” (Cervantes y Cesín, 2008), ocasionado la mayoría de veces por falta de sistemas de enfriamiento adecuados.

Acevedo y Dávalos (2019) indicaron que 67% de los pequeños productores en Jalisco entendían como calidad de la leche el cumplir con las especificaciones exigidas para su comercialización, pero ninguno de los productores del estudio contaba con medios para el enfriamiento de la leche, siendo el principal motivo la necesidad de inversión económica para implementar y mantener equipos para este fin.

Por las razones antes mencionadas, el objetivo de este trabajo fue desarrollar y probar el funcionamiento de una tecnología que permitiera a los pequeños productores contar con un tanque enfriador de leche recién ordeñada, que la enfriara y mantuviera a 4°C durante 24 horas para poder comercializarla con mayor calidad, con la condición de que este dispositivo fuera de bajo costo, tanto en instalación como en mantenimiento, de fácil manejo y sustentable.

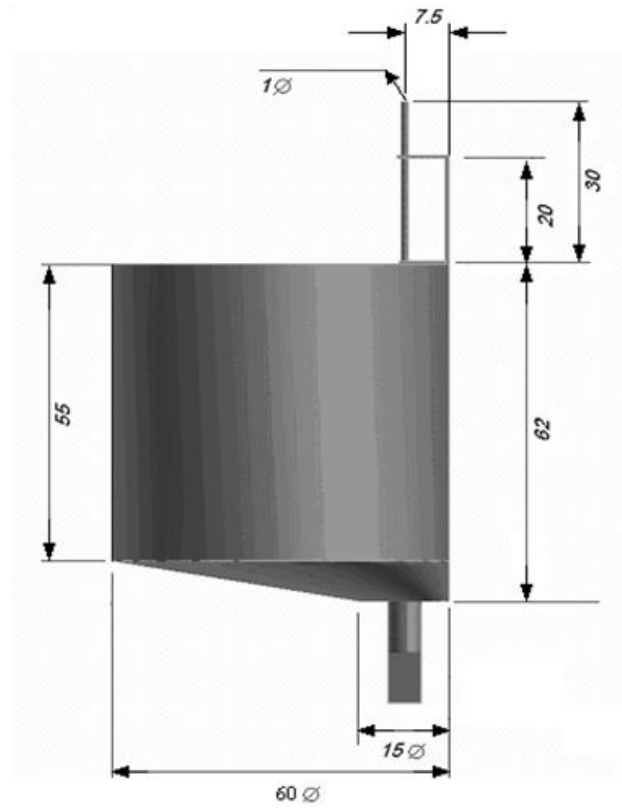
## Prototipo de la olla lechera

El diseño, prototipo y pruebas de la olla enfriadora de leche (olla lechera) fue realizado en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), ubicado en la ciudad de Cuernavaca, estado de Morelos, México.

Se diseñó y construyó un tanque en acero inoxidable de grado alimenticio con un fondo falso que contiene material aislante (figura 1). A este tanque externo se le acopló internamente otro tanque de menor tamaño del mismo material, que tiene agarraderas para facilitar su manipulación. Al tanque interno se adaptó un agitador también de acero inoxidable en la parte exterior (figura 2), que tiene como función agitar la leche para lograr una mejor transferencia de energía y, por ende, de temperatura. El agitador está conectado a un motor de corriente directa menor a 5 v.

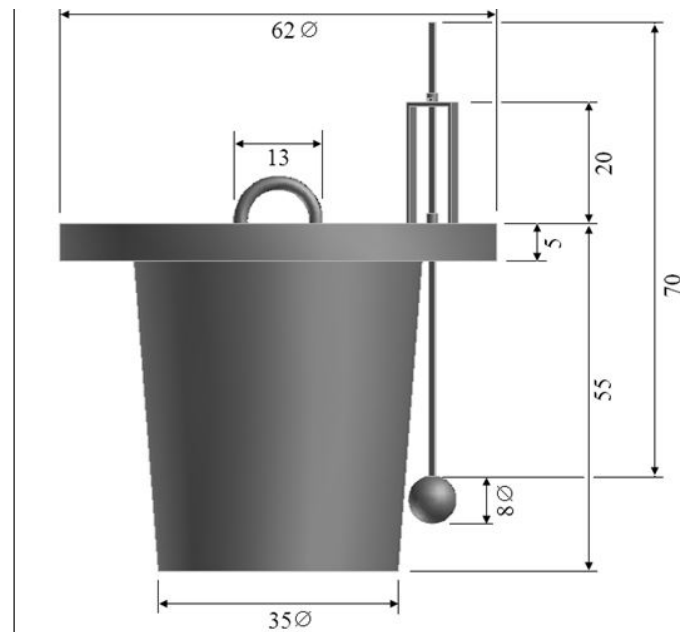
Entre estos tanques, existe espacio suficiente para recibir 100 litros de leche cruda, la cual entra por un tubo receptor localizado en la parte superior del tanque externo, que también cuenta con una salida para la leche refrigerada localizada en la parte inferior, que tiene acoplada una llave de paso, lo que permitiría tanto el ingreso como la extracción de leche de forma fácil para el productor.

Figura 1  
Tanque externo fabricado en acero inoxidable (cm)



Elaborado por los autores.

Figura 2  
Tanque interno con agarraderas acoplado al agitador (cm)



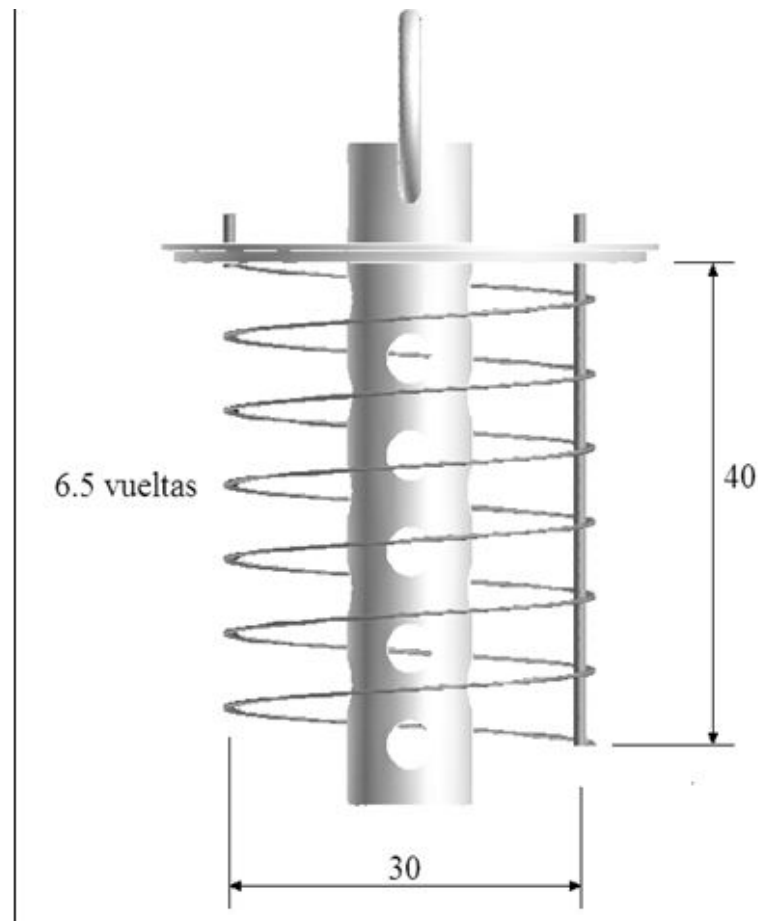
Elaborado por los autores.

En la tapa del tanque interno fue soldado un tubo de acero inoxidable y a este un serpentín de cobre (figura 3) que sirve para transportar el gas refrigerante R134a. Este gas ocasiona el enfriamiento y posterior congelamiento de agua corriente que deberá contener el tanque interno. La función del agua es transmitir por medio de conducción la temperatura de esta hacia la leche contenida en el espacio entre el tanque externo e interno al acoplarse (figura 4), logrando con esto el enfriamiento de la leche a una temperatura de 4 °C.

Mediante este diseño, se evita el contacto directo de la leche con el serpentín de cobre que contiene el gas refrigerante y también una posible contaminación de la leche con este gas en caso de existir alguna fuga a lo largo de la vida útil del aparato, siendo que esto alteraría la composición físico-química de la leche.

Al serpentín se conectó una manguera para introducir el gas refrigerante. Al inicio, el ingreso del gas refrigerante era realizado por la parte superior del serpentín, pero debido a los resultados durante las pruebas del prototipo, se determinó que la entrada del gas refrigerante mejoraría el enfriamiento de la leche si era introducido por la parte inferior del serpentín y, por consecuencia, la salida del gas es realizada por la parte superior.

Figura 3  
Serpentín de cobre soldado al tubo de acero inoxidable,  
soldado a su vez a la tapa del tanque interno (cm)



Elaborado por los autores.

Figura 4  
Acoplamiento del tanque externo-interno  
y la tapa del tanque interno que contiene el serpentín de cobre



Elaborado por los autores.

El gas es introducido a presión por un compresor marca Danfoss BD35F (figura 5), el cual está conectado a dos baterías de seis voltios marca Trojan T-105 Plus conectadas en serie. La función de las baterías es almacenar la energía requerida para el trabajo del compresor durante el periodo que el panel no reciba luz solar.

Finalmente, las baterías están conectadas a un panel solar marca Kyocera modelo KC130TM (figura 6), el cual captará los rayos solares y los transformará a energía eléctrica gracias a un circuito de controladores. Por lo anterior, es necesario que el lugar donde se instale el panel tenga una buena radiación solar.

Figura 5  
Compresor Danfoss BD35F conectado a la olla lechera



Elaborado por los autores.

Figura 6  
Panel solar Kyocera KC130TM localizado en el exterior para captar los rayos solares



Elaborado por los autores.

Es necesario que los componentes del sistema sean instalados en un lugar protegido del agua, polvo y sol, a excepción del panel solar, el cual se sugiere situarlo donde capte la mayor cantidad de radiación solar posible, inclinado a 35° para mejorar la absorción de este tipo de energía. En relación a los requerimientos de energía, es recomendable que las baterías sean nuevas y se conecten al panel solar dos días antes del inicio del funcionamiento de la olla, con el objetivo de que estén totalmente cargadas. El voltaje requerido para que la energía almacenada en las baterías pueda mantener trabajando el compresor es de más de



12 voltios; sin embargo, durante el transcurso del funcionamiento, este voltaje puede variar, pero no debe disminuir de los 10.88 voltios, ya que esto ocasiona el apagado del compresor.

Cabe mencionar que las baterías también van a proveer de energía al motor del agitador, pero la energía requerida para que este funcione es de 3.5 voltios.

Una vez que todos los componentes del sistema estuvieron preparados, fueron agregados 50 litros de agua corriente al tanque interno (una palma por debajo de su capacidad total), cuidando que el líquido no estuviera en contacto directo con la tapa, ya que reduce la efectividad al disminuir la energía.

Cuando los componentes de la olla lechera estuvieron instalados y conectados correctamente y el tanque interno lleno de agua, se procedió a poner en funcionamiento la olla, se recomienda hacerlo un día antes de introducir la leche para lograr que el agua del tanque interno logre enfriarse o congelarse (dependiendo de la carga de las baterías) y así pueda transmitir la energía de enfriamiento hacia la leche cruda.

Para probar el sistema de forma práctica, fueron introducidos 60 litros de leche cruda a las 11:00 horas y, posteriormente, 40 litros a las 19:00 horas, procurando con esto probar la olla en las condiciones más parecidas a como lo harían los productores rurales. La leche introducida presentaba una temperatura de 32 °C al ingresar al sistema de enfriamiento. Pasadas 24 horas de haber ingresado los primeros 60 litros de leche, la totalidad de esta fue retirada de la olla lechera, para repetir el proceso inmediatamente.

Durante el período de trabajo de la olla lechera (74 horas), la temperatura tanto del agua del tanque interno, como de la leche fueron monitoreadas cada 10 minutos mediante termopares conectados a una computadora.

Los resultados reportados en el actual trabajo son los finales de una serie de pruebas realizadas a lo largo de siete meses de experimentación, durante los cuales fueron modificadas diversas variables para obtener mejores especificaciones.

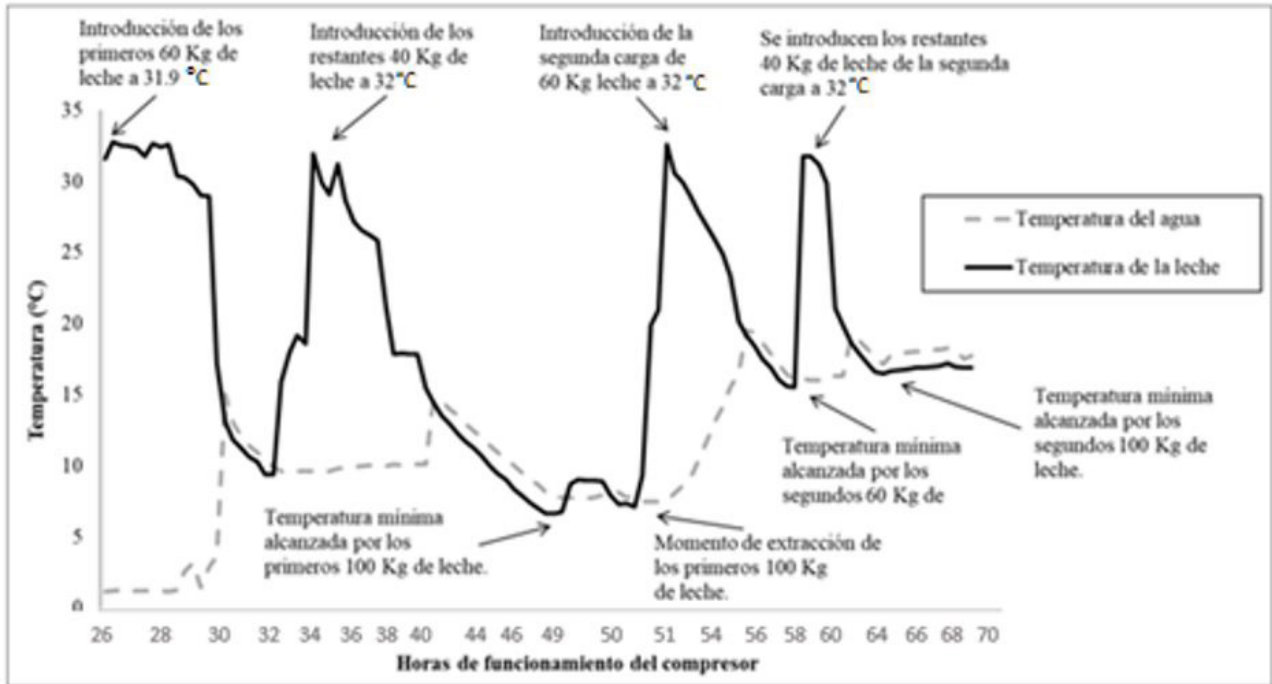
## Resultados de las pruebas del prototipo de olla lechera

Al inicio del funcionamiento de la olla, las temperaturas tanto del agua del tanque interno como ambientales fueron de 22.8 y 21.0 °C, respectivamente; mientras que el voltaje registrado por las baterías era de 13.38 voltios después de que permanecieron cargándose durante cuatro días con el panel solar.

Después de 24 horas de funcionar, las temperaturas eran de 1.3 y 22.7 °C para el agua contenida en el tanque interno y en el ambiente, respectivamente (figura 7). En ese momento, fueron introducidos en el reservorio del tanque externo 60 litros de leche a una temperatura de 31.9 °C, lo cual ocasionó una elevación de la temperatura en el agua del tanque interno y, al mismo tiempo, una caída en la temperatura de la leche. Una hora después del ingreso de la leche, ésta ya presentaba una temperatura de 17.2 °C (14.7 °C menos), mientras la temperatura del agua había sufrido un aumento de 15.1 °C (figura 7).

Figura 7

Temperaturas registradas por los termopares localizados en el agua contenida en el tanque interno y en la leche contenida en el tanque externo



Elaborado por los autores.

Este intercambio de temperaturas entre el agua contenida en el tanque interno y la leche contenida en el tanque externo por contacto con la pared, continuó reduciendo la temperatura de los primeros 60 litros de leche introducidos, igualándose ocho horas después de introducida la leche, llegando a menos de 10 °C (9.2 °C), misma que durante todo el proceso, de manera ininterrumpida, continuó reduciendo la temperatura por acción del gas refrigerante inyectado por el compresor.

En ese momento fueron introducidos otros 40 litros de leche cruda que presentaban una temperatura de 32 °C (figura 7), completando con esto la capacidad de la olla lechera. Como era de esperarse, la temperatura de la leche previamente introducida, al mezclarse con la leche recién ingresada, aumentó hasta equilibrarse y registrar 31.9 °C a dos minutos de haberse introducido la segunda carga de leche.

Con esta cantidad de leche, se esperaba que la reducción de temperatura fuera más lenta en relación con los primeros 60 litros; sin embargo, ocho horas después de haber completado 100 litros de leche, fueron registrados 9.9 °C (figura 7), temperatura levemente mayor (0.7 °C) a la alcanzada en el mismo tiempo de la primera carga.

Tras 23.7 horas de haber introducido los primeros 60 litros de leche y 15 horas de introducir los restantes 40 litros, fue establecida la temperatura mínima alcanzada por los 100 litros totales, siendo de 6.6 °C. Posterior a este punto, la temperatura comenzó a incrementarse hasta llegar a los 8.9 °C, exactamente 24 horas después de iniciado este primer proceso de enfriamiento; en ese momento se procedió a extraer la totalidad de la leche de la olla (figura 7). La extracción de los 100 litros de leche se realizó en dos minutos.

Posterior a la extracción, transcurrieron 40 minutos para ingresar una nueva carga de 60 litros de leche cruda, misma que ingreso a la olla con 32 °C de temperatura, mientras que la temperatura del agua en el tanque interno era de 7.5 °C y 24.9 °C la temperatura ambiente.

Transcurrida una hora de su ingreso, la segunda carga de leche había reducido su temperatura a 23.1 °C (8.9 °C menos), lo que indicó una reducción del 60% de la eficacia de la olla al refrigerar la leche, con respecto a los primeros 60 litros del día anterior. Esta menor eficiencia se debió principalmente al intercambio de temperatura con el agua dentro del tanque interno, siendo que ésta ya no presentaba una temperatura tan baja como lo hizo la primera vez (1.3 vs 7.5 °C). Una causa de esta menor eficacia es que, a pesar de que el compresor funcionó ininterrumpidamente durante todo el tiempo, las baterías registraron una disminución del voltaje contenido en ellas, pasando de 12.32 a 12.04 voltios; sin embargo, esta cantidad de energía fue suficiente para mantener funcionando el compresor y el agitador del sistema, pero no con la misma efectividad.

Luego de siete horas de introducir la segunda carga de 60 litros de leche, se registró la mínima temperatura alcanzada (15.5 °C), mostrando una diferencia de 28% arriba de la temperatura registrada en el mismo periodo por la primera carga (11.2 °C). En ese momento fueron introducidos los 40 litros restantes (a una temperatura de 32 °C) para completar los 100 litros de la segunda carga en la olla y desafiarla en dos ocasiones continuas.

Como era de esperarse, al introducir los litros restantes, la temperatura tanto de la leche total como del agua contenida en el tanque interno aumentaron (29.8 y 16.3 °C, respectivamente); sin embargo, como la diferencia de temperaturas entre estos dos líquidos aún era importante, el intercambio de energía térmica continuo entre ellos.

Trascurridas 13 horas del ingreso de los segundos 60 litros y seis horas del ingreso de los restantes 40 litros, la leche registró una temperatura de 16.5 °C (figura 7), que fue la temperatura mínima alcanzada por este líquido en el segundo desafío (10 grados por encima de la temperatura mínima registrada por la primera carga de leche), lo que implicó una pérdida de eficiencia del sistema de 61%.

A partir de este punto, las temperaturas de la leche y del agua comenzaron a elevarse, llegando a 16.9 y 17.8 °C, respectivamente, a las 24 horas de la segunda carga de leche al estar dentro de la olla (figura 7).

Si bien, este es un logro parcial, es recomendable continuar con las investigaciones e incrementar la generación de energía fotovoltaica mediante más paneles solares de mayor capacidad y mejorar su almacenamiento en baterías. También es necesario determinar el funcionamiento del prototipo durante un ciclo anual y la deriva en la capacidad de enfriamiento a través del tiempo.

## Conclusiones

Se concluye que la energía generada por un panel solar Kyocera KC130TM alimentando dos baterías de seis voltios Trojan T-105 Plus, no fue suficiente para disminuir la temperatura de 100 litros de leche cruda de 31.9 °C a 4 °C.

La temperatura mínima registrada por 100 litros de leche cruda en este prototipo fue de 6.6 °C, temperatura que reduce el crecimiento bacteriano, pero es insuficiente para lograr la certificación otorgada por COFOCALEC.

El prototipo evaluado en este trabajo puede enfriar una carga de 100 litros de leche cruda de 31.9 a 6.6 °C en 23.7 horas, pero después es necesario retirar la leche y mantenerla a esa temperatura en otro sistema.

Con los materiales empleados en este prototipo, no se cumplen los objetivos de mantener la leche cruda a 4 °C; sin embargo, es una opción viable para mejorar la calidad de la leche de pequeños productores, sobre todo en zonas donde el intermediario pasa a recoger la leche cada tercer día.

Es necesario realizar mayores esfuerzos para mejorar la calidad de la leche de pequeños productores sin necesidad de que estos tengan que hacer un egreso importante en la adquisición de infraestructura o mantenimiento de ésta, incentivando a las instituciones de investigación para diseñar prototipos que objetiven dicha meta.

## Agradecimientos

Se agradece al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IN309317 y IN305620 de la UNAM, por el financiamiento otorgado para realizar el proyecto.

## Referencias

- Acevedo, N.I.R. y Dávalos, J.L.F. (2019). Análisis socioeconómico de la certificación de la calidad de la leche bovina con productores de Jalisco, México. *Revista Latinoamericana de Educación y Estudios Interculturales*. 3(3): 29-38.
- Arriaga, J.C.M. y Anaya, O.J.P. (2014). *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural* (1° edición). México. Editorial Reverté. 276 p.
- Cervantes, E.F. y Cesín, V.A. (2008). Lechería por contrato e integración diferenciada en Los Altos de Jalisco. En: *Ganadería y desarrollo rural en tiempos de crisis*. México. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo. Pp. 89-101.
- Cervantes, F.E.; Santoyo, V.H.C. y Alvarez, A.M. (2001). *Lechería familiar: factores de éxito para el negocio* (1° edición). Editorial Plaza y Valdes. México. 230 p.
- Chávez, P.L.M.; Espinosa, O.V.E; Jiménez, J.R.A.; Alonso P.F.A. y Brunett, P.L. (2018). La sustentabilidad de la actividad lechera en comunidades campesinas de Maravatío, Michoacán: Variaciones en el corto plazo. *Rev. latinoam. educ. estud. intercult.* 2(4): 61-72.
- Consejo para el Fomento de la Leche y sus Derivados (COFOCALEC) 2014 Norma mexicana NMX-F-700-COFOCALEC Sistema producto leche – alimento – lácteo – leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.
- Dobler, J.L.; Brunett, L.P.; López, L.X.M.; Espinosa, E.A. y Márquez, O.M. (2014). Calidad de la leche en los sistemas de producción en pequeña escala en la zona suroriente del Estado de México. En: Arriaga, J.C.M. y Anaya O.J.P. (Eds.). En: *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural* (1° edición). México. Editorial Reverté. Pp. 47-56.
- Espinosa, O.V.E.; Jiménez, J.R.A.; Gil, G.G.I.; Alonso, P.A.; Brunett, P.L. y García, H.L.A. (2011). Lechería familiar. *La Jornada del campo*. <https://www.jornada.com.mx/2011/12/17/cam-lecheria.html> (Consultado 2 octubre 2019).
- FAO. (2014). Livestock and Animal Production. Animal Production and Health. [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/animal\\_production.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/animal_production.html) (Consultado 19 octubre 2019).
- Hernández R.J.M. y Bedolla C.L.C. (2008). Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *Rev. electrón. vet.* 9 (9). <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=63617329004> (Consultado 5 octubre 2019).

- Jiménez, J.R.A.; Espinosa, O.V.E. y Soler, F.D.M. (2014). El costo de oportunidad de la mano de obra familiar en la economía de la producción lechera de Michoacán, México. *Rev. investig. agrar. ambient.* 5(1): 47-56.
- Jiménez, J.R.A.; Gil, G.G.I.; Espinosa, O.V.E.; Alonso, P.A. y Alonso, P.F. (2011). Ganadería campesina. *La Jornada del campo*. <https://www.jornada.com.mx/2011/12/17/cam-lecheria.html> (Consultado 2 noviembre 2019).
- Mainar, F.V. (2014). Producción de leche en pequeña escala como elemento potenciador del desarrollo económico del Altiplano Central de México. <http://www.serida.org/proyectodetalle.php?id=430> (Consultado 5 noviembre 2019).
- SIAP. (2018). *Atlas Agroalimentario 2012-2018*. Vol. 1. <https://doi.org/10.1111/resp.12002> (Consultado 14 noviembre 2019).
- SIAP. (2019a). Disponibilidad - consumo de leche (millones de litros). <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/productosPecuarios/cargarPagina/5> (Consultado 27 octubre 2019).
- SIAP. (2019b). Panorama de la lechería en México. In *Panorama De La Lechería en México*. [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure leche\\_Marzo2019.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Marzo2019.pdf) (Consultada 27 octubre 2019).
- Valdivia, L.L.G. (2015). *Caracterización de sistema de lechería familiar y del componente nutrimental de vacas en producción de Ixtlahuacán de los Membrillos, Jalisco, México*. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886> (Consultada 6 noviembre 2019).

# PROCESOS





# Economía circular como tecnología social: una herramienta para el desarrollo sostenible del sector agropecuario lechero

Viviana Paola López-Páez<sup>1\*</sup>

Manuel García-Herreros<sup>2</sup>

## Introducción

La utilización ineficiente de los recursos naturales y el impacto antropogénico biofísico sobre el planeta demandan una nueva postura frente a los sistemas de producción agropecuaria que prevalecen en la actualidad. Estos sistemas están basados fundamentalmente en las metodologías del *take-make-dispose* de la producción lineal, las cuales marcaron el desarrollo económico durante el último siglo. Dicho enfoque de la producción lineal se inició en EUA a mediados del siglo pasado a partir de la denominada Revolución Verde, que pronto se extendió por numerosos países y que estuvo orientada fundamentalmente al desarrollo de una visión económica basada en el libre mercado. La economía circular emerge bajo este contexto como un enfoque clave en la transición hacia un sistema económico sostenible. Busca reorientar la producción industrial lineal hacia un sistema alternativo cíclico y regenerativo basado en la reducción de costos e impactos ambientales de la producción industrial y los hábitos de consumo derivados de ella. Dicho enfoque, promueve la utilización sostenible de los recursos naturales partiendo de preceptos basados en la reducción, reutilización, extensión de la vida útil de materiales, reciclaje, uso de energías limpias en la producción, comercialización y consumo.

El concepto de economía circular es bastante controvertido en origen, significado y alcance. Dicho término surge en un contexto operacional en China y la Unión Europea (UE). La economía circular se plantea ampliamente como un proceso alternativo de producción y consumo (Reike *et al.*, 2018). Se trata de un proceso de gestión que busca reducir el impacto de la explotación de recursos sobre los ecosistemas y el bienestar humano. Es por ello que las diferentes metodologías de economía circular se encuentran asociadas a prácticas y estrategias relacionadas con el desarrollo sostenible<sup>3</sup>. Desde el aspecto socio-técnico, la economía circular puede formar parte de un conjunto de herramientas imprescindibles para

1 Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (NOVA-FCSH), Universidade Nova de Lisboa (UNL), Lisboa, Portugal. Instituto Português de Relações Internacionais (IPRI-NOVA). Universidade Nova de Lisboa (UNL), Lisboa, Portugal. *Fundação para a Ciência e a Tecnologia* (FCT) - PD/BD/114059/2015

2 Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV, IP). Santarém, Portugal.

3 El desarrollo sostenible es un concepto introducido en la Conferencia de Estocolmo en el año 1987. El informe *Our Common Future* o Informe Brundtland cuestiona el desarrollo económico actual y su costo medioambiental, de igual forma, reflexiona sobre el uso de los recursos y la falta de garantías de acceso a dichos recursos para generaciones futuras.

\* Autor de correspondencia: paolalopez@fcs.unl.pt, manuel.herreros@iniav.pt

la solución de los problemas ambientales, económicos y sociales. En ese sentido la economía circular puede ser considerada como una tecnología social.

Lassance *et al.* (2004) definen las tecnologías sociales como un “conjunto de técnicas, metodologías transformadoras, desarrolladas y/o aplicadas en la interacción con la población y apropiadas por ella, que representan soluciones para la inclusión social y mejoramiento de la calidad de vida”, a partir de la hibridación entre el ámbito científico-tecnológico y las ciencias sociales (APTES n.d.); dicho de otro modo, se considera tecnología social al diseño, implementación, desarrollo y gestión de productos, métodos, procesos o técnicas participativas creadas para solucionar algún tipo de problema social. Los problemas sociales hacen parte del mundo real de los individuos, pero su existencia es subjetiva, es decir, depende del reconocimiento y percepción social de las condiciones que consideran negativas (injustas, indeseables, inmorales o perjudiciales); por lo tanto, se puede decir que los problemas sociales generan incomodidad a nivel comunitario y originan reclamos públicos *claims-making* (Spector *et al.*, 2017). Dichos problemas pueden coexistir en el mismo entorno a pesar de tener distinta naturaleza (económica, ambiental, política, cultural, entre otros) y se encuentran definidos por condiciones sociales particulares. En ese sentido, desde el punto de vista metodológico, la economía circular proporciona herramientas útiles que se pueden desarrollar en cualquiera de las etapas específicas de los problemas sociales: emergente, legitimización e institucionalización (Hubbard *et al.*, 1975), contribuyendo al desarrollo social al ofrecer respuestas a problemas sociales complejos tales como la pobreza, exclusión social, cambio climático, seguridad alimentaria<sup>4</sup>, entre otros.

La economía circular como tecnología social tiene por objetivo la solución de demandas sociales concretas, identificadas por la población. Su fácil implementación mediante prácticas participativas favorece la transformación de la realidad y hace de los procesos circulares una herramienta que pone la economía al servicio de la sociedad, proporcionando sostenibilidad ambiental y social. En la práctica, la economía circular se orienta a la solución de problemas relacionados fundamentalmente con las grandes empresas y la producción industrial lineal. Asociar la economía circular a las tecnologías sociales permite obtener una nueva perspectiva orientada hacia los individuos, pequeños productores, comunidades y asociaciones a nivel local y regional, considerando aspectos tan importantes como los culturales (saber local) y fortaleciendo los procesos democráticos a partir de la participación colectiva, especialmente en el sector rural. Debido a lo expuesto anteriormente, se puede afirmar que la economía circular es un proceso de intervención de la realidad mediante la creación, integración y aplicación de conocimientos (estrategias) definidos dentro de un contexto específico (territorio, comunidad, actividad, entre otros), que tienen por objetivo maximizar la vida útil de un recurso en la cadena de producción, suministro y consumo, minimizando los impactos ambientales y sobre todo aumentando su valor y utilidad social. Las estrategias circulares pueden ser aplicadas a diferentes escalas micro (local), meso (regional) y macro (nacional/transnacional) englobando diferentes tipos de conocimiento, como por ejemplo los saberes locales o las nuevas tecnologías. Di-

4 La seguridad alimentaria surge cuando todas las personas tienen acceso continuo a suficientes cantidades de alimento sano y nutritivo, necesario para una vida activa y saludable, basado en la disponibilidad y acceso a los recursos alimenticios, preparación segura de alimentos (agua potable) y cuerpos saludables que permitan la absorción adecuada de alimentos (Collins, 2013).

chas estrategias pueden ser identificadas, diseñadas y experimentadas a nivel individual o a través de diversos actores interesados en la resolución de problemas sociales como por ejemplo la sociedad civil, empresas, entidades gubernamentales y la academia. La creación de redes de tecnología social (RTS)<sup>5</sup> es fundamental para la articulación e interacción de dichos actores, cuyo objetivo debe ser la identificación, difusión y adaptación de las estrategias de economía circular a contextos y problemas específicos.

En algunos países del hemisferio norte las redes de economía circular comienzan a constituirse, en parte, gracias a la adopción de políticas de transición hacia un desarrollo económico sostenible y la protección ambiental. La UE implementó un plan de acción para la economía circular (COM/2015/0614) que busca reorientar las actividades productivas hacia un desarrollo económico sostenible en la región. Mientras, en el sur global, la adopción de estrategias circulares es aún incipiente a pesar del potencial económico y de fuerza laboral (Ngan *et al.*, 2019), así como a la necesidad de adopción de modelos de intervención alternativos que se adapten a los numerosos problemas sociales. A diferencia de los países del norte, los países del hemisferio sur son poco industrializados y dependen de las actividades agropecuarias, propias de la producción del sector primario. En ese sentido, la implementación de modelos de economía circular fue originalmente orientada hacia el sector industrial, por lo cual se evidencia la gran necesidad de adaptar dichos modelos al mundo agropecuario y rural.

Gran parte de las personas que viven y trabajan en áreas rurales o poco industrializadas se encuentran en situación de pobreza (FAO, 2011). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (2011) señala que la inversión en agricultura y desarrollo rural pueden contribuir significativamente a la reducción de problemas sociales generales, tales como la pobreza y la inseguridad alimentaria. La pobreza puede ser entendida como un problema social relacionado con la falta de bienes o servicios, tales como alimentos, ropa, combustible o vivienda necesarios para cubrir las necesidades básicas en la sociedad (Reuveny y Thompson, 2007). Los mayores índices de pobreza se encuentran en el sur global<sup>6</sup>. En el año 2017 se estimó que el número de personas situadas en el umbral de la pobreza en América Latina alcanzó los 184 millones (30.2% de la población), mientras que el número de personas en situación de pobreza extrema<sup>7</sup> se situó alrededor de los 62 millones (10.2% de la población) (CEPAL, 2019). Estas cifras crecientes serían consecuencia, entre otros factores, del cambio en los procesos globales tales como la desaceleración global y la caída de los precios de las materias primas en las cuales se basó el crecimiento latinoamericano a inicios del siglo XXI<sup>8</sup>.

5 Lassance *et al.* en su libro *Tecnología Social una estrategia para o desenvolvimento*, 2004, resalta dos importantes características que diferencian las Redes de Tecnología Social (RTS) de otras iniciativas de difusión de programas sociales.

La primera es su marco analítico-conceptual, constituido por la tecnología social como base de su operacionalización bajo la mirada interdisciplinar y plural como base; y la segunda basada en la construcción de relaciones reticulares.

6 Cabe destacar que la división norte/sur no corresponde a la división geográfica entre hemisferios. Este término se usa para agrupar a los países según sus características socioeconómicas, por ejemplo, índices de pobreza, nivel de industrialización, entre otros.

7 También llamada pobreza primaria o absoluta, implica la falta del ingreso necesario para satisfacer las necesidades básicas de alimentación, teniendo como base la adquisición de los requisitos mínimos de calorías para mantener la eficiencia física. Ver más en Reuveny y Thompson, 2007.

8 El aumento de los precios de las materias primas (también conocido como *commodities boom*) trajo consigo crecimiento económico en los países del sur. Sin embargo, a nivel ambiental causó considerables impactos negativos para los ecosistemas.

La influencia y adopción de los modelos económicos circulares en el sector primario aún son escasos. Su fortalecimiento mediante estrategias circulares permitiría la creación de nuevos espacios de integración y participación social, a través de la creación de nuevas oportunidades laborales *green jobs* (Unay-Gailhard y Bojnec, 2019). Dichas estrategias contribuirían a la reducción de los costos económicos y problemas ambientales generados durante las actividades agropecuarias mediante la reutilización/creación de materiales y productos regenerativos. De hecho, la economía circular favorecería el crecimiento económico del sector primario volviéndolo más estable y menos dependiente. De esta manera, la región latinoamericana podría llegar a ser más competitiva e incluyente, y sobre todo menos susceptible a los cambios ambientales (como alteraciones climáticas) y económicos globales propios del desarrollo económico contemporáneo, el cual parece ser insostenible a nivel social y ambiental. Tal y como se indica, la adopción de modelos circulares tuvo mayor acogida en los países industrializados a pesar del potencial económico y fuerza laboral presente en los países más pobres. Por ello, en Latinoamérica la implementación de la economía circular en el sector primario se encuentra aún muy limitada a pesar de los beneficios económicos, sociales y ambientales que implicaría su uso como tecnología social.

En Latinoamérica, la transición del sector primario tradicionalmente basado en sistemas de producción lineal hacia una economía circular se produjo ocasionalmente a través de la generación de biogás (Ribeiro *et al.*, 2016; Salvador *et al.*, 2019), bioenergía (Vega-Quezada *et al.*, 2017) o la gestión de desechos y compostaje (Nova Pinedo *et al.*, 2019). Sin embargo, la implementación de estrategias circulares en dicho sector se enfrenta a factores que dificultan su aplicación de manera eficiente (López-Páez y García-Herreros, 2018a, 2018b), limitando su potencial como estrategia para alcanzar un modelo de desarrollo sostenible. Basado en lo expuesto, existe la necesidad inminente de profundizar sobre el rol de la economía circular en el sector primario en Latinoamérica, así como de las estrategias a seguir para facilitar el éxito en su implementación, fundamentales para orientar el desarrollo sostenible en los países del sur global.

Durante el presente capítulo se explorarán brevemente los principales factores condicionantes, así como las posibles soluciones para la adopción de los modelos de economía circular en el sector primario, focalizándose fundamentalmente en los sistemas de producción lechera en Latinoamérica. Además de identificar las principales prácticas y factores que obstaculizan la implementación eficiente de la economía circular en dicho sector, se pondrá énfasis en la dimensión técnica, política y económica, como son la falta de recursos financieros y operativos (protocolos, redes de difusión, políticas públicas, entre otros) e infraestructurales (vías, servicio eléctrico, entre otros), manejo inadecuado del espacio natural y sus recursos, desaprovechamiento y mala gestión de los residuos orgánicos animales o la ausencia de protocolos sobre el producto final (marketing, redes de comercialización y etiquetado, entre otros). De igual manera, se discuten las posibles soluciones basadas en los beneficios socio-ambientales de la economía circular como tecnología social y el papel de las nuevas tecnologías en las prácticas agropecuarias del sector lechero.

## La industria láctea en el mundo. Panorama de la producción lechera en Latinoamérica

Garantizar el acceso y producción de alimentos es uno de los desafíos a tener en cuenta durante los próximos años a nivel mundial. La industria lechera posee un rol fundamental en la producción de nutrientes (incluyendo la proteína de origen animal) y la reducción del hambre en el mundo.

El crecimiento de la industria lechera mundial es inminente. Se estima que dicho sector experimentará un crecimiento de un 2% anual a lo largo de la siguiente década debido a varios factores, entre otros el crecimiento de la población mundial y la ascensión económica de países emergentes como China, que se convirtió en la actualidad en el principal importador de productos lácteos a nivel internacional. En 2019 la producción mundial de leche superó las 800 toneladas métricas (Tm), siendo los principales exportadores de productos lácteos<sup>9</sup> la UE, EUA, Australia y Nueva Zelanda<sup>10</sup>, donde cerca del 30% de la leche es procesada como mantequilla, queso y leche en polvo (entera o descremada). Los precios de dichos productos tienden a ser volátiles en el mercado mundial, debido al déficit o superávit en la producción y diferentes exigencias del mercado. Un claro ejemplo de sobreproducción se produjo en la UE en 2016, lo que derivó un descenso en los precios (1 700 €/Tm), mientras que China aumentó la producción de leche en aproximadamente 1.1% debido a la gran demanda interna de productos de origen lácteo que se produce año tras año. La demanda del gigante asiático derivó en un incremento de la importación de leche sin procesar, lo cual no tiene precedentes en el mercado lácteo mundial.

En cuanto a las previsiones futuras, se espera que a finales de 2021 la producción de leche supere las 1 000 Tm, debido en parte a las nuevas estrategias de producción, las cuales estarán enfocadas en satisfacer la demanda de dichos productos por parte de los países asiáticos emergentes. Algunos aspectos importantes podrían afectar la oferta y la producción mundial de lácteos principalmente por un equilibrio de mercado con la consiguiente reducción de esta industria en regiones altamente productivas como la UE. Un claro ejemplo de este hecho fueron las políticas de cuotas de producción máxima<sup>11</sup>, las actuales políticas de bienestar animal, nuevas tendencias de consumo (leche orgánica) y diferentes llamados de conciencia medioambiental.

Las expectativas para la próxima década posicionan a los países del sur global como los principales proveedores a las demandas de lácteos en el mundo, en gran parte debido a sus características geográficas y abundancia de recursos que hace que la actividad ganadera sea menos costosa, por lo tanto se estima que un tercio de la producción mundial se produzca en esos países (figura 1). En ese sentido Latinoamérica podría ocupar un rol fundamental como productor de leche sin procesar. Por lo tanto, los países latinoamericanos deben estar preparados ante un escenario de posible aumento de la

9 Aproximadamente el 80% de la producción de leche actual proviene del ganado bovino.

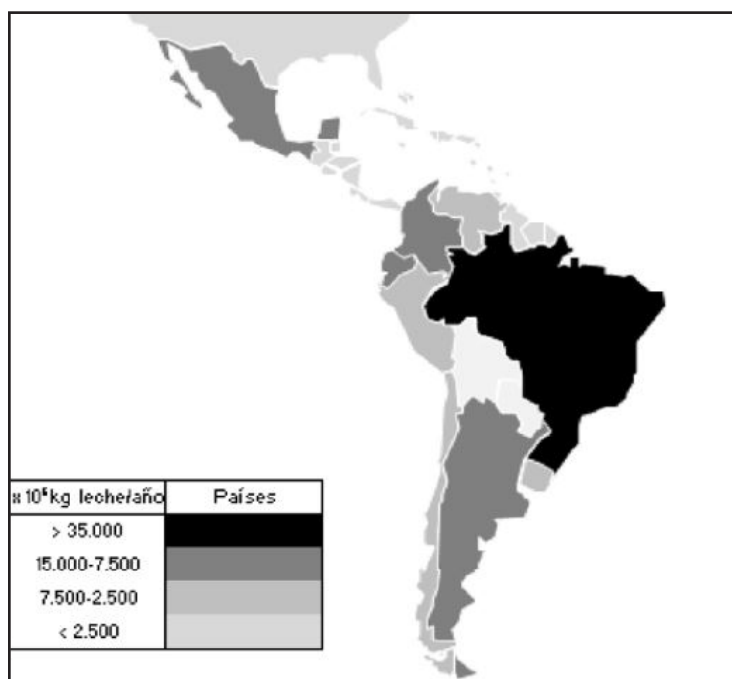
10 Se prevé que la producción de leche de los países exportadores se mantenga estable o incluso disminuya levemente debido a la compensación de la producción de países emergentes.

11 La cantidad máxima teórica (kg de leche) que podía comercializar cada explotación sin incurrir en sanciones y que era determinada por el ministerio correspondiente en cada país de la UE. Las cuotas se llevaron a cabo para hacer frente a la sobreoferta estructural (saturación del producto en el mercado) y asegurar un precio estable del producto, independientemente de su demanda. Las cuotas máximas se eliminaron en la UE en 2015 debido al aumento de consumo de lácteos en los últimos años, así como al aumento en las exportaciones, principalmente a países asiáticos.



producción lechera y sus posibles consecuencias medioambientales, económicas y sociales. La región latinoamericana se caracterizó tradicionalmente por ser una región en la que la tasa de consumo de lácteos no es muy elevada<sup>12</sup>. Sin embargo, esta realidad parece estar cambiando en gran medida debido al aumento del poder adquisitivo y a la reducción de los niveles de pobreza. Esta dinámica se reflejó en países como México, el cual se está convirtiendo paso a paso en un país productor emergente a pesar de que en la actualidad es aún importador de productos lácteos (principalmente de leche en polvo) debido a que no puede cubrir la demanda interna de su población. Este hecho terminará probablemente en la necesidad de incentivar aún más la implementación de sistemas de producción lechera a nivel local, cuyo objetivo sería suplir la demanda nacional. Sin embargo, en México y en otros países emergentes existen elementos que hacen vulnerable al sector lechero, tales como la edad de la población, el abandono del medio rural, y la inseguridad, entre otros.

Figura 1  
Producción de leche en Latinoamérica



*Nota:* Visión geográfica de los países de la región Latinoamericana y su producción lechera (x 10<sup>6</sup> kg leche/año) en la presente década (2010-2020).

Elaborado por los autores con datos de OCDE – FAO (2019).

Se estima que en la región latinoamericana existen cerca de tres millones de pequeños y medianos productores quienes producen una cantidad de leche importante en la región (FAO y FEPAL, 2011). En cuanto a la producción primaria de leche en la región, destaca Brasil (producción alta) cuyo crecimiento en el año 2017 fue aproximadamente de un 3.6% (OCLA, 2017), mientras que otros países como Argentina (producción me-

<sup>12</sup> Los países latinoamericanos se encuentran entre los países con menor tasa de consumo de productos lácteos, siendo superados por China y los países africanos.

dia-alta) mantiene niveles elevados de producción y exportación de productos lácteos procesados, principalmente leche entera en polvo. Además, se estima que existirá un aumento del 5% en la producción lechera en estos países durante la próxima década.

Brasil destaca sobre todos ellos, seguido de Argentina, Colombia, México y Ecuador; finalmente se encuentran Chile, Perú y Venezuela. La producción de leche anual en el resto de los países se considera por debajo del límite mínimo.

En general, se considera que los sistemas de producción lechera en Latinoamérica se basan en modelos de producción tradicional lineal. La producción lineal se orienta hacia la idea de una producción estandarizada y masiva en la cual los recursos (materia prima) se convierten en productos que se consumen, o se desechan y se eliminan por los procesos de tratamiento de residuos convencionales como la incineración o la acumulación en rellenos sanitarios (Lang y Heasman, 2004). La producción lineal como modelo de producción predominante en la explotación lechera requiere de una gran cantidad de recursos ambientales, operacionales, tecnológicos, infraestructurales y financieros, que afectan los aspectos socioeconómicos de los productores y los criterios de sostenibilidad ambiental.

Por ello, dicho modelo necesita ser reorientado no sólo en cuestión de competitividad de cara a los procesos económicos globales, sino también frente a procesos ambientales negativos derivados de este tipo de explotaciones. En ese sentido la economía circular es un eslabón que permite la transición de modelos productivos agresivos con el ambiente hacia modelos alternativos sostenibles (figura 2).

## Economía circular en la lechería: una nueva visión de la producción ganadera en Latinoamérica

Son innumerables las ventajas que la economía circular proporciona a la industria en general. En el sector agropecuario las estrategias circulares son fundamentales, especialmente frente a problemas contemporáneos ambientales (la escasez de recursos, cambio climático y crecimiento demográfico), sociales (pobreza y desigualdad) y económicos (desarrollo). Estos problemas amenazan fundamentalmente la seguridad ambiental y alimentaria por lo que garantizar la producción de alimentos es un desafío bajo el contexto de la crisis ambiental global.

El sector lechero en Latinoamérica se caracteriza por seguir los patrones de producción tradicional lineal, lo que en ocasiones se considera una actividad económica poco amigable con el medioambiente al fomentar la deforestación de las zonas tropicales (savanización), un alto consumo de recursos hídricos y una importante contribución a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, fundamentalmente metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), derivados de la fermentación entérica, sistemas de gestión del estiércol, producción de piensos y consumo de energía (figura 2).

Las actividades agrícolas relacionadas con el uso, gestión de la tierra y producción industrial influyen en una variedad de procesos relacionados con la liberación de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ )



y el metano ( $\text{CH}_4$ )<sup>13</sup>. Entre los años 2007 y 2016 se estimó que 23% de las emisiones antropogénicas de los gases de efecto invernadero derivan de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (Shukla *et al.*, 2019). La acumulación de estos gases en la atmósfera y su inapropiada absorción aceleran los cambios de temperatura en el planeta, irrumpiendo el funcionamiento correcto de los ecosistemas y ciclos naturales como la fotosíntesis, la descomposición, nitrificación/desnitrificación, fermentación entérica y combustión, fundamentales para las actividades agrícolas y forestales. Los ciclos naturales están estrechamente ligados a componentes del ecosistema como la biomasa, la materia orgánica muerta, los suelos y el ganado. Los sistemas de producción animal se caracterizan por contribuir a la emisión directa de dichos gases, especialmente en la producción bovina. La fermentación entérica del sistema digestivo de los rumiantes libera  $\text{CH}_4$ , la gestión sobre la eliminación y almacenamiento de estiércol está relacionada con la emisión de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y con los procesos de nitrificación/desnitrificación (IPCC, 2019).

Frente a este hecho, la producción de lácteos y cárnicos puede verse seriamente afectada debido en gran parte a las recientes recomendaciones de organizaciones internacionales como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que plantean la reducción del consumo y producción de los productos derivados de este sector. Debido a la trascendencia que tienen dichas organizaciones, estas recomendaciones podrían conducir a fuertes repercusiones económicas y sociales, afectando sobre todo a los países que basan su economía en el sector primario, especialmente a medianos y pequeños productores poseedores de un bajo número de cabezas de ganado pero que son, sin embargo, fundamentales para su subsistencia.

Frente a esta problemática es necesario proponer y aplicar nuevas estrategias que reorienten la forma de producción pecuaria lineal actual que caracteriza al sector lechero en la región latinoamericana, de modo que garantice una producción de alimentos más amigable y sostenible con las nuevas exigencias del contexto actual (figura 2). Para ello es importante una buena gestión de los espacios y suelos donde se aprovechen al máximo los recursos y los subproductos derivados de estos, como por ejemplo nutrientes del suelo, agua, ciclo del carbono y desechos propios de los procesos de producción y transformación. Estas nuevas estrategias deben proporcionar estabilidad y competitividad económica de este sector, especialmente en pequeños y medianos productores quienes son los más afectados por las políticas y variaciones de la oferta/demanda de los productos, así como de la volatilidad de los precios y dinámicas propias del mundo globalizado.

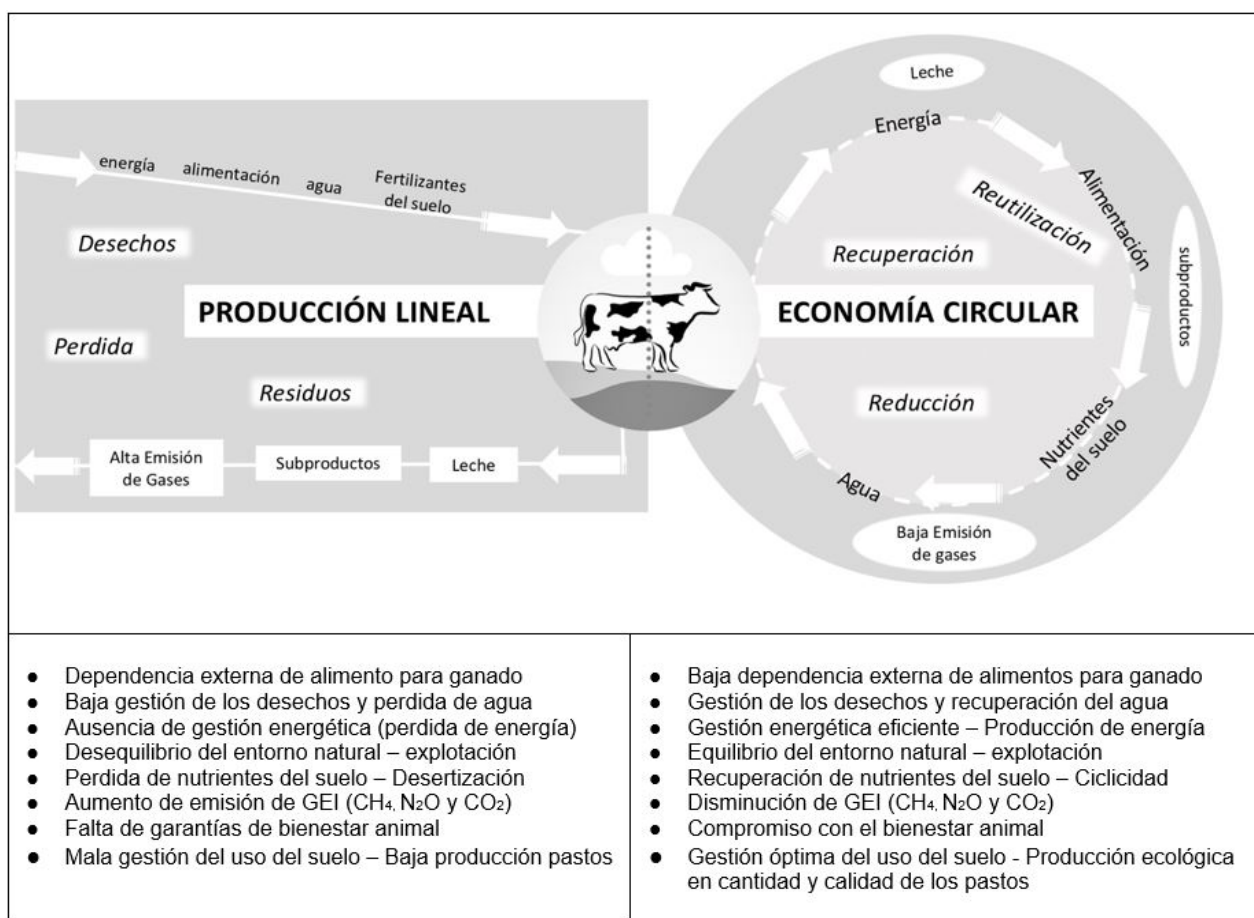
La transición hacia modelos de economía circular en la lechería debe basarse en prácticas de producción rentables que se adapten a mercados dinámicos y sus regulaciones correspondientes, considerando como base la capacidad sostenible de las estrategias aplicadas. Para ello es fundamental realizar un análisis inicial de cada sistema de producción, el cual debe determinar que prácticas de producción son compatibles con

13 Además de los ya mencionados anteriormente, el IPCC (2006) considera los siguientes gases como aceleradores del calentamiento global: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), trifluoruro de nitrógeno ( $\text{NF}_3$ ), trifluorometil pentafluoruro de azufre ( $\text{SF}_5\text{CF}_3$ ), éteres halogenados, compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVNM), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ).

la implementación de diferentes estrategias de economía circular. Concretamente se trata de desarrollar estrategias que permitan paliar los efectos negativos derivados de la adaptación de sistemas de producción actuales a los nuevos sistemas basados en economías circulares. Un claro ejemplo radica en el manejo y gestión de pastos y forrajes, que resulten eficientes y se adapten a las necesidades de cada explotación pudiendo disminuir los gastos en alimentación, un factor fundamental en la rentabilidad de cualquier sistema de producción. En definitiva, controlar la pérdida de recursos financieros y ambientales durante la obtención del producto forma parte de la adopción de estrategias de economía circular a nivel individual. Sólo de esta manera puede existir una transición eficiente desde los sistemas de producción lechera tradicionales hacia la economía circular, reduciendo los riesgos económicos y ambientales durante el proceso de adaptación.

Figura 2

Modelo comparativo entre los sistemas de producción tradicional lineal y los sistemas de producción basados en estrategias de economía circular aplicados al sector lechero



Nota: En la parte inferior se presentan las principales características de cada sistema de producción y las consecuencias derivadas de su aplicación.

Elaborado por los autores.

Los sistemas de producción ganadera tradicionales, desde su existencia, incluyen procesos que poseen características similares a estrategias cíclicas, aunque de manera ocasional. Un ejemplo de ello es la asociación entre nutrientes del suelo – crecimiento de los pastos – alimentación del ganado – emisión de desechos orgánicos animales (tradicionalmente utilizados como abono) – nutrientes del suelo, permitiendo un ciclo cerrado en la recuperación de nutrientes con el fin de dar cierta sostenibilidad al proceso.

Paradójicamente, dichas características podrían ser consideradas como estrategias circulares, sin embargo, la adopción de metodologías de economía circular como procesos de intervención social, requieren de la creación de estrategias que incluyan valores y conciencia sobre el rol económico, social y ambiental que desempeña cada recurso y su articulación en la cadena de producción, suministro y consumo, teniendo como objetivo la autosuficiencia, perdurabilidad y transformación del sistema de producción a largo plazo (OCDE – FAO, 2019).

Es decir, la reintegración de los nutrientes expuesta anteriormente sólo podría ser considerada una estrategia de economía circular mediante el reconocimiento de su utilidad dentro del proceso de producción y como parte de una estrategia de transformación a largo plazo, lo que evitaría la adquisición de otros elementos que modifiquen la composición química de los suelos, haciendo de éste un proceso sostenible.

Las estrategias circulares aplicadas a los sistemas de producción animal deben tener en cuenta los conocimientos locales como parte de su implementación. Dichos conocimientos proporcionan estabilidad y ayudan a minimizar los costos de producción (OCDE - FAO, 2019). Un claro ejemplo de ello es la utilización de plantas, arbustos y árboles endémicos mejorados para la creación de sistemas silvopastoriles a nivel local destinados a la alimentación animal y producción de leche de los pequeños productores.

Dicha actividad facilita ampliamente la implementación del concepto de economía circular a las comunidades autóctonas más tradicionales evitando la introducción de especies exóticas y, por lo tanto, posibles errores en la implementación de la producción de pastos y forrajes de corte.

La recopilación y difusión de estos conocimientos es fundamental para la implementación de un sistema de economía circular, haciendo el proceso inocuo y más rentable durante el proceso de transición de un sistema a otro. Es preciso señalar que las RTS cumplen un rol fundamental en el proceso de transición, principalmente mediante la difusión de conocimiento y creación de redes que pongan la economía circular al alcance de todos (Lassance *et al.*, 2004).

Es importante resaltar que la transición hacia una economía circular toma protagonismo como parte de la estrategia o solución frente a un determinado problema ambiental, debido a que encaja dentro de las dinámicas propuestas por el desarrollo sostenible.

Aunque la adopción de estrategias circulares orientadas a la creación de un sistema circular parezcan una respuesta obvia a la problemática ambiental y económica actual del sector lechero, existen algunos factores condicionantes (López-Páez y Garcia-Herberos, 2018a; 2018b), por ejemplo, carencias en la formación profesional, déficits logísticos, así como otros factores multidimensionales no menos importantes de tipo político, social

y cultural, lo que hace de este proceso de transición un asunto complejo que necesita respuestas urgentes (APTES n.d.).

## Principales factores condicionantes para la transición hacia una economía circular en la producción lechera en Latinoamérica

Como se explicó a lo largo del presente capítulo, los países latinoamericanos están llamados a modificar sus prácticas de producción agropecuaria con el fin de reducir los impactos sociales y evitar las consecuencias ambientales y económicas derivadas del cambio en las dinámicas globales de consumo/demanda, así como de las políticas ambientales que afectan todo lo relacionado con la industria láctea.

En el contexto latinoamericano, las estrategias de economía circular como tecnología social son una alternativa a los procesos productivos lineales ortodoxos, haciendo más factible el desarrollo sostenible en la región al transformar el sector lechero mediante prácticas que lo hacen más estable e independiente, competitivo e incluyente, amigable con el medioambiente y comprometido con el bienestar animal.

Por esa razón es fundamental identificar los principales factores condicionantes o barreras que, de manera general, pueden obstaculizar una implementación eficiente y duradera de la economía circular a dicho sector. Los trabajos de Kok *et al.* (2013) y Ritzén y Sandström (2017) identificaron cinco barreras de transición hacia una economía circular en el sector industrial (financieras, operacionales, estructurales, actitudinales y tecnológicas).

Dichas barreras fueron adaptadas al sector agropecuario y específicamente al sector lechero por López-Páez y García-Herreros (2018a, b), quienes sustituyeron el aspecto actitudinal por factores culturales y sociales, además adicionaron el factor ambiental. Por lo tanto, consideran seis factores que en la producción lechera se pueden aplicar a otras actividades del sector primario. Los factores señalados son: operacionales, culturales, tecnológicos, infraestructurales, financieros y ambientales, cuyas características pueden ser endógenas o exógenas (cuadro 1).

Las barreras endógenas están asociadas directamente con el productor, mientras que las exógenas están relacionadas con todos aquellos actores, espacios y factores ajenos al productor que influyen directa e indirectamente en el desarrollo de la producción, procesamiento, distribución y comercialización del producto.

Cuadro 1

Principales factores condicionantes para la transición desde los sistemas de producción tradicionales hacia sistemas dotados de estrategias de economía circular en el sector agropecuario lechero

	Endógenas	Exógenas
Operacionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prácticas inadecuadas de organización y gestión</li> <li>- Implementación de técnicas y protocolos de producción, manejo y promoción</li> <li>- Implementación descentralizada de estrategias circulares</li> <li>- Dificultad de acceso a los mercados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transferencia de conocimiento</li> <li>- Falta de apoyo y promoción institucional que facilite las RTS (promoción del asociativismo/ cooperativismo entre productores)</li> <li>- Canales de comercialización, regionales, nacionales e internacionales/transnacionales</li> </ul>
Culturales y sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desconfianza hacia la implementación de nuevas prácticas/ sistemas de producción</li> <li>- Riesgos económicos</li> <li>- Insuficiente/nula familiarización con el concepto de EC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fomento del concepto de sostenibilidad en el sector rural</li> <li>- Políticas agrarias y sectoriales insuficientes</li> <li>- Recepción/consumo (desconfianza) hacia los productos</li> </ul>
Tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de interés en realizar nuevas inversiones en tecnología agropecuaria actualizada</li> <li>- Ausencia de conocimientos informáticos y de nuevas tecnologías</li> <li>- Imposibilidad de actualización de tecnologías por falta de capital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuficiente desarrollo de investigación en ciencia y tecnología, orientada al mundo agropecuario</li> <li>- Falta de uso/reutilización de materiales y desechos</li> </ul>
Infraestructurales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modernización y mejora de instalaciones agroganaderas precarias (granjas, procesadoras, entre otras)</li> <li>- Recursos y espacios naturales insuficientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carencias/deficiencias en las infraestructuras viales, servicios eléctricos y telecomunicaciones</li> <li>- Tratamiento y acceso inadecuado a fuentes hídricas potables</li> </ul>
Financieras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial para el desarrollo de nuevas estrategias, implementación de nuevas tecnologías e instalaciones</li> <li>- Desequilibrio en relación con el costo/beneficio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volatilidad del mercado global</li> <li>- Pocos incentivos/subsidios al sector agropecuario</li> </ul>
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso indebido o inapropiado de sustancias químicas</li> <li>- Tratamiento o eliminación de desechos contaminantes de manera inadecuada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectos del cambio climático (temperatura, humedad ambiental...)</li> <li>- Sequía/inundaciones</li> <li>- Contaminación/polución</li> </ul>

López-Páez y García-Herreros (2018 a, b).

Los factores condicionantes operacionales son aquellos que tienen que ver con las prácticas de manejo, producción, organización, gestión y comunicación que hacen posible el funcionamiento y optimización de las cadenas de producción, suministro, distribución y consumo del sector lechero. Para superar dichos factores es indispensable la transmisión de conocimientos *Top-Down* del concepto, estrategias y experiencias de economía circular mediante cursos de formación y capacitación a pequeños y medianos productores. El apoyo institucional público (gubernamental) y privado (organizaciones, asociaciones y ONGs) es fundamental para la creación de RTS, cuya existencia facilita la difusión de información, recolección de datos y casos particulares de aplicación de diferentes estrategias circulares a nivel regional/nacional. En Latinoamérica estas redes aún son incipientes, sin embargo, desde el año 2016 el *Do-Tank* Centro de Innovación y Economía Circular (CIEC n.d.) desempeñó un papel muy importante en la promoción e implementación de las estrategias de economía circular en Chile, Colombia, Ecuador, Perú y México. En Uruguay, en 2017, se celebró el primer foro de Economía Circular cuyo propósito fue el de impulsar la transición hacia la economía circular en el país y en la región latinoamericana. En dicho foro se presentó el proyecto “Biovalor” (2019) como uno de los proyectos pioneros en las prácticas de producción sostenible del sector agropecuario, un proyecto innovador en el sector de la economía circular del que se hablará más adelante.

Los factores condicionantes culturales y sociales tienen que ver con los valores, las actitudes y el conocimiento que tienen los diferentes actores y la sociedad orientada hacia la economía circular como estrategia y como práctica. Se basa en cómo la economía circular es vista o conocida, si genera miedo o desconfianza en las personas y si dicha actitud se encuentra asociada al desconocimiento o al cambio. Estas actitudes pueden afectar la implementación de las estrategias circulares y el consumo de sus productos y subproductos. En el caso de los *policy-makers* pueden estar más abiertos o no a las estrategias circulares y esto puede afectar el posible interés gubernamental por desarrollar políticas públicas basadas en el pensamiento sostenible.

En ese sentido, Argentina, Chile y Brasil son pioneros en el fortalecimiento de la economía circular. Por ejemplo, en Chile se implementó a través de la ley de responsabilidad extendida del productor o ley 20.920 y la estrategia para el manejo de residuos orgánicos (MMA - Chile n.d.) regulado por el Ministerio del Medioambiente, orientado mayoritariamente al procesamiento de residuos derivados de la producción industrial. Mientras, en Brasil se evidencia un gran esfuerzo por la transición hacia la economía circular impulsada por el sector privado, especialmente por Ellen MacArthur Foundation (2017), donde destaca el interés en la producción primaria agrícola y energética bajo el proyecto denominado CE100 Brasil. Por otro lado, anteriormente el Ministerio del Medioambiente y Desarrollo Sustentable en Argentina (2005) ya formuló el “Plan Nacional de Economía Circular de Residuos: Plan Estratégico Provincial de Gestión de Residuos hacia la Economía Circular”, basado principalmente en la descentralización y regionalización de la gestión de los desechos y residuos urbanos. Recientemente Colombia firmó el programa de “Estrategia Nacional de Economía Circular” (Minambiente, 2019) que busca maximizar el valor agregado en los sistemas de producción y consumo



de productos en términos económicos, ambientales y sociales, focalizándose mayoritariamente en procesos de reciclaje.

Los factores condicionantes tecnológicos son aquellos que tienen relación con la adquisición, desarrollo y fabricación de equipamiento o maquinaria que facilite la comunicación, transformación de materiales, residuos o energía en la labor agropecuaria. Dichas barreras son un desafío, ya que existe una dicotomía en el desarrollo y adquisición tecnológica entre los países del norte y del sur. Es por ello que en Latinoamérica se requiere un riguroso trabajo académico y científico con enfoque sostenible (I+D+I; Investigación, Desarrollo e Innovación) que coordine la comunicación e intercambio de información entre universidades/centros de investigación y los productores, asociaciones y cooperativas. Solamente de esta manera se produciría una aproximación a las necesidades de los sistemas de producción de agricultores y ganaderos.

En Cuba, desde el año 2014, el proyecto Tierra Viva (CERAI, n.d.) promovido por asociaciones y entidades territoriales, promueve la construcción y capacitación en biodigestores con recursos y herramientas al alcance de familias campesinas, quienes pueden producir biogás con los desechos orgánicos procedentes de los animales de granja (Guardado-Chacón, 2015). En este caso, la información para la fabricación y la transferencia de tecnología se da a través de la capacitación. La elaboración de biodigestores incluye conocimientos y herramientas locales debido a que los recursos en la isla son bastante limitados.

Los factores condicionantes de tipo infraestructural son aquellos asociados a los aspectos físicos y materiales que involucra la producción lechera, por ejemplo, los espacios naturales y artificiales en las granjas (infraestructuras), así como carreteras, redes eléctricas y servicio de alcantarillado, entre otros. En los países latinoamericanos las redes viales son aún incipientes. Dichas redes y vías de comunicación son fundamentales para garantizar un correcto transporte de los productos provenientes del área rural hacia las ciudades. El mal estado o la ausencia de estas vías dificulta el transporte, calidad y estado sanitario de los productos (sobre todo los frescos), lo que ocasiona pérdidas económicas a los productores. Por otro lado, el consumo y utilización eficiente del agua dentro y fuera de la granja es fundamental para garantizar las medidas sanitarias y el control de enfermedades tanto en animales como en personas. Además, el tratamiento de aguas residuales abre nuevas puertas para su reutilización dentro de las instalaciones (limpieza y desinfección de infraestructuras, entre otros) así como fuera (riego de pastos, limpieza de maquinaria agrícola, entre otros). Por ello mejorar el consumo y el tratamiento del agua, así como la eliminación de residuos de ésta es primordial para garantizar la salud, productividad y ahorro de capital durante las diferentes tareas que se dan diariamente en las explotaciones lecheras.

Los factores condicionantes financieros son aquellos que comprenden los aspectos económicos, la administración y gestión del capital y las inversiones necesarias para la implementación de las diferentes estrategias de economía circular. Un ejemplo de ello son aquellas situaciones imprevistas relacionadas con los cambios en los mercados (volatilidad global) o la rentabilidad de la producción. Solucionar este tipo de barreras es bastante complejo, puesto que en gran medida depende de la voluntad de las diferentes instituciones políticas gubernamentales. Estimular nuevos incentivos económicos



(subsidios y ayudas) a los productores que implementen estrategias circulares en sus actividades podría ayudar a maximizar la integración de sistemas de economía circular por parte de éstos. Por otro lado, la certificación mediante etiquetas a los productos desarrollados bajo la economía circular podría ser una herramienta de marketing útil y sencilla que daría un valor agregado a los productos en el mercado, respondiendo así a las dinámicas del mercado global que cada día incentiva más las tendencias de conciencia medioambiental.

Los factores condicionantes ambientales a menudo suelen ser de carácter exógeno. Algunos de ellos están relacionados con el cambio climático, fenómenos atmosféricos locales y regionales, sequía o contaminación. Algunos sectores de Latinoamérica sufren constantes sequías y frente a este tipo de eventualidades se recomienda la implementación de estrategias circulares que reduzcan del consumo de agua, tratamiento de aguas residuales o la implementación de tecnologías que garanticen el acceso a las fuentes hídricas. Por otro lado, algunas explotaciones pueden estar expuestas a contaminación debido a la presencia de grandes industrias o explotaciones de hidrocarburos geográficamente cercanas que pueden afectar la calidad del suelo y por ende los pastos.

Los factores condicionantes expuestos anteriormente ofrecen un amplio panorama sobre los principales desafíos que debe afrontar la producción lechera en Latinoamérica en su transición hacia una economía circular. De modo general se destaca que dicha transición debe considerar una variedad de dimensiones inherentes al contexto, al productor y a los organismos públicos y privados. Esperanzadoramente, Latinoamérica está dando los primeros pasos hacia la transición. Una muestra de ello son las diferentes iniciativas en la promoción de la economía circular mediante proyectos gubernamentales, asociaciones y ONGs, especialmente en lo referente al reciclaje en áreas urbanas. Por esta y otras razones resulta importante incluir las áreas rurales y el sector primario en el proceso de transición debido especialmente al potencial que tiene en las prácticas agropecuarias ganaderas tan importantes en el ámbito latinoamericano.

## Gestión de las estrategias circulares en la producción lechera: sostenibilidad a largo plazo

Una vez abordados los factores condicionantes expuestos de cara a iniciar el proceso de transición hacia la economía circular, es importante considerar otro tipo de factores determinantes una vez iniciada la estrategia correspondiente. Estos factores son fundamentales para que se produzca una gestión adecuada de cada estrategia en los sistemas de producción lecheros. Como factores determinantes durante la ejecución de las diferentes estrategias se consideran dos tipos: los socioeconómicos y los ambientales (figura 3). Dichos factores determinantes guardan una relación estrecha con los factores condicionantes, pero se diferencian en que los primeros requieren de una revisión periódica para garantizar el mejor aprovechamiento de los recursos, productos y subproductos, y la sostenibilidad de la economía circular a largo plazo.

Figura 3  
Factores determinantes (puntos críticos) durante la aplicación de estrategias de economía circular en los sistemas de producción lecheros



Elaborado por los autores.

Los factores socioeconómicos guardan relación con las condiciones de trabajo, la economía rural, el control higiénico-sanitario, la calidad del producto, el desarrollo del mercado y el bienestar animal. Por ello, un punto importante a tener en cuenta es la búsqueda de innovación basada en la aplicación de nuevas técnicas, tecnologías y modelos de negocio, así como otras alternativas de mercado. Es necesario señalar que esta búsqueda de innovación debe complementarse con la transmisión de conocimientos sobre la aplicación de dichas técnicas buscando mejorar las prácticas productivas y analizar los puntos críticos de cada estrategia. Por último, para que este punto se cumpla, el proceso debe incluir la colaboración entre los diferentes actores (productores, investigadores y consumidores, entre otros) de sectores afines al sistema de economía circular implementado, de tal manera que se cumplan los objetivos para todos ellos.

Cabe destacar que para que el sistema circular subsista a mediano y largo plazo, deben considerarse las nuevas tendencias y demandas del mercado global sobre la producción y consumo de productos orgánicos que actualmente se encuentra en aumento (Allied Market Research, 2016) y con sello bajo en carbono<sup>14</sup>, por lo cual los sistemas verdes de producción animal son fundamentales en este proceso.

Los factores ambientales incluyen elementos determinantes con relación al sistema de producción y al ecosistema, por lo cual las estrategias de economía circular deben considerar los impactos en la biodiversidad, la implementación de estrategias de reciclaje, reutilización y reducción de residuos, gestión del agua, emisiones de gases con efecto invernadero, gestión de los suelos y la conservación de los nutrientes de éstos (López-Páez y García-Herreros, 2018a, b). Dichos factores deben ser monitoreados, buscando

<sup>14</sup> Los sellos o etiquetas bajos en carbono son una herramienta que busca mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, permeando las decisiones de compra. Estos sellos indican las emisiones de GEI asociadas a la producción, transporte y ciclo de vida de un producto.

reducir e incluso eliminar si fuese posible la aplicación de nutrientes artificiales al suelo (fertilizantes inorgánicos de industria), limitar la dependencia de materias primas importadas para la alimentación del ganado, reducir la aplicación de antibióticos/antiparasitarios en los animales, recuperar los nutrientes del suelo mediante la utilización de los desechos orgánicos del ganado, gestionar y reutilizar el agua para otros procesos (limpieza, riego, entre otros), aprovechar los subproductos derivados del procesado de productos lácteos, aumentar las garantías de bienestar animal (incremento de la vida productiva útil de los animales, ampliación de espacios, buenas metodologías de manejo, entre otros), así como incentivar la producción de alimentos de origen orgánico local basados en los pastos, forrajes, árboles y arbustos.

La reconversión de los sistemas tradicionales basados en la producción lineal en sistemas agroecológicos es crucial para que la aplicación de los sistemas de economía circular se realice de una manera sustentable a mediano y largo plazo, concretamente en aquellos sistemas basados en la producción de alimentos, como es el caso de los sistemas de producción lechera. Fundamentalmente, una vez que los recursos naturales quedan garantizados, protegidos y gestionados de una manera eficiente, la producción energética, tecnológica y alimentaria puede realizarse de una manera sostenible, evitando generar residuos derivados de los sistemas de producción debido a que el proceso se lleva a cabo dando prioridad a la resiliencia del sistema (Altieri, 2010).

Todos los factores expuestos anteriormente son importantes porque contribuyen al desarrollo social, debido a la reducción de la pobreza y la exclusión mediante la creación de empleos verdes y reduciendo los problemas de abandono de las zonas rurales debido al éxodo hacia las grandes ciudades. Al mismo tiempo mitigan los efectos del cambio climático y el uso inadecuado de los recursos ambientales, permitiendo la regeneración de los ecosistemas naturales y fortalecen las actividades de producción en ambientes rurales para garantizar su supervivencia a largo plazo. Las estrategias circulares adaptadas a la producción lechera permiten la preservación y conservación del medio natural, haciendo que las granjas no sólo produzcan alimento sino también aseguren un importante servicio al medioambiente.

## Experiencias prácticas de diferentes de estrategias de economía circular en Latinoamérica

*A priori*, podría parecer que la adaptación de los sistemas de producción lineal tradicionales en las explotaciones lecheras puede ser complicado, además de económicamente inviable, sobre todo para pequeños y medianos productores. Sin embargo, existen varios ejemplos prácticos que pueden eliminar las dudas acerca de la imposibilidad de llevar a cabo esta transición entre sistemas económicos de producción de una manera económica y sostenible.

A continuación se exponen brevemente tres estudios de caso en los cuales la economía circular contribuyó como tecnología social a la reducción de problemas en comunidades mediante el fortalecimiento ambiental, social y económico en explotaciones lecheras de medianos y pequeños productores. Para su selección se tomaron como referente iniciativas ejecutadas en Latinoamérica, relacionadas con la circularidad de nutrientes, residuos y producción de energía a través de la transformación de desechos

orgánicos animales en otros productos reconvertidos tales como biogás y biofertilizantes. Estos son los siguientes: en Uruguay el proyecto “Hacia una economía verde en Uruguay: Estimulando prácticas de producción sostenibles y tecnologías con bajas emisiones al ambiente en sectores priorizados” (Proyecto Biovalor); en Cuba el proyecto “Apoyo a los pequeños productores y productoras de las Cooperativas de Créditos y Servicios y de las Cooperativas de Producción Agropecuaria para la mejora de la seguridad alimentaria y la producción de biogás” (Tierra Viva); en Brasil el proyecto “Cooperativa agroenergética para la agricultura familiar” (Proyecto Ajuricaba). Estos casos se tomaron como referente debido a su sencillez, innovación y bajo costo, así como a la implicación de redes de difusión, teniendo como eje central la participación e inclusión de diferentes tipos de actores como, por ejemplo, productores, comunidades, empresas e instituciones que hacen parte de iniciativas privadas, públicas o mixtas.

### *Proyecto Biovalor: transición hacia una economía circular en Uruguay*

El proyecto “Hacia una economía verde en Uruguay” (Biovalor, 2018; Gef y UNIDO, 2013) () es un multiproyecto ejecutado por el Gobierno de la República de Uruguay financiado por organismos públicos, privados y organizaciones internacionales tales como el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) (Economía Circular, 2019). En dicho proyecto son partícipes más de 1 000 familias ubicadas en sectores rurales que cuentan con el apoyo directo de dichas entidades. Su principal objetivo es la transformación de residuos de origen animal en energía y subproductos propios de las actividades agropecuarias o agroindustriales, tales como la suinicultura, la lechería y la avicultura, con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover el desarrollo sostenible. Dicho proyecto se encuentra basado en la transferencia de conocimientos, desarrollo de tecnologías y políticas agropecuarias.

Dentro del multiproyecto destacan los subproyectos Rincón Blanco, Rincón de Albano y Ontilcor, estando los dos primeros focalizados en la producción de biogás y biofertilizante derivados del procesamiento de efluentes de las salas de alimentación y ordeño, mientras que el último se basa en el aprovechamiento energético del contenido ruminal tras la evisceración en matadero. Este residuo del rumen se utiliza para la producción de energía debido a su alto poder calorífico, sustituyendo los combustibles tradicionales (carbón y leña). Tras su combustión, las calderas de los generadores de vapor de la planta crean energía suficiente para alimentar el resto de las instalaciones de la explotación, así como para el funcionamiento los equipamientos de trabajo.

El impulsor de este y otros proyectos similares se encuentra en el Programa de Oportunidades Circulares (POC)<sup>15</sup>, el cual funciona como una red de tecnología social cuyo énfasis es asociativo, por tanto, busca vincular actores para la divulgación de nuevos programas y convocatorias, identificación de oportunidades, actualización de estrategias circulares, talleres de formación, validación técnica, comercial y económica sobre economía circular. Este programa resalta las oportunidades económicas mediante el seguimiento a modelos de negocio circulares, sin embargo, los beneficios sociales y ambientales in-

15 Ver más en: <http://oportunidadescirculares.org>

trínsecos están asociados a la generación de empleos verdes y al aumento a las cadenas de valor sustentables que influyen directamente en el progreso del país.

El proyecto Biovalor es reconocido internacionalmente gracias a la articulación de dos áreas estratégicas en las cuales se fundamenta la transición hacia la economía circular: la promoción del conocimiento y la demostración de proyectos exitosos (UC Davis Chile y CAV+S, 2019). Por ello, cuenta con novedosas herramientas informáticas de libre acceso en las que puede consultarse el potencial de valorización de residuos según el tipo de producto y tecnología utilizados y la caracterización de enmiendas orgánicas<sup>16</sup>. En términos ambientales, el impacto del proyecto Biovalor se ve reflejado en la reducción de aproximadamente 2 565 toneladas de CO<sub>2</sub> por año y en la gestión, tratamiento y reutilización de 106 455 toneladas de residuos agrícolas en el mismo lapso de tiempo (ONU, 2020).

### *Proyecto Tierra Viva: una iniciativa cubana para el desarrollo rural*

El proyecto “Apoyo a los pequeños productores y productoras para la mejora de la seguridad alimentaria y la producción de biogás” (Tierra Viva), financiado por la UE y la Agencia Española de Cooperación al Desarrollo (AECID) y llevado a cabo durante los últimos años en Cuba, desarrolla actividades circulares en cuanto al procesamiento de aguas residuales en comunidades de pequeños productores, mayoritariamente familias de las Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y de las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA). De esta manera consiguieron disminuir la contaminación del agua y el suelo aprovechando los residuos procedentes de desechos orgánicos animales transformados como fertilizantes orgánicos, así como producir energía que posteriormente será consumida por las propias familias mejorando sus condiciones de vida. Dicho proyecto tuvo un éxito rotundo y disparó de forma exponencial la demanda de asesoramiento y adhesión al proyecto por parte de numerosas familias. Las actividades de capacitación de productores agropecuarios por parte de profesionales fueron primordiales en el proyecto “Tierra Viva”, fundamentalmente para la fabricación de biodigestores asociados a sistemas de fito-depuración.

El Movimiento de Usuarios del Biogás (MUB) fue pionero e impulsor de esta iniciativa, que, junto a actividades de encuentros anuales, intercambio de experiencias y conocimientos adquiridos por usuarios, resolvieron los problemas de implantación de dichas actividades circulares de la manera más sencilla y económica posible (Arrastia, 2017). Este hecho pone de manifiesto el gran impacto de tipo social, económico y medioambiental que supone el desarrollo de nuevas estrategias para la sostenibilidad a largo plazo de dichos sistemas de explotación, incluyendo el sector lechero. Se trata de una manera innovadora de combatir las principales amenazas contra el ser humano, como son la contaminación ambiental, la gestión de recursos hídricos y energéticos, la adaptación a nuevas tecnologías, consecuencias del cambio climático, entre otras. El hecho de fomentar la construcción de biodigestores a pequeña escala permite obtener energía de forma barata, mejorando el aprovechamiento de los recursos de manera ecológicamente viable, económicamente rentable y socialmente equitativa.

16 Consultar en: <https://biovalor.gub.uy/datos/>



### ***Proyecto Ajuricaba: cooperativa agroenergética brasileña***

El proyecto “Ajuricaba” o “Proyecto Cooperativa Agroenergética para la Agricultura Familiar” es una iniciativa promovida por la entidad binacional ITAIPU (Brasil/Paraguay) que se encuentra ubicada en el estado de Paraná, Brasil. En dicho proyecto son participes aproximadamente 41 propiedades rurales que cuentan con biodigestores individuales destinados a la producción de biogás y fertilizantes (Bley y Amon, 2009).

El biogás es transportado a través de un gaseoducto hacia una unidad de almacenamiento, donde es convertido en energía eléctrica y térmica que a continuación es distribuida hacia cada propiedad y utilizada en la cocción de alimentos, iluminación y funcionamiento de maquinaria agrícola, limpieza de instalaciones y esterilización de las máquinas de ordeño. Por otro lado, el biofertilizante producido es utilizado en la fertilización de suelos y generación de pastos y forrajes para la alimentación del ganado. Los excedentes de biogás y biofertilizante son gestionados por terceros para su comercialización. El manejo limpio y sostenible de esta cooperativa la hace apta para recibir los créditos de carbono por el préstamo de servicios ambientales, haciendo de la cadena productiva un proceso circular y regenerativo. Este proyecto produce un efecto cíclico y reintegrativo de la energía y de los nutrientes del suelo, a partir de los desechos orgánicos animales, enriqueciendo la actividad agrícola al hacerla más autónoma y sostenible. Requiere como eje central la cooperación y participación de los productores de áreas rurales, así como de actores públicos y privados, forjando solidez, confianza y compromiso que son la base del éxito de este proyecto.

Esta experiencia visibiliza la importancia de combinar la preservación ambiental con la productividad y la generación de ingresos a través de tecnologías accesibles a los pequeños productores asociados en una cooperativa energética (Coimbra-Araújo *et al.*, 2014). De esta manera, dicho proyecto sirvió de ayuda para la creación de redes de divulgación y transferencia de conocimiento, así como la implementación técnica de estas estrategias circulares hacia otras actividades agrícolas tales como la avicultura.

## **Conclusiones**

Se estima que en la próxima década la importancia del sector lechero en Latinoamérica seguirá aumentando de manera exponencial. El objetivo primordial será garantizar el suministro de alimentos (productos lácteos) con el fin de satisfacer el incremento de la demanda, un hecho que irá creciendo en importancia a medida que aumente su población. Actualmente, la producción lechera en Latinoamérica está basada en sistemas de producción tradicionales lineales. Estos sistemas llevan consigo una serie de consecuencias a nivel económico, social y medioambiental que son incompatibles con su sostenibilidad a medio y largo plazo. Es por ello que en el futuro próximo, la productividad en el sector agropecuario lechero debe gestionarse de manera responsable y para lo cual es necesaria la aplicación de nuevas estrategias que permitan cubrir las necesidades alimentarias de la población, sin comprometer el progreso social, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico.

La economía circular como tecnología social es clave en la transición hacia un sistema económico sostenible. Tiene por objetivo el diseño e implementación de estrategias que permitan maximizar la vida útil de un recurso (circularidad) en la cadena de producción, su-

ministro y consumo. Como fue indicado anteriormente, la reconversión de los sistemas de producción tradicionales debe pasar previamente por una fase de transición hacia sistemas agroecológicos, especialmente en los sistemas destinados a la producción de alimentos. De esta manera, los sistemas de economía circular deben basarse en cuidar los recursos naturales para desarrollar sistemas de producción basados en sostenibilidad energética, tecnológica y alimentaria evitando generar residuos, debido a que el proceso se debe llevar a cabo dando prioridad a la resiliencia del sistema a mediano y largo plazo.

Cabe resaltar que la fase de transición debe realizarse de manera progresiva e incluir procesos participativos. En ese sentido, las RTS son fundamentales para la transmisión de conocimiento y recolección de experiencias durante el periodo de adaptación. Las estrategias de economía circular pueden ser una alternativa necesaria y eficiente para adaptar los sistemas de producción lechero tradicionales a los desafíos del mundo global, garantizando viabilidad ecológica, rentabilidad económica y equidad social. Finalmente, es necesario subrayar que para conseguir este objetivo, además de implementar estrategias de economía circular, es necesario modificar los hábitos de consumo, puesto que, si no se produce este hecho, la posibilidad de mantener la sostenibilidad del sistema productivo lechero a largo plazo se vería seriamente comprometida.

## Referencias

- Allied Market Research. (2016). Organic Food and Beverage Market Growth Share and Trends. En: <https://www.alliedmarketresearch.com/organic-food-beverage-market> (Consultado 4 septiembre 2020).
- Altieri, M.A. (2010). El estado del arte de la agroecología: revisando avances y desafíos. En: T. León y M. Altieri (eds.) *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Pp. 77-104.
- Arrastia, M.A. (2017). *Hacia un futuro energético sostenible*. Editorial Científico-Técnica, Ruth Casa Editorial. Panamá. 82 p.
- Asociación para la Promoción de la Tecnología Social. (n.d.). APTES - Diseño y Tecnología Social. En: <https://tecnologiasocial.org/> (Consultado 6 agosto 2019).
- BIOVALOR. (2018). Proyecto Biovalor: Generando valor con residuos agro-industriales. En: <http://biovalor.gub.uy/> (Consultado 24 septiembre 2019)
- Bley, C. J. y Amon, B. (2009). Bio-Energy in Family Farming. A new sustainable perspective for the rural sector. *Latin American and Caribbean Energy Magazine*. En: [https://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Anexo\\_14.\\_Proyecto\\_Ajuricaba.pdf](https://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Anexo_14._Proyecto_Ajuricaba.pdf)
- Centro de Innovación y Economía Circular - CIEC. (n.d.). Acelerando la transición hacia una economía circular en América Latina. En: <https://ciecircular.com/> (Consultado 24 septiembre 2019).
- CEPAL. (2019). *Panorama Social De América Latina 2018*. Santiago de Chile. En: [www.cepal.org/es/suscripciones](http://www.cepal.org/es/suscripciones) (Consultado 12 septiembre 2019).
- CERAI. (n.d.). Nuevas publicaciones: Manual de Agroecología y Biogás para la Familia Campesina - CERAI. En: <https://cerai.org/nuevas-publicaciones-manual-de-agroecologia-y-biogas-para-la-familia-campesina/> (Consultado 24 septiembre 2019).
- Coimbra-Araújo, C.H.; Mariane, L.; Júnior, C.B.; Frigo, E.P.; Frigo, M.S.; Araújo, I.R.C. y Alves, H.J. (2014). Brazilian case study for biogas energy: Production of electric power, heat and automotive energy in condominiums of agroenergy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40: 826-839. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.07.024>
- Collins, A.A. (2013). *Contemporary Security Studies* (Third). Oxford: Oxford University Press. United Kingdom. 202 p.
- Comisión Europea. (2015). European Commission - PRESS RELEASES - Press release - Cerrar el círculo: la Comisión adopta un ambicioso paquete de nuevas medidas sobre la economía circular para impulsar la competitividad, crear empleo y generar crecimiento sostenible. En: [https://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-15-6203\\_es.htm](https://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6203_es.htm) (Consultado 2 agosto 2019).



- Economía Circular. (2019). Conferencia. BIOVALOR: Estimulando prácticas de producción sostenibles y tecnologías con bajas emisiones - YouTube. Montevideo. En: <https://www.youtube.com/watch?v=T-m95uVpM5QI>
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A Circular Economy in Brazil: An initial exploration*. En: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/A-Circular-Economy-in-Brazil-An-initial-exploration.pdf> (Consultado 10 septiembre 2019).
- FAO. (2011). Social analysis for agriculture and rural investment projects, 84 p. En: <http://www.fao.org/3/i2816e/i2816e00.pdf> (Consultado 2 septiembre 2020).
- FAO y FEPALE. (2011). *Situación de la Lechería en América Latina y el Caribe en 2011*. En: <https://www.colombiaproductiva.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=eadc52e3-636d-4f05-9431-65e9758681b0> (Consultado 10 septiembre 2019).
- Gef y UNIDO. (2013). *Hacia una economía verde en Uruguay: Estimulando prácticas de producción sostenibles y tecnologías con bajas emisiones al ambiente en sectores priorizados*. En: [https://open.unido.org/api/documents/3221131/download/Fact sheet\\_Uruguay\\_SP.pdf](https://open.unido.org/api/documents/3221131/download/Fact%20sheet_Uruguay_SP.pdf) (Consultada 3 septiembre 2020).
- Guardado-Chacón, J. A. (2015). *Biogás para la familia campesina*. En: <https://cerai.org/wordpress/wp-content/uploads/2016/01/BIOGAS-PARA-LA-FAMILIA-CAMPESINA-version-web.pdf> (Consultado 16 septiembre 2019).
- Hubbard, J.C.; DeFleur, M. L. y DeFleur, L.B. (1975). Mass Media Influences on Public Conceptions of Social Problems. *Social Problems*. 23(1): 22-34. <https://doi.org/10.2307/799625>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. (N. T. and T. K. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Eds.). Hayama, Kanagawa. En: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1\\_Volume1/V1\\_0\\_Cover.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_0_Cover.pdf)
- IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use Task Force on National Greenhouse Gas Inventories*. (C. Buendia, K. Kranjc, J. Fukuda, N. S. Osako, Y. Shermanau, & P. Federici, Eds.). Switzerland: IPCC. En: [www.ipcc-nggip.iges.or.jp](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp) (Consultado 3 septiembre 2020).
- Kok, L.; Worpel, G. y Ten Wolde, A. (2013). *Unleashing the Power of the Circular Economy*. Amsterdam. En: <https://www.yumpu.com/en/document/read/13904574/unleashing-the-power-of-the-circular-economy> (Consultada 22 septiembre 2019).
- Lang, T. y Heasman, M. (2004). *Food Wars. The Global Battle for Mouths, Minds and Markets. Food Wars*. London, UK: earthscan. 366 p.
- Lassance, A.E.; Mello, C.J.; Barbosa, E.J.S.; Jardim, F.A.; Brandão, F.C. y Novaes, H.T. (2004). *Tecnologia social uma estratégia para o desenvolvimento*. Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ. Brasil. 130 p.
- Liceaga, I. (2015). *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología*. Habana, Cuba. 185 p.
- López-Páez, V.P. y García-Herreros, M. (2018a). Critical issues influencing dairy industry circular economy strategies for rural development of the Alpine region. In *25 th APDR Congress* (p. 466). Lisbon, Portugal: Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional. En: [http://apdr.pt/data/documents/PROCEEDINGS\\_APDRCongress2018.pdf](http://apdr.pt/data/documents/PROCEEDINGS_APDRCongress2018.pdf) (Consultada 4 septiembre 2019)
- López-Páez, V.P. y García-Herreros, M. (2018b). Factors affecting the application of circular economy strategies in dairy industry for rural development of tropical regions. In *25 th APDR Congress* (p. 465). Lisbon, Portugal: Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional. En: [http://apdr.pt/data/documents/PROCEEDINGS\\_APDRCongress2018.pdf](http://apdr.pt/data/documents/PROCEEDINGS_APDRCongress2018.pdf) (Consultada 4 septiembre 2019).
- Minambiente. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular - ENEC*. Bogota. En: <https://www.cccs.org.co/wp/download/comite-tecnico-actualizacion-de-la-estrategia-nacional-de-economia-circular-del-ministerio-de-ambiente-y-desarrollo-so/?wpdmdl=19635> (Consultada 8 septiembre 2019).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación - Argentina. (2005). *Formulación de un plan estratégico provincial de gestión de residuos hacia la economía circular*. En: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ambiente-plan-estrategico-provincial-gestion-residuos.pdf> (Consultada 9 septiembre 2019).
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (n.d.). *Economía Circular - MMA*. En: <https://mma.gob.cl/economia-circular/> (Consultada 24 septiembre 2019).

- Ngan, S.L.; How, B.S.; Teng, S.Y.; Promentilla, M.A.B.; Yatim, P.; Er, A.C. y Lam, H.L. (2019). Prioritization of sustainability indicators for promoting the circular economy: The case of developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 111: 314-331. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.001>
- Nova Pinedo, M.L.; Ferronato, N.; Ragazzi, M. y Torretta, V. (2019). Vermicomposting process for treating animal slurry in Latin American rural areas. *Waste Management y Research*. 37(6): 611-620. En: <https://doi.org/10.1177/0734242X19839483>
- OCLA (Observatorio de la Cadena Láctea Argentina). (2017). El despertar de la industria láctea en América Latina. En: <http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/10990980-el-despertar-de-la-industria-lactea-en-america-latina> (Consultada 5 septiembre 2019).
- OCDE y FAO. (2019). *Agricultural Outlook 2019-2028*. Rome. En: [https://doi.org/https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2019-en](https://doi.org/https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en) (Consultado 2 septiembre 2019).
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). Biovalor: acabemos con los residuos Naciones Unidas en Uruguay. En: <https://uruguay.un.org/index.php/es/51096-biovalor-acabemos-con-los-residuos> (Consultado 4 septiembre 2020).
- Reike, D.; Vermeulen, W.J.V. y Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling*. 135: 246-264. En: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
- Reuveny, R.X. y Thompson, W. R. (2007). The North - South Divide and International Studies: *International Studies Review*. 9(4): 556-564.
- Ribeiro, E.M.; Barros, R.M.; Tiago Filho, G.L.; dos Santos, I.F.S.; Sampaio, L.C.; dos Santos, T.V.; de Freitas, J.V.R. (2016). Power generation potential in posture aviaries in Brazil in the context of a circular economy. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 18: 153-163. En: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2016.10.009>
- Ritzén, S. y Sandström, G.Ö. (2017). Barriers to the Circular Economy - Integration of Perspectives and Domains. *Procedia CIRP*. 64: 7-12. En: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>
- Salvador, R.; Barros, M.V.; Do Rosário, J.G.D.P.; Piekarski, C.M.; Mendes, L.M. y de Francisco, A.C. (2019). Life cycle assessment of electricity from biogas: A systematic literature review. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 38(4): 13133. En: <https://doi.org/10.1002/ep.13133>
- Shukla, P.R.; Skea, J.; Slade, R.; van Diemen, R.; Haughey, E.; Malley, J.; Pathak, M. y Portugal Pereira, J. (eds.) Technical Summary, 2019. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- Spector, M. y Kitsuse, J.I. (2017). *Constructing Social Problems*. Routledge. USA. 78 p.
- UC Davis Chile, & CAV+S. (2019). *Estudio de Economía Circular en el Sector Agroalimentario Chileno*. Ministerio de Agricultura. En: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/201909/Estudio-de-Economia-Circular-en-el-Sector-Agroalimentario-Chileno.pdf> (Consultado 3 septiembre 2020).
- Unay-Gailhard, Í. y Bojnec, Š. (2019). The impact of green economy measures on rural employment: Green jobs in farms. *Journal of Cleaner Production*. 208: 541-551. En: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.10.160>
- Vega-Quezada, C.; Blanco, M. y Romero, H. (2017). Synergies between agriculture and bioenergy in Latin American countries: A circular economy strategy for bioenergy production in Ecuador. *New Biotechnology*. En: 39: 81-89. <https://doi.org/10.1016/J.NBT.2016.06.730>



# De la agricultura convencional a la de tipo multifuncional. Caso granja “Don Nelo”

José Antonio Torres Rivera<sup>1\*</sup>

José Manuel Palma García<sup>2</sup>

## Introducción

La premisa de la producción de alimentos para cubrir la demanda de una población creciente, enfrenta dos tipos de enfoques filosóficos excluyentes, por un lado, el monocultivo proveniente de la revolución verde, recientemente enmarcado en el uso de cultivos transgénicos y en la apropiación del capital a costa del ambiente y de la salud de los seres vivos como modelo extractivista; y por el otro, el enfoque agroecológico (Altieri, 2009; Dumont y Bernués, 2014), el cual propone que la producción agropecuaria exista en armonía con el ambiente y haya oportunidad de desarrollo para todos, en particular para la llamada economía social, con el reconocimiento de las culturas ancestrales, integración de los ciclos vitales, en ambientes ecosistémicos diversos, múltiples y plurales asociados a la diversidad biocultural de las comunidades y de su entorno (Giraldo, 2015). Análisis desarrollados por diferentes instituciones que muestran una gama de necesidades, recursos y propuestas para la región de América Latina y el Caribe (CEPAL/FAO/IICA, 2019); así como alternativas generadas muchas veces por los propios productores en fincas pequeñas basadas en los principios de la agroecología como realidad socioambiental.

Sin embargo, los proyectos de modernización agrícola en la región dejan pobreza, daño ecológico, desaliento, abandono del campo, migración, entre otros fenómenos que hacen prever un futuro indeseable. Ejemplo de ello son los cafecultores mexicanos que desde hace casi tres décadas vienen sufriendo la caída continua de precios del grano, adicionalmente la presencia de plagas (*v.gr.*: broca, nematodos, roya) que decrementa la producción y que son exacerbadas por el cambio climático, lo que provoca que algunos productores cambien el uso de sus tierras y otros busquen opciones de diversificación.

Este proceso de cambio conlleva el copiado, adopción, adaptación o desarrollo de opciones de diversificación productiva, entre ellas la agroforestería, en la cual se combinan los cultivos agrícolas, las plantaciones de árboles o arbustos de uso múltiple y las actividades pecuarias.

El presente capítulo muestra que en una región donde se practica la agricultura monocultivista para exportación, con efectos perversos en la calidad de los recursos naturales y en las estructuras sociales, es posible emprender cambios en los modelos de producción y consumo para lograr, entre otros propósitos, el fortalecimiento de la soberanía e inocuidad alimentaria para la población local.

1 Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 6 carretera Huatusco-Xalapa. C.P. 94100. Huatusco, Veracruz.

2 Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario (CUIDA) y Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (FCBA). Universidad de Colima.

\* Autor de correspondencia: tora\_sheep@hotmail.com

El caso de la granja “Don Nelo”, demuestra que la producción diversificada, con tecnologías agroforestales, prácticas agroecológicas, economía circular y combinación de funciones, trae como resultado mayor productividad y rentabilidad por unidad de superficie a su propietario, además de aumento de las oportunidades para él y para otros en el entorno (Torres, 2018).

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue documentar los trabajos que se realizan en una granja caprina localizada en una comunidad de la zona de las altas montañas de Veracruz, que por la diversidad de procesos agropecuarios que integra y complementa entre sí bajo principios de responsabilidad ecológica, viabilidad económica y respeto social puede ser calificada de granja integral autosuficiente (Hogares Juveniles Campesinos, 1995) o granja agroecológica (Gliessman, 2014); sin embargo, como proporciona otros bienes colectivos, entre ellos la formación de recursos humanos y el turismo, de alcance local y nacional, es llamada granja multifuncional (FAO, 2020). Debido al carácter excepcional de ésta, se utilizó como metodología descriptiva y explicativa el estudio de caso, lo cual es recomendable cuando las teorías se encuentran aún en fase de construcción (Castro, 2010).

## Cambios históricos del modelo productivo en la región

Desde épocas antiguas el paisaje de Coatepec, Veracruz, México sufre cambios en el uso del suelo para el abastecimiento de alimentos y otros bienes materiales a sus pobladores, primero con la agricultura de RTQ (roza, tumba y quema) que practicaba el grupo indígena Totonaca, se fue eliminando el bosque de niebla original. A la llegada de los europeos y con el establecimiento de las haciendas, primero cañeras-ganaderas y luego también cafetaleras, el paisaje se volvió antrópico. La Independencia acentuó la agricultura industrial capitalista y la Revolución Mexicana fraccionó la tenencia de la tierra. Posteriormente, llegó para quedarse la Revolución Verde con sus fundamentos tecnológicos, que por un tiempo posibilitaron alcanzar altos rendimientos en cafetales y cañales, hasta que la baja rentabilidad ocasionada por las crisis de precios, la degradación de los recursos naturales y las plagas lo permitieron. Asimismo, la ganadería bovina en praderas cultivadas y con alimentos concentrados es otra de las actividades de importancia económica en la región, enfoque conocido actualmente como agricultura convencional o moderna.

En los años noventa surge el interés por la agricultura ecológica, principalmente entre pequeños productores organizados, pero más como respuesta a oportunidades de mercado de productos orgánicos con sobreprecio en el extranjero que por conciencia ambiental o inocuidad para la región. Otro enfoque más ambicioso está en gestación, es el de agricultura multifuncional; aunque surgió y se aplica como estrategia de desarrollo territorial rural en países de la Unión Europea, se puede adoptar para referirse a los productores que no solamente cumplen la función básica de producir alimentos y materias primas, sino que además asumen simultáneamente funciones de protección ambiental y funciones de desarrollo social.

## Evolución del modelo productivo en la granja

El fenómeno observado en la región es reflejo de lo que sucede a nivel de productor, pues desde su adquisición en 1978, el predio donde se encuentra esta granja transitó por diferentes modelos de producción. Es una empresa familiar creada en el año 2004 con 8 hectáreas en total y solamente en menos de una hectárea se desarrolló esta propuesta. Tiene como antecedentes diferentes intentos de diversificación productiva desde cafetal, apicultura y ovinos en pastoreo; la intención era reducir los costos de mantenimiento de la finca y obtener ingresos adicionales, pero la identificación de una mejor oportunidad de mercado hizo que se optará por la caprinocultura.

El modelo partió de un enfoque convencional y transitó hacia un modelo alternativo con tecnologías agroforestales y bases agroecológicas, hasta el actual de tipo multifuncional. Según FAO (1999), el análisis del carácter multifuncional de la agricultura y la tierra (CMFAT) permite entender mejor las posibles relaciones, sinergias y comprensiones necesarias para lograr una agricultura y un desarrollo rural sostenible. En este sentido, la experiencia desarrollada por el productor coincide con los términos de la multifuncionalidad según Van der Ploeg y Roep (2003), dado que muestra las características de reagrupamiento, profundización y ampliación de las actividades desarrolladas en su sistema productivo. En la figura 1, se muestra la evolución del sistema productivo:

- Se inició con un sistema agroforestal convencional de la región, el cultivo de cafetos bajo árboles de sombra, con manejo tipo revolución verde, con enfoque productivista y destinado a la exportación.
- Posteriormente al cafetal se le incorpora la apicultura y la producción de ovinos para convertirse en un sistema agroforestal diversificado, con tecnología entomo-forestal (presencia de abejas) y agro-silvo-pastoril (presencia de ovinos), esto con la intención de reducir los costos de mantenimiento y recuperar el nivel de rentabilidad del terreno perdido por la crisis de precios del café.
- Sigue una etapa de sustitución de ovinos por caprinos, que no entran al cafetal para manejarse como empresa independiente.
- Los familiares con el modelo productivista de cafetal continuaron con pérdidas económicas en siete hectáreas.
- El productor con caprinos decidió experimentar con un modelo agroforestal basado en el uso de morera (*Morus alba*) como banco de proteína, con aplicación de principios de agroecología, permacultura y de economía circular, de a poco estableció el camino hacia la agricultura multifuncional.
- Recientemente está incursionando en la cría de cerdos “pelón mexicano”.
- El 18 de febrero de 2020 recibe el certificado de "Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Leche Caprina", siendo el primer productor en todo el estado de Veracruz en obtener tal reconocimiento.



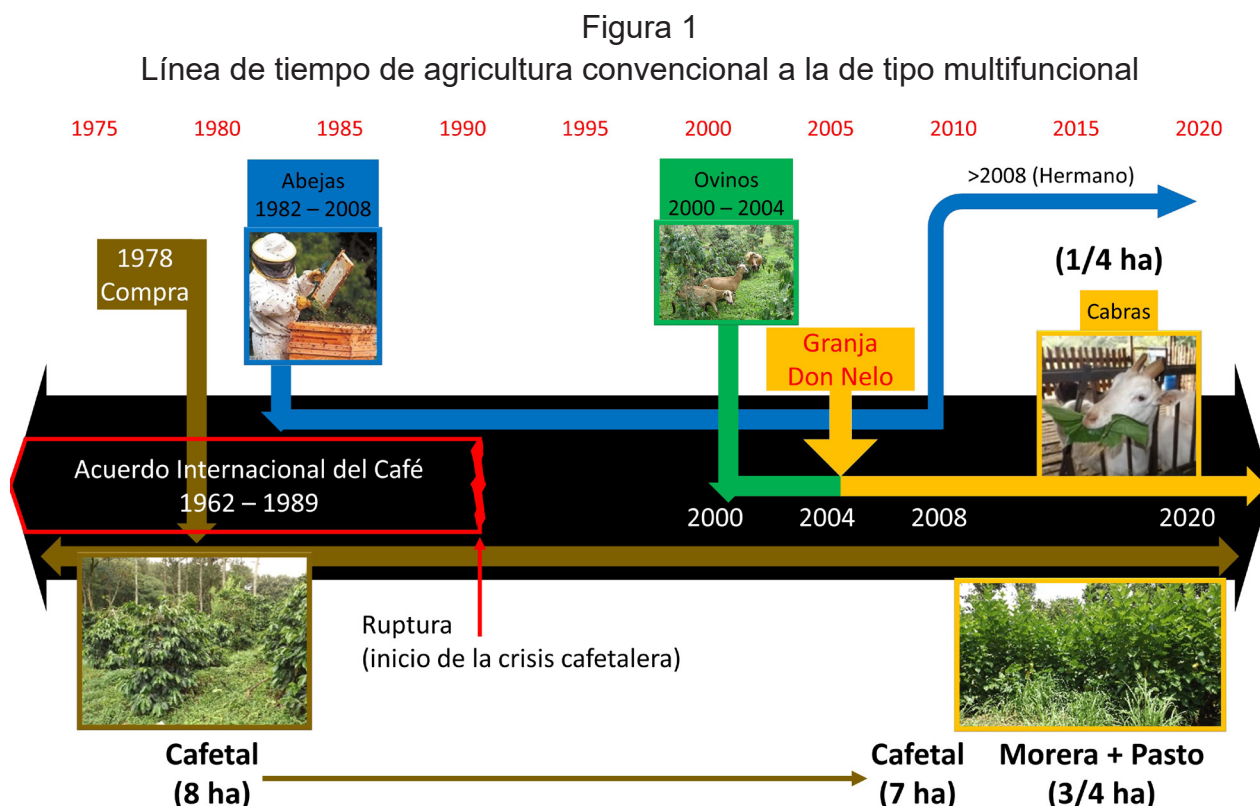


Figura: José Antonio Torres Rivera.

### Localización geográfica de la granja

Se localiza en la comunidad Pacho Viejo, municipio de Coatepec en el estado de Veracruz, México (figura 2). Su posición geográfica es: 19°29'4.91" latitud N, 96°54'44.98" longitud O y altitud de 1 210 msnm. Enclavada entre las montañas del Eje Neovolcánico, su relieve es de lomerío con suelos andosoles y luvisoles; el clima es semicálido húmedo, con temperatura promedio de 19.2 °C y precipitación total anual de 1 926 mm. La vegetación original de bosque de niebla fue sustituida por cafetales.



Figura 2  
Panorámica de la granja “Don Nelo”



En primer plano cultivo de morera, después área de composta-lombricomposta y biodigestor, atrás el corral de las cabras, al fondo cafetales con sombra de árboles nativos.

Foto: José Antonio Torres Rivera.

### *Plano descriptivo de la granja*

La superficie total de la granja es de aproximadamente 0.75 ha. Cuenta con las siguientes áreas productivas (figura 3): cultivo de morera (*Morus alba*), galera y asoleadero para cabras, galera y asoleadero para cerdos, sala de ordeña, taller multiusos destinado principalmente a la elaboración de quesos y dulces, área de compostaje y lombricompostaje, biodigestor (para producir el gas que se utiliza en la cocina, fertilizante sólido y biol), vivero de café (para su cafetal), huerto de plantas aromáticas (*v.gr.*: albahaca, romero, tomillo) y hortalizas (*v.gr.*: acelga, apio, cebollín, cilantro, lechuga, rábano), cocina-comedor que se utiliza también como oficina, baño con sanitario y regadera, bodega, quesería en construcción y áreas verdes. Además de una parcela con pastos de corte que se localiza a unos 200 m de distancia de la granja.

Esta granja empezó con un modelo intensivo convencional de animales estabulados, copiado del estado de Guanajuato, alimentados con alfalfa (*Medicago sativa*) y concentrado comercial que resultó incosteable. Por lo cual, cambió a un modelo de granja integral autosuficiente basado en tecnología silvopastoril, lo que le permite actualmente mantener eficientemente 70 cabras, dos sementales, 20% de reposición y una cantidad variable de cabritos, con la producción de 0.22 ha de morera (*Morus alba*), 0.53 ha de pastos de corte: caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), pasto cubano (*Cenchrus purpureus* cv CT-115) y maralfalfa (*Pennisetum glaucum* x *P. purpureum*); complementado con subproductos del cafetal, desperdicios de juguería y/o tortillería. La dieta promedio consiste en una combinación alimenticia en fresco de morera 10%, desperdicio de tortillería 25%, cáscara de naranja y juguería 15% y el 50% restante de forrajes de corte.

Todos los espacios de la granja están distribuidos de manera estratégica para facilitar las actividades que se realizan diariamente y aprovechar de manera eficiente el terreno. Para ello el cultivo de la morera se encuentra cerca de los corrales, con el fin de que los residuos de los animales (heces + orina + alimento rechazado + agua) se utilicen en la fertilización del cultivo, aprovechando el desnivel del terreno; de igual forma el área de compostaje y lombricompostaje, junto con el biodigestor se encuentran en la parte baja de la galera de las cabras para que faciliten el transporte de las heces y se pueda procesar, la sala de ordeña se encuentra a 25 m de los corrales y en alto, con el fin de evitar la contaminación de la leche.

Figura 3  
Plano descriptivo de la finca

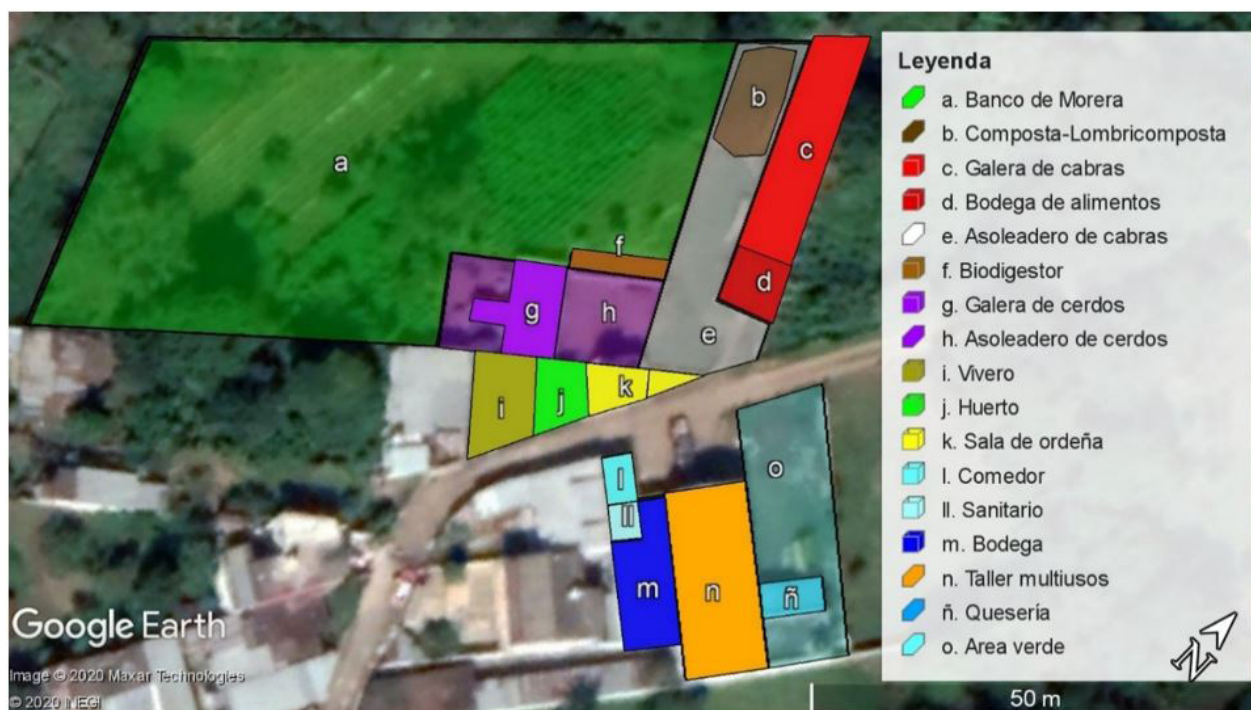


Figura: José Antonio Torres Rivera.

Cada uno de los elementos está integrado armónicamente con los demás para cumplir la función productiva del sistema, contribuyendo a darle autonomía, todo es aprovechado de forma integral, siendo esto un claro ejemplo de economía circular.

El sistema se da cuando la cabra es ordeñada, la leche obtenida es llevada al taller de lácteos para su transformación en queso, que, junto con el pie de cría, el cabrito en canal, patas y la piel son destinados a mercados específicos. En cuanto al estiércol o abono, es usado para producir composta o humus de lombriz que se transfiere a la morera y a las plántulas de café, el excedente genera ingresos al productor. La morera es dada como forraje a las cabras (figura 4).

Figura 4  
 Productos y subproductos de la caprinocultura en una granja multifuncional

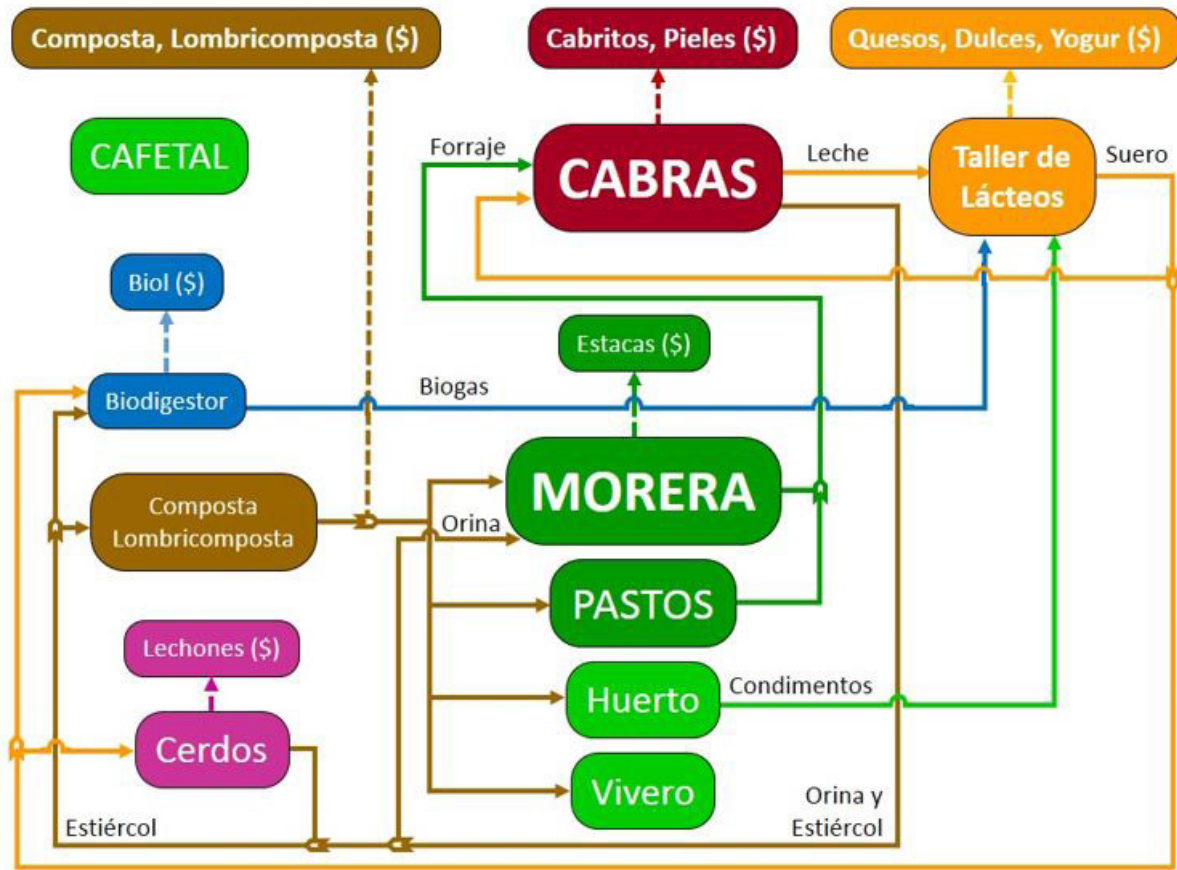


Figura: José Antonio Torres Rivera.

### Aspectos económicos del sistema

El sistema de producción de quesos de cabras comenzó como iniciativa propia, sin el incentivo de apoyos gubernamentales. La inversión inicial consideró la compra del terreno (1 ha), cabras, la adaptación de maquinaria e infraestructura, más la mano de obra en 2004. Se resalta que la mayor parte de la unidad fueron adaptaciones que el productor hizo con base a recursos obtenidos por amigos y conocidos (cuadro 1). El monto inicial invertido fue cubierto gradualmente en el transcurso del tiempo, adecuándose a prueba y error. La recuperación de la inversión fue a los dos años de iniciado el proyecto, pues fue necesaria la adecuación del objetivo, la apertura de mercado, la búsqueda de alternativas y el desarrollo de innovaciones.

Cuadro 1

Inventario inicial y montos invertidos para el desarrollo del sistema multifuncional

	Cantidad	Unidad	Monto (\$)
Adaptación de infraestructura	4	Unidades	60 000
Cabras	50	Cabezas	90 000
Terreno	1	Ha	50 000
Adaptación de maquinaria	5	Unidades	1 500
Mano de obra	5	Personas	14 400
Total			215 900

Elaborado por los autores.

En el cuadro 2, se muestra la parte proporcional de los ingresos mensuales de este sistema. La venta de quesos es el mayor ingreso, en segundo término, sobresalen los cursos que imparte a personas del gobierno o a empresas, los cuales son ocasionales. Cabe aclarar que los ingresos no son estables, pues pueden variar en algunas actividades debido a la oferta y demanda que exista en el momento.

Cuadro 2

Ingresos mensuales del sistema multifuncional

Ingresos	\$	Porcentaje
Quesos	44 200	46.25
Cursos	30 000	31.38
Material vegetativo	13 500	14.12
Subproductos	6 650	6.95
Abonos	1 240	1.30
Monto	95 610	

Elaborado por los autores.

Respecto a los egresos, estos se muestran en el cuadro 3, los cuales se relacionan con insumos para la elaboración de quesos, atención a las cabras, mano de obra y otros (energía eléctrica, agua, papelería, productos de limpieza). La elaboración del queso y la atención a los animales, junto con la compra de sementales, es el segundo rubro de mayor gasto. La utilidad obtenida de un ingreso total de \$95 610.00 menos los gastos de \$16 476.00 da como resultado \$79 134.00, aún sin los cursos sería de \$ 39 134.00, en el caso de que no vendiera material vegetativo el resultado sería \$ 25 634.00. Por lo tanto, a pesar de la variabilidad de los ingresos, el sistema tiene indicadores económicos positivos. Además de los de tipo social y ambiental que se presentan en el sistema.



Cuadro 3  
Egresos mensuales del sistema multifuncional

Ingresos	\$	Porcentaje
Quesos	5 546.00	21.54
Animales	3 400.00	13.21
Mano de obra	13 500.00	52.44
Otros	3 300.00	12.82
Monto	25 746.00	

Elaborado por los autores.

### *Otros bienes privados*

Además de producir alimentos para la familia del productor y para sus trabajadores, así como excedentes para la venta, la granja produce otros bienes privados con alcance público, entre ellos destacan el turismo rural y la capacitación.

#### a) Turismo rural

La granja, aunque es pequeña en superficie, con su diversidad de espacios y singularidades se suma a los atributos biofísicos, estéticos y estructurales del paisaje montañoso circundante, lo cual resulta particularmente atractivo para visitantes foráneos interesados en practicar el ecoturismo. Pero el turismo que aquí se ofrece, es principalmente en las modalidades de:

- Agroturismo, entendido como la atención que se da *in situ* a las personas interesadas en conocer las tecnologías implementadas y demás aspectos del sistema. Son visitas de pocas horas, generalmente clientes y grupos de estudiantes o de productores.
- Talleres gastronómicos, destacando los de elaboración de quesos, yogur y dulces, con duración de unas horas o varios días.
- Talleres artesanales, de curtido de pieles y elaboración de artesanías con sub-productos de las cabras.

#### b) Capacitación

Son cursos, talleres o pláticas que el propietario (a veces también colaboradores) imparte en la misma granja, pero también en otras granjas o ranchos e incluso en empresas restauranteras fuera del estado, hasta donde llega su fama de “maestro quesero”. No tiene un programa calendarizado de cursos o talleres a impartir, tampoco lleva registro de visitantes, pero se estima en más de 400 personas al año entre productores, estudiantes, técnicos y público en general.

Figura 5

A la izquierda el propietario impartiendo un taller de quesos a productores del estado de Guerrero; a la derecha el propietario en una plática con estudiantes de Argentina, México y Perú



Fotos: José Antonio Torres Rivera.

### *Producción de bienes públicos*

#### a) Protección y mejoramiento de los recursos naturales

Como consecuencia de la incorporación continua de residuos orgánicos al cultivo de morera y al no uso de agrotóxicos, el suelo aquí es alto en reservas de nutrientes, agua, carbono y fauna benéfica respecto al suelo en predios agropecuarios convencionales de sus vecinos. En el cuadro 4, se muestran los resultados de un ensayo realizado en el año 2017 sobre la captura de carbono como bien público ambiental que contribuye a mitigar el cambio climático, en el que se muestra claramente que en esta finca la cantidad de materia orgánica en la profundidad de 0 a 30 cm y con ello el carbono orgánico almacenado es superior al de otras alternativas de uso del terreno. Tales datos coinciden con los almacenes de carbono edáfico que Campos *et al.* (2014) estiman para suelos volcánicos del estado de Veracruz. La cantidad de materia orgánica (MO) y de carbono orgánico (CO) acumulado en el suelo del banco de proteína es superior a la que se puede encontrar en cafetales (Espinoza-Domínguez *et al.*, 2012) y en potreros con árboles dispersos en la zona (Najera, 2010).

Cuadro 4

Porcentaje de materia orgánica (MO) y cantidad de carbono orgánico en suelo (COS) almacenado en el suelo del banco de proteína del sistema multifuncional y en terrenos de uso convencional de vecinos

Sitio	MO (%)	COS (kg /m <sup>2</sup> )
Banco de proteína ( <i>Morus alba</i> )	4.3	6.8
Cafetal ( <i>Coffea arabica</i> ) con árboles de sombra ( <i>Inga spp</i> )	3.4	5.5
Pastizal ( <i>Brachiaria sp</i> , <i>Cynodon sp</i> ) sin árboles	3.1	4.9
Caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )	3.0	4.0

Torres y Arellano (sin publicar).

La alta densidad de plantas del banco de proteína (25 mil por hectárea) también coadyuva a los servicios ambientales del sistema, estimándose en 5.1 t/ha la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) secuestrado en la madera (tallos y ramas) de la morera. Aspecto que coincide con Zavala *et al.* (2007) quien reporta 5.5 t/ha en Costa Rica.

#### b) Valores paisajísticos

La granja cuenta con diversidad de espacios y singularidades que contribuyen a la calidad visual del paisaje. Principalmente el cultivo de morera, que con sus cortes diarios en hileras forma múltiples estratos biofísicos; y el corral elevado de las cabras, construido de madera y materiales artificiales tratando de armonizar con el paisaje natural. Ambos son visibles desde el exterior, por lo que también son productos para los habitantes del entorno.

### Análisis de sustentabilidad de la Granja “Don Nelo”

A través de la metodología del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales, incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) que permiten la comprensión integral del sistema con un enfoque sustentable (figura 6), se observa que la cantidad de leche producida por cabra tiene un alto rendimiento, ya que la morera cuenta con 22% de proteína, el productor oferta sales minerales y el sistema de alimentación asociado a recolección de tortillas y masa (maíz procesado), residuales de la cafecultura, cáscara de fruta como residuales de juguería (*v.gr.*: naranja, toronja, zanahoria), punta de caña (*Saccharum officinarum*) y pasto cubano (*Cenchrus purpureus cv* CT-115), favorece la salud de las cabras, enfoque discutido recientemente por Palma *et al.* (2019), para el fomento de sistemas ganaderos resilientes con la integración de sistemas silvopastoriles, asociados a uso de residuales agrícolas y agroindustriales.

A través de 14 indicadores manejados con la metodología MESMIS, se observa que cuatro tienen un desarrollo limitado y son áreas de oportunidad a cubrir o mejorar, entre ellos se encuentra la producción de leche dado que existe una demanda insatisfecha, la necesidad de incorporar o mejorar las especies forrajeras manejadas, la implementación de obras de conservación de suelo y la equidad de género en la unidad productiva. El resto de los indicadores muestran valores altos, lo que determina que el sistema tenga una alta viabilidad, aunque es conocido que los fenómenos son dinámicos y que pueden estar supeditados a eventos adversos, aunque como lo señala Nahed *et al.* (2014), estos



sistemas tienen un alto valor de adaptación como un atributo esencial en el desarrollo de sistemas agropecuarios resilientes.

La demanda insatisfecha del mercado por el queso de cabra se presenta por la producción total limitada, fenómeno asociado a varios aspectos, entre ellos al número de cabras en el hato, a la estacionalidad productiva de la cabra, con lo cual, existen momentos que combina leche de cabra-vaca. Aunque, debido a la alta variedad de quesos ofertados puede obtener ingresos elevados y seguros.

En cuanto a las especies forrajeras manejadas, el sistema está limitado para crecer en tamaño dada la superficie destinada para la producción mayoritaria de la morera, por lo tanto, aunque el sistema posee un alto uso de residuales agrícolas y agroindustriales, ello puede hacer susceptible el sistema; razón por la cual, se tendría que ponderar la incorporación de más área al sistema para que pudiera poseer forrajes de alta productividad que complementaran al banco de morera y que permitiera un mayor número de cabras en el sistema.

La variable obras de conservación de suelo tuvo un bajo valor en la metodología MESMIS, lo que indica que, a pesar de las actividades realizadas como plantación de arbóreas en curvas de nivel en alta densidad, incorporación de composta, lombricomposta y residuos vegetales procedentes del mercado (80% cáscaras de naranja, 20% hojas de plátano, betabel, entre otros), existe riesgos en el sistema por ser la morera un forraje altamente extractivo. Además de las características del sitio con características naturales de pendiente.

La sustentabilidad implica la inclusión de equidad de género, lo cual, en esta unidad de producción la actividad primaria está cubierta por hombres y algunas mujeres dedicadas al vivero del café y en la comercialización de los productos obtenidos en el sistema, a pesar de ello, este indicador todavía resulta bajo.

El resto de las variables; producción leche/cabra, diversidad de productos ofertados, uso de insumos locales, bajo potencial endogámico por cambio contante de sementales, el amplio uso de ecotecnologías que optimizan los ciclos y flujos de materia y energía hacen eficientes los recursos y generan un sistema bajo en carbono; la capacitación continua, la implementación de “buenas prácticas”, garantizan que la calidad de la leche no se demerite en el proceso de ordeña, cuidando aspectos de higiene personal, almacenamiento del producto y limpieza de las instalaciones, así como de bienestar animal, el tipo de organización influye en la transmisión de conocimientos para incorporación y apropiación en el sistema y en la capacitación a otros productores, asimismo tener control de la cadena productiva permite disminuir las pérdidas e incrementar el margen de utilidad dada la venta local, en restaurantes del estado de Veracruz o de la Ciudad de México, así como en redes sociales, todos ellos son calificados altamente, lo que determina que el sistema se considere sustentable.

Figura 6  
Análisis de sustentabilidad del sistema multifuncional mediante modelo MESMIS

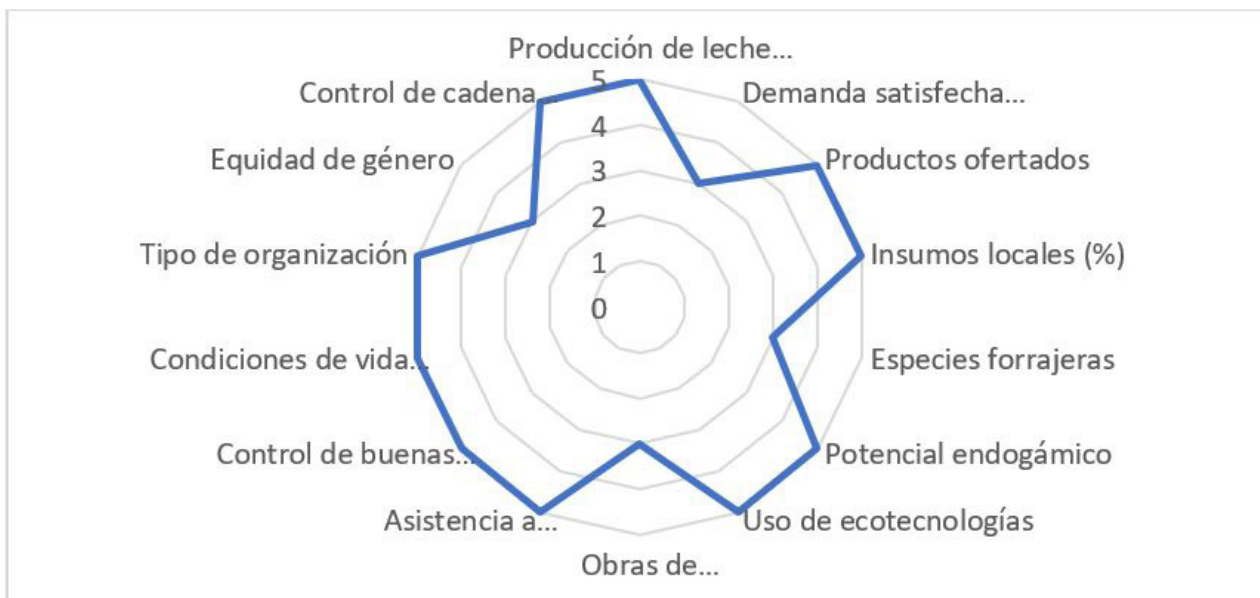


Figura: José Antonio Torres Rivera.

## Cambio de paradigma en la producción de alimentos

La ganadería en México es una actividad económica con fuerte relación social, pues el 80% de los ingresos de las unidades de producción rural se deben a la agricultura y ganadería, con limitado ingreso económico que induce a la pobreza (SAGARPA-FAO 2012). Más del 70% de las unidades de producción rural tienen un ingreso de menos de 2.33 dólares diarios, clasificadas como de subsistencia, ello las obliga a realizar actividades diferentes a las agrícolas, inclusive fuera de la unidad productiva rentando su mano de obra, en donde inclusive se emigra a las ciudades o al extranjero.

El uso apropiado de tecnologías locales, la integración de los recursos, el control del mercado, el valor agregado de diferentes productos de la unidad, la búsqueda de nuevos espacios de oportunidad, la integración social, como algunos de los elementos medulares que se encuentran en la agricultura multifuncional permiten que ésta sea una opción ante la tenencia de espacios pequeños de tierra, por lo tanto, rompe con esquemas preestablecidos de modelos de autoconsumo o comerciales. Se logra la integración con el mercado en un ámbito de reconocer la ruralidad, como un espacio biocultural importante en la vida de un país.

No obstante que algunos analistas consideran que la multifuncionalidad es un mito para los pequeños productores rurales en América Latina (Segrelles, 2007). Esta propiedad es un caso de granja multifuncional, porque cumple cabalmente la función primaria de producir alimentos para la familia y la sociedad, constituye el modo de vida del propietario y sus empleados, además de una serie de funciones distintas, lo cual, como señalan Rivas y Quintero (2014), implica revalorizar el trabajo de los productores que rompen con la agricultura tradicional extractivista, productivista y reduccionista hacia un enfoque eco-

sistémico y cultural que provee los sistemas multifuncionales. Dado que contribuye a la soberanía alimentaria, al multiplicar la producción por hectárea, la leche es pasteurizada por lo que se ofrecen productos inocuos y nutritivos, se tiene una alta densidad de plantas del banco de morera con el uso de residuales agrícolas y agroindustriales que coadyuva a los servicios ambientales del sistema, se generan efectos económicos para la misma granja (por la venta local y extra-regional de productos y servicios) y para otros en la comunidad (generación de empleo y agroturismo). Fenómeno similar a lo estudiado en Europa, en donde experiencias desde hace dos décadas muestran opciones de otra ruralidad, como lo muestra el SEMA (2016), así como el trabajo de Casimiro *et al.* (2017) quienes, desde el enfoque agroecológico de la producción agropecuaria a escala familiar en Cuba, muestran otras oportunidades para el desarrollo de una agricultura familiar resiliente, en donde discute las relaciones existentes en cuanto a soberanía alimentaria, tecnológica y energética, así como la eficiencia económica con la presencia familiar en el trabajo y vivienda en la finca, para la mejora del modo de vida y sus relaciones con otras familias para la capacitación, actualización y preparación constante.

Al ser un modelo exitoso contribuye al desarrollo de capital humano a diferentes niveles: localmente es ejemplo de lo que se puede hacer para la supervivencia de la población rural frente a la crisis de la cafecultura, sobre todo para los jóvenes; logra conjuntar un equipo de productores que ofrecen cursos de capacitación a otros productores interesados en el sistema diseñado, con alcance nacional; más de veinte tesis y servicios sociales de diferentes instituciones se realizaron en la granja, por lo que sin proponérselo también se convirtió en una granja escuela, con un fuerte componente de retorno económico que hace viable el sistema, dado que es contratado como instructor. Además, es un espacio que sirve de vitrina para el fomento de sistemas silvopastoriles, tanto por la capacitación existente (Zepeda *et al.*, 2016), pero con enfoque de campesino a campesino (Casimiro *et al.*, 2017) que realiza el productor y por el modelo *in situ* y la disponibilidad de material vegetativo para su implementación con otros productores, herramientas medulares que favorezcan la adopción de sistemas silvopastoriles (Clavero y Suárez, 2006).

Los términos desarrollados para la multifuncionalidad expresados por Van der Ploeg y Roep (2003), se ven reflejados en el “reagrupamiento”: explicado como el sentido que tiene el uso de los recursos existentes para minimizar costos y generación de ingresos adicionales a la empresa, demostrado con el modelo estudiado. Asimismo, la “profundización” que implica el control de la cadena de producción para lograr valor agregado, se observa en los productos generados como en el queso de cabra, en la generación de un punto de venta local y otros de carácter regional o nacional a los cuales accede el productor, en donde inclusive desarrolla un mercado selecto para cierto tipo de quesos de cabra. Finalmente, la “ampliación” se relaciona con el hecho de, además del valor agregado a los productos que genera, el productor desarrolla nuevos productos o servicios, ejemplo de ello es la venta de material vegetativo o del proceso de capacitación que realiza, producto de las habilidades generadas en su granja.

Ello demuestra la iniciativa del productor y su capacidad de generación de un sistema que se enriquece con la aportación de otros, pero que genera impactos sociales en beneficio de su comunidad, fenómeno estudiado en diferentes casos de Europa (SEMA, 2016) y Cuba (Casimiro *et al.*, 2017).

Este caso de multifuncionalidad productiva, rompe con el paradigma de la clasificación de productores comerciales o de autoconsumo, como los clasifica Trueta (2020), ya que este sistema genera productos de autoconsumo y provee insumos al mercado de alimentos (humanos y animales) y genera fertilizantes orgánicos, pero sobre todo, muestra un modelo económico, social y ambientalmente viable, en un país como México donde la pobreza y la vulnerabilidad son una lacerante realidad social (Esquivel, 2015).

Este caso demuestra la importancia de la ruralidad, estableciendo directrices para un manejo de los recursos sostenibles, a través de modelos agropecuarios que integran los servicios ecosistémicos, con modelos rurales económicamente exitosos y desarrollo social incluyente, semejante a lo señalado por Saravia-Matus y Aguirre (2019), quienes consideran que el medio rural es un espacio de oportunidades para transformar los sistemas de producción de alimentos y energía, medio para la conservación de la biodiversidad, estrategia para combatir el cambio climático y favorable para el manejo sostenible de los recursos.

## Comparación de diferentes modelos productivos en la región

Al comparar las funciones productivas, ambientales y sociales de este sistema de producción multifuncional (SPM), con un rancho agroecológico con bovinos (RA), un rancho silvopastoril regenerativo con bovinos (SR), un rancho preferentemente agroecológico con bovinos (PA) y un rancho convencional con bovinos (RC). Se encontró que la granja “Don Nelo” (SPM), además de los RA y SR producen mayor diversidad de bienes privados (alimentos, materias primas, turismo rural) y de bienes públicos (fomento de la biodiversidad, disminución de los procesos de degradación de suelos, protección de recursos hídricos, fomento de valores paisajísticos, protección de valores culturales del medio rural). Para lograr sus propósitos el SPM implementó el uso de bancos de proteína; el RA el pastoreo rotacional en callejones, cercas vivas y bancos de proteína entre otras tecnologías agroforestales; el SR el pastoreo racional Voisin con cercos vivos, árboles dispersos en potreros y otras tecnologías, en comparación con los ranchos PA y RC que cuentan con árboles, los cuáles son tolerados, pero no fomentados (Fernández-Pereira *et al.*, 2018). Además, desde el punto de buenas prácticas ganaderas, el puntaje obtenido fue SR 90, RA 87, SPM 84, PA 84 y RC 77 puntos respectivamente, es decir que los ranchos con prácticas sustentables destacan en actividades de buen manejo de los animales, en adecuados procesos de capacitación, salud e higiene del personal, en manejo de la alimentación y cuidados de la salud de los animales, y en prácticas de ordeña; pero son deficientes en bioseguridad, por lo cual, este elemento es un factor a mejorar (Márquez-García *et al.*, 2018).

Queda pendiente el desarrollo de una política social que permita que casos exitosos como el presente, puedan desarrollarse no como un caso excepcional, sino como una estrategia de lo local ante el global depredador (Casimiro *et al.*, 2017; CEPAL/FAO/IICA, 2019).

## Perspectivas desde el productor

Desde el enfoque del productor, su planteamiento de futuro es incrementar aún más la diversificación del sistema, un reto es la integración sustentable de las cabras en el cafetal y la incorporación al sistema del cerdo pelón mexicano. Asimismo, estabilizar y mejorar sus

ingresos y disminuir aún más sus gastos en insumos, además de compartir su experiencia y conocimientos con productores de la misma y otras regiones, que deseen implementar el mismo sistema u otros, donde se reflexionen las diferencias ecológicas, económicas, sociales y políticas que intervienen en la implementación de cualquier proyecto productivo de bajo impacto ambiental.

Todo el mérito es de Don Ignacio, que un día decidió hacer las cosas de manera diferente, sin escatimar en invertir y en asesorarse para mejorar lo que a su buen juicio era perfectible para llegar a las metas que se trazó. Un día le preguntaron si había soñado en llegar al punto de tener esta granja que conocemos, él respondió que sí, que no era casualidad, aunque con tropiezos de los cuales obtuvo experiencia para mejorar y continuar con su proyecto. También le preguntaron que, debido al éxito, ¿por qué no crecía en superficie, número de animales y producción para tener más ganancias?, respondió que ese era su punto de equilibrio para ser feliz él y las personas que dependían de la granja, incluidos su familia, trabajadores y clientes.

## Lecciones

- El gobierno y la sociedad deben reconocer la importante labor que los propietarios de este tipo de unidades de producción están haciendo a la soberanía y seguridad alimentaria, al dedicarse a producir con buenas prácticas alimentos sanos para la población local.
- Las externalidades positivas que generan las granjas multifuncionales como bienes de interés público, entre ellas la protección del ambiente y el rescate de valores culturales.
- El reconocimiento y la compensación motivarían a otros productores a seguir el ejemplo de Don Ignacio Cambambia González, propietario de este sistema multifuncional.
- Además de ser una granja ejemplar y reproducible, lo más valioso son los valores del propietario, aspectos a resaltar en época de crisis.

## Conclusiones

La granja “Don Nelo” es una aproximación a la agricultura multifuncional, puesto que en ella se lleva a cabo la diversificación económica en una región abatida por la crisis de mercado de los principales productos, donde el propietario puede obtener rentas complementarias a partir de las posibilidades del entorno, que le permitan superar la pobreza rural, y una producción agropecuaria sostenible, con buenas condiciones sanitarias y respetuosa con el ambiente, que además desempeña diversas funciones con alcance más allá de su espacio.



## Referencias

- Altieri, M. (2009). Agroecología, pequeñas fincas y soberanía alimentaria. *Ecología Política*. 38: 25-35.
- Casimiro, L.; Casimiro, J.A. y Suárez, J. (2017). Resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba. Editorial Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 252 p.
- Campos, A.; Aguilar, G. y Landgrave, R. (2014). Soil organic carbon stocks in Veracruz State (Mexico) estimated using the 1:250,000 soil database of INEGI: biophysical contributions. *J Soils Sediments*. (14): 860-871.
- Castro, E. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*. 1(2): 31-54.
- CEPAL, FAO, IICA. (2019). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020. San José, Costa Rica. 144 p.
- Clavero, T. y Suarez, J. (2006). Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en México. *Pastos y Forrajes*. 29(3): 1-6.
- Dumont, B. y Bernués, A. (2014). Editorial: Agroecology for producing goods and services in sustainable animal farming systems. *Animal*. 8(8): 1201-1203.
- Espinoza-Domínguez, W.; Krishnamurthy, L.; Vázquez-Alarcón, A.; Torres-Rivera, J. A. (2012). Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 18(1): 57-70.
- Esquivel, G. (2015). Desigualdad Extrema en México - Concentración del Poder Económico y Político. OXFAM-México. 41 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (1999). Documento expositivo: El carácter multifuncional de la agricultura y la tierra. FAO. Maastricht, Países Bajos. [http://www.fao.org/mfcal/pdf/ip\\_s.pdf](http://www.fao.org/mfcal/pdf/ip_s.pdf)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2020). Portal terminológico de la FAO. <http://www.fao.org/faoterm/es/?defaultColId=2> (Consultado 30 de abril 2020).
- Fernández-Pereyra, S.L.; López-Sánchez, S.A.; Márquez-García, M.A.; Benítez-Cruz, M.A.; Heredia-Pérez, J.D.; Francisco-Jerónimo, A.; Álvarez-López, F.; Contreras-Medrano, V.; Cipriano-Enríquez, M. y Torres-Rivera, J.A. (2018). La multifuncionalidad de ranchos ganaderos con tecnologías agroforestales en la región montañosa central de Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 22 (Suplemento 1): 63-64.
- Giraldo, O.F. (2015). Agroecología y complejidad. Acoplamiento de la técnica a la organización ecosistémica. *Polis Revista Latinoamericana*. 41 <http://journals.openedition.org/polis/11045>. (Consultado 30 abril 2019).
- Gliessman, S. (2014). La agroecología – un movimiento global para la seguridad y la soberanía alimentaria. En: *Agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición*. Actas del simposio internacional de la FAO 18-19 de septiembre de 2014, Roma, Italia. <http://www.fao.org/3/a-i4729s.pdf> (Consultado 30 de abril 2020).
- Hogares Juveniles Campesinos. (2010). Granja integral autosuficiente. Fundación Hogares Juveniles Campesinos. Colombia. 304 p.
- Márquez-García, M.A.; Francisco-Jerónimo, A.; Contreras-Medrano, V.; Álvarez-López, F.; Cipriano-Enríquez, M.; Benítez-Cruz, M.A.; Heredia-Pérez, J.D.; Fernández-Pereyra, S.L.; López-Sánchez, S.A. y Torres-Rivera, J.A. (2018). Evaluación de buenas prácticas en ranchos con modelo de producción sustentable en el centro de Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 22(Suplemento 1): 51-52.
- Nahed, J.; Palma, J.M. y González, E. (2014). La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(3): 7-34.
- Najera, C. (2010). Distribución edáfica en sistemas silvopastoriles respecto al bosque primario y una pradera convencional en Huatusco, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo. 94 p.
- Palma, J.M.; Zorrilla, J.M. y Nahed, J. (2019). Incorporation of tree species with agricultural and agroindustrial waste in the generation of resilient livestock systems. *Cuban Journal of agricultural Science*. 53(1): 73-90.
- Rivas, A. y Quintero, H. (2014). Reappraising the multiple functions of traditional agriculture within the context of building rural development investigative skills. *Agronomía Colombiana*. 32(1): 130-137.



- Saravia-Matus, S. y Aguirre, P. (2019). Lo rural y el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. No. 3. Santiago de Chile, Chile. FAO. 29 p.
- SAGARPA-FAO. 2012. Agricultura familiar con potencial productivo en México. México, CDMX. 534 p.
- Segrelles, J.A. (2007). El mito de la multifuncionalidad rural en América Latina. *Actas Latinoamericanas de Varsovia*. 29: 159-177.
- SEMA (Sustainable Entrepreneurship based on Multifunctional Agriculture). (2016). Experiencias de agricultura multifuncional en Europa. [http://www.sema-project.eu/sites/default/files/CS\\_Spain/SEMA\\_CS\\_synthesis\\_DEFOIN-ES.pdf](http://www.sema-project.eu/sites/default/files/CS_Spain/SEMA_CS_synthesis_DEFOIN-ES.pdf) (Consultado 18 de abril 2020).
- Trueta, R. (2020). Agricultura multifuncional desde la perspectiva económica. *Entorno Pecuario*, 23 enero 2020. <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/agricultura-multifuncional-desde-la-perspectiva-economica/#> (Consultado 19 abril 2020).
- Torres y Arellano. (Sin Publicar). Contenido de materia orgánica (MO) y carbono (C) en diferentes sistemas de producción agropecuaria en Coatepec, Veracruz, México.
- Torres, J.A. (2018). Granja “Don Nelo”, aproximación a la ganadería multifuncional en tierra de cafetales. Estudio de caso en Coatepec, Veracruz. VI Congreso Internacional y XX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. 24 al 27 abril de 2018. Pp. 123-124. <https://web.chapingo.mx/agronomico/wp/content/uploads/2019/pdf/memoriaCINCA2018.pdf> (Consultado 18 abril 2020).
- Van der Ploeg, J.D. y Roep, D. (2003). Multifunctionality and rural development: the actual situation in Europe. In: G. van Huylbroeck and G. Durand (2003), *Multifunctional Agriculture; A new paradigm for European Agriculture and Rural Development*. Ashgate, Hampshire, England. Capítulo 3. Pp. 37-53.
- Zavala, Y., Rodríguez, J. C. y Cerrato, M. (2007). Concentración de carbono y nitrógeno a seis frecuencias de poda en *Tithonia diversifolia* y *Morus alba*. *Tierra Tropical*. 3(2): 221-232.
- Zepeda, R.M.; Velasco, M.A.; Nahed, J.; Hernández, A. y Martínez, J.J. (2016). Adopción de sistemas silvopastoriles y contexto sociocultural de los productores: apoyos y limitantes. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias*. 7(4): 471-488.

# Diferenciación de mieles por origen fitogeográfico y atributos nutricionales y funcionales a escala familiar

Pablo Cracco<sup>1\*</sup>

Arnaldo Moreni<sup>2</sup>

María Cristina Cabrera<sup>3</sup>

## Introducción

Uruguay es un país pequeño (175 016 km<sup>2</sup>), su altura máxima apenas supera los 500 m, y no hay más de 500 km entre sus extremos sur y norte. Sin embargo, es una zona de transición entre la geología y vegetación brasileña (provincia Paranaense) y la geología y vegetación argentina (provincia Pampeana), transición que más estudiada toma nombre propio como provincia uruguayense. Esto genera dentro de Uruguay áreas fitogeográficas (figura 1) con diversos paisajes propios (Evia y Gudynas, 2000). En estas áreas se pueden obtener mieles con diferentes atributos nutricionales y funcionales. Este capítulo revisará los aspectos productivos, los mercados de exportación, los nuevos conocimientos generados por la investigación en mieles del Uruguay, y discutirá nuevas estrategias para el sector apícola; con el objetivo de brindar a los productores apícolas nuevas estrategias de diferenciación de mieles basadas en los conocimientos adquiridos. Lo anterior permite comenzar un camino de valorización de las mieles en Uruguay abandonando el concepto de “un país, una miel”, que lleve a una exportación diferenciada con valor agregado, determinando parámetros fisicoquímicos de fácil medición, que relacionen diferentes grupos de mieles, de acuerdo con el origen botánico y geográfico.

## Situación de la apicultura en Uruguay

Actualmente existen alrededor de 2 500 apicultores (familiares y empresariales) que poseen alrededor de 500 000 colonias. Aunque la mayor concentración de colonias se encuentra en los departamentos del litoral oeste, es una actividad presente en los 19 departamentos. La producción anual de miel es de 10 000 toneladas, siendo el 95% exportada sin diferenciar. El sector apícola enfrenta continuos desafíos, entre otros, el aumento de las áreas dedicadas a los monocultivos, el incremento del uso de pesticidas (Antunez, 2014), la trashumancia obligada como respuesta a lo anterior y la exigencia de los mercados in-

1 Departamento de Producción Animal & Pasturas, Laboratorio Nutrición & Calidad de Productos, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

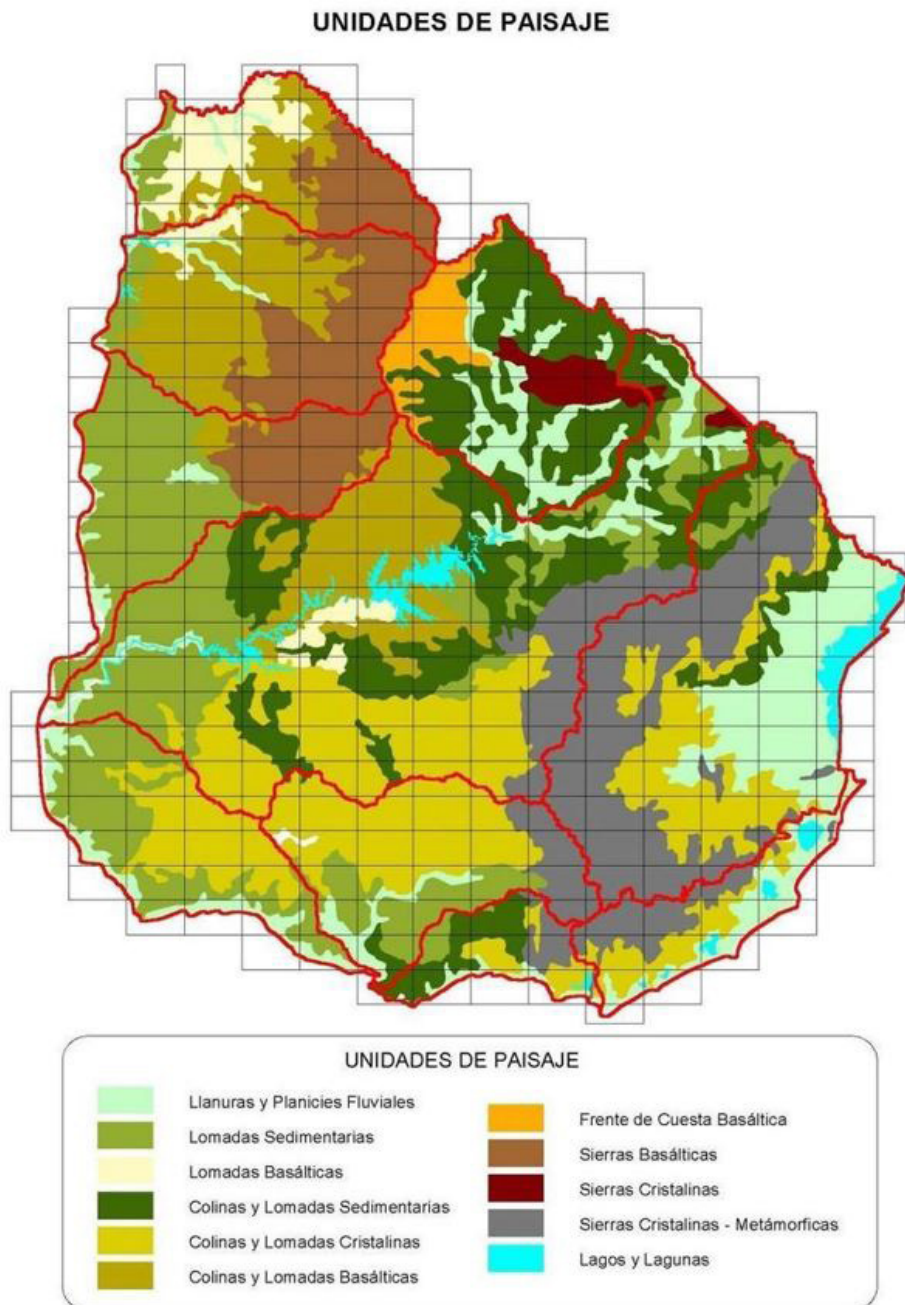
2 Departamento de Producción Animal & Pasturas, Laboratorio Nutrición & Calidad de Productos, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

3 Departamento de Producción Animal & Pasturas, Laboratorio Nutrición & Calidad de Productos, Facultad de Agronomía; sección Fisiología y Nutrición, Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

\* Autor de correspondencia: pcracco@fagro.edu.uy

ternacionales que demandan alta calidad e inocuidad. A nivel mundial, las tendencias actuales de los mercados exigen la obtención de productos alimenticios inocuos, genuinos y que preserven el medio ambiente. Los gustos y preferencias de los consumidores están orientados hacia productos naturales y sanos que sean benéficos para la salud. Estos desafíos originan nuevos escenarios de amenazas, pero también oportunidades para los apicultores locales.

Figura 1  
Unidades de paisaje del Uruguay



Achkar *et al.* 2016.





## Comercio mundial y regional

Al igual que en otros productos pecuarios, el mercado mundial de miel de *Apis mellifera* muestra una importante concentración, tanto a nivel de oferentes como de demandantes, esto hace que su producción tenga un crecimiento sostenido y consistente. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a nivel mundial; China, Argentina, Turquía, Estados Unidos y Ucrania son los mayores productores de miel, el principal continente productor es Asia (FAO, 2018).

El comercio internacional de “Miel Natural” alcanzó en 2016 un volumen total de exportación de 659 mil toneladas por un valor de 2 000 millones de dólares. Los principales países exportadores, de acuerdo al volumen exportado, son: China con un 19% de las toneladas mundiales, seguido de Argentina (12%), Ucrania (8%), Vietnam (6%) e India (5%). A nivel de valor exportado los principales exportadores son China (13%), Nueva Zelanda (10%), Argentina (8%), Alemania (7%) y España (5%) (MGAP CHDA, 2018).

Del análisis de los precios promedio de exportación cabe destacar el caso excepcional de Nueva Zelanda que alcanza un valor promedio de 21 414 dólares/t exportada para su miel de Manuka (*Leptospermum scoparium*). Destacan también Reino Unido con un precio por encima de los 8 000 USD/t, Arabia Saudita y Australia 7 000 USD/t, y Francia, Alemania, Austria, Portugal y Dinamarca con precios superiores a los 5 000 USD/t (MGAP CHDA, 2018).

Por su parte, los principales países importadores de miel en 2016 fueron E.E.U.U. con un 25% del volumen mundial importado, seguido de Alemania, Japón, Francia y Reino Unido. Por lo anterior, se observa que hay países que figuran tanto en el ranking de principales exportadores como en el de importadores, siendo Alemania el caso más relevante. Es decir, son países que no sólo exportan su propia miel, sino que también importan, agregan valor y luego reexportan (MGAP CHDA, 2018).

A nivel regional, sobresale Argentina con un 8% de las exportaciones mundiales en valor, seguido por Brasil con un 4%, ambos se encuentran entre los 10 principales exportadores mundiales de miel (tanto en valor como en volumen). Por su parte, Uruguay y Chile en 2016 estaban dentro del top 25 en valor exportado (MGAP CHDA, 2018).

En los países de América Latina, está presente la abeja europea, *Apis mellifera*, y en ellos se produce miel en el sentido más estricto de su definición. Sin embargo, no es el continente consumidor por excelencia. América exporta su producción de miel siendo el sustento de la mayoría de los pequeños a grandes productores. Los apicultores familiares se encuentran sujetos a los precios y economías de escala. Pequeñas variantes en la ecuación económica determinan su posibilidad de continuar o no en el sector, ya que su producción ingresa sin diferenciación al torrente mundial de miel. Es aquí donde se genera una nueva problemática, ya que su producción debe competir con mieles que se encuentran diferenciadas por origen botánico, geográfico o mieles estudiadas nutricionalmente, como por ejemplo la miel de Manuka (*Leptospermum scoparium*) o la miel de *Ziziphus spina-christi*, por sus propiedades medicinales con capacidad antioxidante. Es difícil mantenerse en la carrera y poder competir con esta forma de producción si no se toman en cuenta criterios bien definidos de diferenciación por origen (botánico y geográfico).

Un primer paso es plantear ciertas interrogantes que lleva a los investigadores a continuar en la búsqueda de posibles soluciones a los problemas antes mencionados.

La primera pregunta que surge es ¿No será que en América también se tienen mieles de “excepción” que pueden destacarse o posicionarse entre las mejores mieles del mundo? Frente a esta interrogante se menciona como ejemplo los mielatos de *Mimosa scabrella* en Brasil y se genera la siguiente pregunta ¿Es posible que, en la vastedad de un continente con países con diversidad florística, desde los más grandes (Brasil) a los más chicos (Costa Rica), no se encuentren mieles diferentes? Si se deja responder al corazón, la respuesta es que sí, es posible, pero se debe responder con argumentos basados en la investigación y el estudio caso a caso.

Antes de realizar una propuesta con nuevas técnicas y nuevas metodologías para la obtención de mieles diferenciadas, se debería considerar si las normas europeas son aplicables en todo el mundo. Por ejemplo, las normas europeas establecen un límite de conductividad de 0.8 mS/cm para diferenciar mieles de mielatos. ¿Es aplicable ese límite para todas las mieles? Resultados obtenidos en mieles florales de Argentina (Fechner *et al.*, 2016) y Uruguay (Cracco, 2019) muestran valores superiores de conductividad. Lo mismo sucede al diferenciar mieles monoflorales y multiflorales. En América es posible obtener mieles florales de especies no encontradas en Europa y en tal sentido se debería definir qué porcentaje mínimo de polen deberían tener para considerarlas mono o multiflorales. O, dicho de otro modo, definir qué pólenes están sobrerrepresentados y cuales subrepresentados. ¿Tienen esas mieles características únicas que les da la originalidad floral de su composición?

Los terroir de vinos de Uruguay compiten en el mundo por su calidad dada las ventajas comparativas; tipos de suelos, el clima y el manejo de la gente en la elaboración de vinos premiados con una especie vegetal y con levaduras del viejo continente. ¿Por qué la miel sería una excepción?

Para responder esta interrogante hay que basarse en la definición del Codex Alimentarius (2001) donde define a la miel como

[...] sustancia dulce y natural producida por las abejas a partir del néctar de las plantas o de secreciones de partes vivas de las plantas o de excreciones de insectos chupadores de las partes vivas de las plantas, que las abejas recogen, transforman combinándola con sustancias propias específicas, deshidratan, almacenan y depositan en el panal para su maduración.

Frente a esta definición, lo que quizás se debiera cuestionar es lo que se obtiene del tan promocionado e ingenioso invento australiano de cosecha diaria y manual de miel almacenada en panales artificiales de plástico. Lo que no se puede cuestionar es que Uruguay podría producir mieles únicas y de excelente calidad y generar el concepto de “terroir de mieles”, sin necesidad de exportar todo a granel.

## Estudios recientes sobre regionalización de miel

Resultados obtenidos por el grupo de investigadores del Dpto. de Producción Animal y Pasturas de la Facultad de Agronomía, que estudiaron mieles de cuatro regiones del Uruguay, indicaron que es posible diferenciar las mieles según su origen y época de producción. Se obtuvieron mieles con altos contenidos de sodio, iodo, cobre y manganeso en el sur; calcio y molibdeno en el este y zinc en el norte. El contenido mineral y el color (figu-



ra 3) tienen una correlación positiva. Respecto al perfil de azúcares se encontró que este parámetro se relaciona a los diferentes orígenes botánicos (manosa asociado a *Echium plantagineum* y galactosa asociada a una especie de *Eucalyptus* sp.).

Figura 3

Muestras de miel de cuatro regiones fitogeográficas del Uruguay obtenidas en un año. región este (AyB), región sur (CyD), región norte (EyF) y región oeste (G)

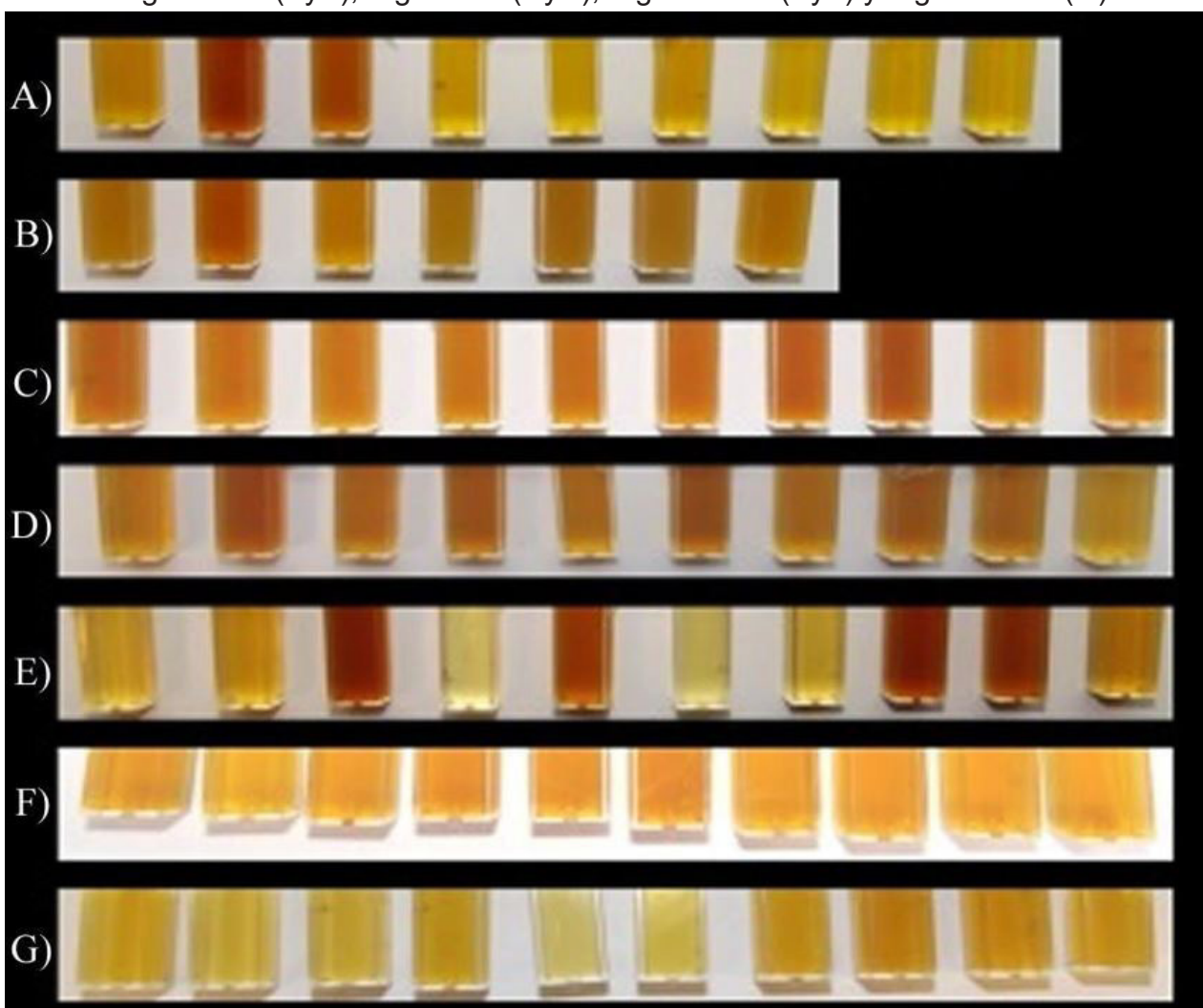


Foto: Cracco, 2019.

Si bien la mayoría de las mieles analizadas eran de origen multifloral y monofloral (según el criterio de polen principal mayor a 45%), también se obtuvieron mieles con porcentajes de pólenes mayores a 60% entre dos especies (*Baccharis articulata* y *Triphodanthus acutifolius*), siendo el 40% restante pólenes minoritarios (Cracco, 2019; Moreni, 2019). Estas mieles que no integran las categorías mencionadas anteriormente, podrían pertenecer a una tercera categoría denominada, mieles biflorales. Dentro del grupo de las monoflorales aparecen especies nativas no reportadas anteriormente (*Lithraea brasiliensis*, *Parkinsonia aculeata*, *Triphodanthus acutifolius*, *Myrcianthes* sp.). ¿Será que las mieles

cuyo origen botánico son myrtaceas presentes en Uruguay, podrían tener las propiedades antioxidantes que tienen las mieles de *L. scoparium*?

Para responder la interrogante planteada, se cuantificó el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de las mieles estudiadas. Las mieles de la región sur en la temporada primavera-verano, presentaron mayores valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante, lo cual podría estar asociado positivamente a la mayor presencia de elementos traza.

De acuerdo a lo anterior en Uruguay es posible diferenciar mieles, de acuerdo a las especies florales presente en la región y los tipos de suelo.

## Nuevas estrategias para el sector

Las estrategias científico-tecnológicas en estos nuevos escenarios se basarían en la correcta identificación de las mieles en el espacio y el tiempo (región-estación).

Se plantea obtener mieles de áreas protegidas en diferentes épocas y a lo largo de varios años tomando en cuenta la irregularidad anual de nuestro clima y de cómo afecta a la vegetación y a la propia colonia de abejas. Al no tener regularidad climática, se necesitarán repeticiones en el tiempo. Es probable que en ese tiempo se obtengan un pool de mieles diferenciadas (años diferentes con mieles diferentes), dando de esta manera el valor que ellas merecen. Existe la posibilidad de tener mieles anuales, independientes del clima (que se repiten año a año de floraciones constantes), pero también la posibilidad de obtener mieles de algunos años sí y otros no (mieles de floraciones muy dependientes del efecto año). Se podrían obtener mieles de años secos o lluviosos, cálidos o fríos, así como ocurre con los vinos.

Se deberán caracterizar nutricionalmente (propiedades benéficas para la salud) relacionando variables de calidad (poder antioxidante, azúcares, microminerales) con parámetros (color, pH, conductividad) de práctica medición, rápida, barata y fácilmente adoptable por los apicultores. Necesariamente se debe acompañar a los apicultores en el conocimiento de la botánica de sus regiones, de su comportamiento y de su potencial melífero. Son ellos los mejores conocedores de sus regiones. Se sugiere un manejo racional, con alimentación o incentivos en el momento adecuado, que contemple el ciclo anual de las colonias para llegar a la floración objetivo.

Muchos apicultores realizan trashumancia, llevando sus colmenas a áreas protegidas a pasar el invierno (promoviendo el desarrollo de las colonias), para luego ir a la forestación de *Eucalyptus* sp. o las praderas cultivadas. Mieles de esos orígenes florales se encuentran en todo el mundo. Con esta propuesta se intenta cambiar el paradigma y la lógica productiva: las áreas protegidas (reservas o parques nacionales) ya no serían de tránsito sino el centro de producción.

Los nuevos desafíos pasan además por respetar la diversidad de los ambientes en cuanto a su vegetación. En Uruguay no se tiene los cultivos de colza europeos o los campos con floraciones tempranas de *Taraxacum officinalis*, por tal motivo las abejas (europeas, criollas y africanas) que existen en nuestro país, podrán elegir con qué tipo de floración trabajar considerando además que cada colmena funciona como único individuo.

Para poder llevar adelante estas nuevas estrategias, habrá que ser capaces de responder las siguientes preguntas: ¿vale la pena separar por mieles diferentes?, ¿cuántas

categorías? ¿de qué modo? ¿qué medimos en esas mieles? Para responder estas preguntas se debe considerar establecer nuevos criterios en los parámetros a medir y en la forma de trabajo. Ya no sería la humedad una variable de importancia. Cuando la abeja cierra sus panales dando por madura la miel y el apicultor la cosecha, esa miel será buena sin importar su humedad. No primará el afán de cosechar más, sino mejor, y no se llevará la miel a secaderos para apurarla comercialmente. Hay países donde la abeja no puede quitar más humedad a la miel por razones climáticas y eso no significa que no sea miel. Si es una miel buena, tan buena para que la abeja la opercule, también será buena para el consumidor. Un pH más bajo o un contenido enzimático mayor, compensa lo que pueda tener más de humedad.

Es por ello, que el color se impone como uno de los criterios de identificación. Es una metodología sencilla y no es necesario disponer de un colorímetro para utilizar el método CIEL\*a\*b\*. Se puede utilizar la escala Pfund, o una carta de colores (figura 3).

Otro criterio a utilizar para separar mieles podría ser la correlación entre claridad ( $L^*$ ) o conductividad eléctrica con el contenido mineral. Esta metodología se basa en extraer una muestra de miel de cada colmena y determinar conductividad de forma simple y económica; y el proceso está bien detallado y recomendado por la comisión internacional de la miel (IHC).

Las variables anteriormente mencionadas priman respecto a otras que son más caras y complejas. Con volúmenes pequeños de producción de miel no se puede apelar continuamente a la utilización de un espectrofotómetro o un cromatógrafo (costos elevados) ni tampoco a la palinología. La generación de una palinoteca insume tiempo y se debe contar con especialistas en el tema y no siempre se llega a identificar el género o la especie botánica.

Se debe seguir en la prospección de lugares con características únicas que pueden dar origen a mieles diferentes con características nutricionales que le agregan valor. A la vez, es importante la relación y el trabajo en forma interdisciplinaria entre los diferentes actores de las ciencias apícolas, los apicultores, la cadena exportadora y el apoyo gubernamental para que la propuesta de diferenciación de mieles sea la herramienta que favorezca económicamente a los apicultores y al ambiente en donde desarrollan su actividad.

## Conclusiones

Se demostró que Uruguay tiene potencial para producir mieles diferentes y caracterizadas de acuerdo con cada región y estación del año, debido a la existencia de regiones con poca o nula intervención humana, con diferencias en la composición del suelo y la vegetación. Se encontraron mieles monoflorales de especies nativas no reportadas anteriormente, y mieles que se podrían catalogar como biflorales. La caracterización de mieles a través de parámetros fisicoquímicos de práctica medición, como la conductividad, pH y color, facilita al apicultor la diferenciación de sus mieles desde sus apiarios o salas de acopio.

## Referencias

- Achkar, M.; Diaz, I.; Domínguez, A. y Pesce, F. (2016). Uruguay, Naturaleza Sociedad Economía. Una visión desde la Geografía. Ed. Banda Oriental. Montevideo. Uruguay. 376 p.
- Antúnez, K. (2014). Apicultura en Uruguay: Producción y Desafíos. Av. en V Congreso Uruguayo de Producción Animal, Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 23 (5): 33-34.
- Codex alimentarius - FAO (2001). Draft revised standard for honey (at step 10 of the Codex procedure). Alinorm 01/25. Pp. 18-23.
- Cracco, P. (2019). *Componentes nutricionales y caracterización físico-química de mieles de cuatro regiones fitogeográficas del Uruguay*. Tesis de maestría. FAgro, Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- Evia, G. y Gudynas, E. (2000). Ecología del paisaje. Aportes para la conservación de la diversidad biológica. DINAMA y Junta de Andalucía Ed. Sevilla, España. 173 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). *Base de datos estadísticos en relación con la alimentación y agricultura (FAOSTAT)*. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QL/S> (Consultada 18 febrero 2020).
- Fechner, D.C.; Moresi, A.L.; Ruiz, J.D.; Pellerano, R.G. y Vázquez, F.A. (2016). Multivariate classification of honeys from Corrientes (Argentina), according to geographical origin based on physicochemical properties. *Food Bioscience*. 5: 49-54.
- MGAP-CHDA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - Comisión Honoraria de Desarrollo Apícola). (2018). *Informe Comisión Honoraria Desarrollo Apícola (CHDA) Sobre la Presente Zafra Apícola*. [http://www.mgap.gub.uy/busqueda/mgap/CHDA\\_](http://www.mgap.gub.uy/busqueda/mgap/CHDA_) (Consultada 20 julio 2018).
- Moreni, A. (2019). *Contenido de micronutrientes y capacidad antioxidante en mieles de 4 regiones fitogeográficas del Uruguay*. Tesis de maestría. FAgro, Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- MVOTMA (Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente). (2000). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas*. <http://mvotma.gub.uy/decretos-ministerio/item/10010063-decreto-52-005?highlight=WyJkZWVjcmV0byA1MiJd> (Consultada 20 julio 2018).



# Tracción animal: alternativa para la agricultura familiar amazónica

Ricardo Gomes de Araújo Pereira<sup>1\*</sup>

## Introducción

La tracción animal es una técnica milenaria y continúa presentándose como una de las pocas alternativas que tiene la propiedad familiar para resolver problemas relacionados con la producción y productividad de los cultivos que conforman los diversos sistemas agrícolas.

La introducción de la agricultura “moderna”, a partir de la década de 1970 dejó la impresión de que la mecanización accionada por animales sería reemplazada por mecanización motorizada. Esta situación contribuyó al aumento del flujo migratorio de productores sin tierra de todas las regiones de Brasil hacia el Amazonas. El cambio en el hábito, junto con la falta de fondos para financiar la agricultura familiar, hizo que estos agricultores retrocedieran y volvieran a usar la azada. Estos factores interfirieron aún más con el éxodo rural y la concentración de ingresos.

La estructura de la tierra amazónica se basa en asentamientos de colonos en proyectos de tierras en áreas donadas por el Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria (INCRA), estas áreas varían de 25 a 100 hectáreas y esta división se observa cuando el 62.7% de las propiedades en Rondônia tienen un área de menos de 100 hectáreas, perteneciente a agricultores familiares que son responsables de casi toda la producción (75%) de frijoles, maíz, yuca, arroz, café, cacao, caucho, frutas regionales, aves, cerdos, ganado lechero, ovino, caprino y hortalizas. Este agricultor es responsable de casi toda la producción para su propio consumo, vendiendo sólo el excedente al mercado.

En la Amazonía brasileña, los suelos son de fertilidad media a baja, donde el productor practica una agricultura itinerante (agricultura de tala y quema). Esta actividad después de dos o tres años de caída de la producción obliga a los productores a abrir nuevas áreas y esto provoca grandes áreas de limpieza anual que se queman automáticamente y comprometen aún más el suelo. García-Tomillo *et al.* (2017), observaron que la densidad aparente y los cambios en la conductividad hidráulica saturada, asociados con las operaciones agrícolas, indicaban claramente un menor impacto en el suelo cuando se realizan con tracción animal en comparación con las realizadas con tracción motorizada.

En la agricultura itinerante, es común utilizar la deforestación y la quema practicada por los agricultores familiares que dependen de los factores climáticos, lo que hace que tengan una baja productividad de los cultivos. Esto llevo a los productores a abandonar los lotes, con la generación de pérdidas financieras y ecológicas.

El sistema utilizado por el agricultor en la agricultura familiar en la Amazonía es diverso, donde se plantan cultivos anuales y perennes. El área cultivada de la propiedad es variada dependiendo del número de días/hombres en la familia, en proyectos de asenta-

<sup>1</sup> Zootecnista/EMBRAPA-Rondônia, Brasil.

\* Autor de correspondencia: ricardo.pereira@embrapa.br



miento con áreas de 100 ha y un promedio de 15 ha consideradas como cultivos anuales, perennes y de pasto. Según la ley, sólo se permite la limpieza de hasta el 20% del área de cada lote, el 80% restante queda como reserva.

El presente capítulo tiene por objetivo mostrar los resultados de la tracción animal en la agricultura familiar amazónica.

## Agricultura familiar en Brasil

La agricultura familiar es un problema social y el problema social en el campo es una prioridad, esto llega a ser unánime, pero la determinación de alternativas para resolver el problema de las brechas en la propiedad rural es un compromiso de quienes dependen directa o indirectamente de ella. El aumento de la productividad en la agricultura familiar garantiza la oferta de trabajo y la retención de los agricultores en el campo. Según Baiardi y Alencar (2014), la producción familiar en agricultura representa el 82.20% del número de establecimientos, el 57.90% del área de estos establecimientos y el 46.65% del valor generado en ellos. Estas cifras muestran la importancia de la agricultura familiar en la agricultura brasileña. Según el censo agrícola, la agricultura familiar es la base de la economía del 90% de los municipios brasileños con hasta 20 mil habitantes. Brasil tiene alrededor de 4.3 millones de establecimientos rurales que utilizan tierras para la agricultura familiar, ocupa un área total de aproximadamente 80 millones de hectáreas. Este segmento produce 87% de yuca, 70% de frijoles, 46% de maíz, 38% de café, 34% de arroz y 21% de trigo de Brasil. En el ganado, representa el 60% de la leche, el 59% de los cerdos, el 50% de las aves de corral y el 30% del ganado (Cámara Federal, 2019).

## Tracción animal en la agricultura familiar amazónica

Para resolver problemas como el cambio de agricultura, la tala y la quema en la agricultura y la lucha contra la tala de bosques amazónicos y, en consecuencia, la quema, se propone la tracción animal como una alternativa viable. El uso de la tracción animal en la agricultura familiar puede interferir con este ciclo donde el daño social es incalculable. La tracción animal aumenta la capacidad de usar mano de obra en pequeñas granjas, hace un mejor uso de las áreas de bosque primario, aumenta el área cultivada, disminuye los costos y aumenta la productividad (Pereira, 2004).

Los resultados de la investigación con tracción animal en el Amazonas son presentados como una alternativa tecnológica altamente viable, ya que reduce la escasez de mano de obra en la propiedad, aumenta el área mecanizada de dos a diez hectáreas y reduce la deforestación y la quema automática (Zantsi y Bester, 2019). Sumado a estos resultados, aumenta el uso de insumos modernos, aumenta la productividad y los ingresos en la propiedad (Pereira *et al.*, 2004b).

El potencial de la tracción animal es una energía agrícola sostenible que puede reducir en gran medida los enormes problemas que enfrentan los agricultores rurales. La mayoría de los pequeños agricultores no pueden pagar tractores, por lo que los animales pueden proporcionar energía y reducir el desgaste en el trabajo de preparación de la tierra (Abubakar y Ahmad, 2010).

De acuerdo con Harrigan *et al.* (2016), los bajos ingresos agrícolas y el alto costo de las unidades de energía moderna pocos agricultores pueden usar tractores, por ello, la tracción animal es la tecnología más apropiada para la mayoría de los agricultores en Burkina Faso.

Un análisis de la potencia del motor versus la potencia animal, no es simplemente una cuestión económica al evaluar las tecnologías apropiadas (Almeida *et al.*, 2017). Las máquinas se deprecian en valor a medida que envejecen, mientras que los bueyes aprecian a medida que crecen para que los granjeros puedan venderlos por más de lo que significó su compra y agregan valor a los animales jóvenes en la capacitación que reciben.

Los sistemas de cultivo basados en el ganado pueden mejorar la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos al intercambiar nutrientes para la producción de estiércol. En este sentido trabajaron con búfalos para la tracción animal en la Amazonía brasileña, observaron una producción promedio de 25 t de estiércol fresco producidas durante un año. Este fertilizante producido cuando se usa en cultivos perennes como el café y la fruta, aumenta la productividad hasta en un 40% con 10 t/ha.

El costo de las máquinas modernas es una barrera para los agricultores familiares, por ello, el ganado es una opción dada su disponibilidad, abundancia, fácil de reproducir y reemplazado con poca inversión de capital (Belal *et al.*, 2015). Por el contrario, el equipo agrícola moderno requiere costos significativos de reparación y mantenimiento, la dependencia de la energía mecanizada aumenta el riesgo porque las comunidades agrícolas carecen de las habilidades y la infraestructura de apoyo para reparar rápidamente las fallas y garantizar operaciones de campo oportunas. Los bueyes están fácilmente disponibles y pueden reemplazarse fácilmente si tienen alguna limitante (Bello *et al.*, 2012).

Según Rego y Kato (2017), sugirieron nuevas formas de producción, como el corte y triturado de áreas degradadas y sistemas agroforestales. En la Amazonía, los productores que practican la agricultura familiar están justificados por la falta de mano de obra, para no adherirse al uso de sistemas agroforestales (SAF). Los técnicos e investigadores citan la dificultad de implementar estos sistemas principalmente en propiedades que utilizan mano de obra familiar. Estas propiedades practican una agricultura diversa con cultivos anuales; (maíz, arroz, yuca) entre otros; cultivos perennes (café, fruta de cacao) con tareas diarias. El desarrollo económico debe estar asociado a la preservación ambiental y que las áreas degradadas deben ser recuperadas por personas, empresas o autoridades, porque son responsables y porque no planificaron y ejecutaron el proceso de manera eficiente, ya sea productiva, por extracción de minerales o mantenimiento de la vida (Kohlrausch y Jung, 2015). La fuerza de tracción animal es especialmente importante para que los pequeños agricultores logren la seguridad alimentaria. La energía animal puede resolver este grave problema porque existe una correlación positiva entre la seguridad alimentaria rural y la tracción animal, como lo señaló (Manzana, 2014).

## Descripción de proyectos y programas en tracción animal

Los resultados de esta investigación provienen de varios proyectos y de un programa de tracción animal implementado en varios municipios en el estado de Rondônia, ubicado en la Amazonía occidental. Según la clasificación de Köppen, el estado de Rondônia tiene un clima lluvioso tropical, tipo Aw, clima lluvioso tropical que se caracteriza por la precipita-

ción anual total y la sequía moderada. El estado tiene un área de 237 765 233 km<sup>2</sup> y una población de 1 757 589 personas, distribuidas en 52 municipios. El clima de Rondônia se caracteriza por presentar una homogeneidad espacial y estacional de la temperatura media del aire. Bajo la influencia del clima lluvioso tropical, la precipitación anual se ubica entre 1 400 y 2 600 mm por año y más del 90% de esto ocurre en la temporada de lluvias. La temperatura media anual del aire es de alrededor de 24 °C a 26 °C, con una temperatura máxima entre 30 °C y 35 °C, y una mínima de entre 16 °C y 24 °C. El promedio anual de humedad relativa oscila entre 80% y 90% en verano, y alrededor del 75% en otoño e invierno. La temporada de lluvias ocurre de octubre a abril, y el período más seco en junio, julio y agosto. La insolación es de aproximadamente 1 770 hr y la evaporación es superior a 750 mm.

El trabajo se llevó a cabo con la participación de cuarenta y ocho productores y la implementación de tres núcleos de tracción animal en propiedades familiares ubicadas en los municipios de Nova União, Teixeiraópolis y Nova Mamoré. Todos los productores involucrados recibieron inicialmente un curso sobre tracción animal y cría de animales en el Centro de Capacitación y Difusión de Tracción Animal, ubicado en el municipio de Presidente Médice.

Al principio se utilizaron bovinos, búfalos y caballos de entre dos y cuatro años, de acuerdo con la disponibilidad local, los búfalos debido a su mayor disponibilidad en la región y principalmente por su capacidad de adaptarse a la región cálida y húmeda, la capacidad de tracción y la docilidad se utilizaron más en algunas regiones, pero en general la especie más utilizada fue la bovina. Fueron considerados los datos sobre las propiedades recopiladas entre dos a seis años, que fue el período de evaluación de datos y el tiempo mínimo para evaluar el efecto del beneficio tecnológico en la propiedad en su conjunto. En cada núcleo, el productor recibió un conjunto de accesorios de tracción animal y un conjunto de animales semi-entrenados a través de un contrato de préstamo.

Al aprovechar el área de la capoeira o campo, el productor hizo uso de la madera de valor comercial que se apiló en la sede de la propiedad y luego se vendió o usó. La práctica de arrastre de madera se realiza con la domesticación y el entrenamiento de animales, se trabajan diariamente utilizando cuerdas que dan nociones de dirección para caminar en línea y responder a las órdenes del instructor. Los animales sacaron troncos de madera que pesaban como máximo el doble de su peso vivo.

En este trabajo se utilizaron diferentes arneses, como el snifter de cuero, el yugo de madera individual y una articulación animal, correa y collar de cuero. Se realizó la preparación del suelo como arado, desgarrado, cultivo, cosecha y transporte de producción. En la propiedad ubicada en el municipio de Nova União se utilizó una asociación de café/cultivos anuales, y en los municipios de Teixeiraópolis y Nova Mamoré se utilizó café/árbol de caucho/consorcio de cultivos anuales.

El programa coordinado por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) tiene como socios a Empresa de Asistencia Técnica e Extensão Rural de Rondônia (EMATER-RO) y la Secretaría do Estado da Agricultura (SEAGRI-RO), el Centro Cooperativo y Asociaciones de Productores distribuidos en varios municipios. La elección de productores y propiedades se deja a los técnicos de EMATER. En cada núcleo, el productor había recibido un conjunto de accesorios de tracción (arado de vertedera simple y

reversible, sembradora y fertilizadora, segadora 300, 600 y 1 500 pulidoras y distribuidor de piedra caliza y una junta de animales semi-entrenados bajo un contrato de préstamo.

Entre los arneses se utilizarán arrastre de cuello de cuero, pareos de madera individuales y para una articulación animal, correa y collar de cuero. Después de que se realiza el cultivo, la preparación del suelo en sí misma es arar, desgarrar, cultivar, cosechar y transportar la producción.

En la elección de los animales se toman en cuenta las especies y la raza, así como las condiciones del suelo y el clima de la región. Otro factor importante es la preferencia del productor por ciertos animales. Después del curso, todos los animales se colocan en un corral para que los productores elijan el animal o la articulación para trabajar. Los animales elegidos deben tener un temperamento dócil, edad alrededor de dos años, constitución ósea sólida, bien formada, línea dorsal lumbar sin curvatura, buena parte superior del cuerpo, sin defectos aparentes y activos.

Se tomarán notas sobre todas las actividades en todos los períodos de actividad de los animales, desde la domesticación. El entrenamiento se realizó de forma individual con los animales y después trabajan juntos. Los animales de tiro son entrenados en trabajo y permanecen unos días juntos, como máximo una semana debido al entrenamiento. Por lo general, los animales son domesticados en el servicio de arrastre de madera, donde se utiliza madera cortada con motosierra en la longitud adecuada de su uso, soportes y estacas.

En este paso, el objetivo principal es dejar el área totalmente limpia para facilitar los pasos de arado, desgarrado y plantación. Es posible planificar vías de acceso que se utilizarán sistemáticamente. Las áreas que se utilizarán como carreteras no pueden ni deben ser malladas. Todas las propiedades deben tener un prado con agua limpia y buenas pasturas, los animales se complementan con sal mineral en comederos de madera. El suministro de sal mineralizada es indispensable para los animales de servicio que aseguran parte de los elementos utilizados en la producción de energía.

Los animales serán suplementados después de cada día de trabajo con pastos, caña de azúcar, yuca, salvado de trigo, salvado de arroz y maíz molido, de acuerdo con la disponibilidad de cada productor. En algunos casos es aconsejable suministrar de dos a cuatro kg de maíz, si es posible triturado, para reponer la energía. Esta cantidad dependerá del peso y la edad de los animales.

Cuando se trabaja en áreas abandonadas, el primer paso es el arrastre de madera, donde se usa la madera de valor comercial que se apila en la oficina central de la propiedad y luego se vende o se usa. La práctica de arrastre de madera se realiza para domesticar y entrenar a los animales, donde trabajan diariamente usando cuerdas y cadenas que dan instrucciones para caminar en línea y atender las órdenes del instructor. Esta actividad se realiza con un ayudante que tira de los animales, sin embargo, sólo el productor da las señales de comando para no confundir a los animales. En este período se dan los primeros comandos verbales que se repetirán constantemente y con el mismo tono de voz para que el animal eduque la audición. Los animales deben tirar troncos de madera en proporción a su peso. Al comienzo del trabajo, el registro debe calcularse considerando el 50% del peso vivo del animal o la articulación.



Figura 1  
Búfalos de labranza en curso para jóvenes productores



Foto: Ricardo Gomes de Araújo Pereira.

### Implementos utilizados en tracción animal



Policultor 300



Rastra con 3 y 5 azadas



Rejilla con 8 y 10 discos y 18 pulgadas



Plantadora y esparcidor de fertilizante



Policultor 600



Rejilla de hierro con cinco azadas





Arado de hierro y madero reversible

Figuras: Ricardo Gomes de Araújo Pereira.

La duración de un día de trabajo diario de cada animal o articulación es de seis horas, que pueden seguirse o alternarse. Los animales evaluados presentaron mayor capacidad de servicio en los períodos más fríos del día. Sin embargo, el ganado se siente menos que el búfalo en el momento más caluroso del día. Estos se libran del estrés. El número reducido de glándulas sudoríparas causa molestias a los búfalos, especialmente cuando se asocia con alta humedad. Por lo tanto, los búfalos trabajaron en dos períodos de 6 a 9 a.m. y de 4 a 6 p.m. Con el ganado es posible trabajar de 06:00 a 12:00 horas con un descanso de 15 a 30 minutos. Los arneses utilizados son de tipo yugo, correa y collar de cuero, abrazadera y collar. El uso de un collar o collar de cuero aumenta la productividad de los animales y les permite trabajar más cómodamente. El yugo de madera causa molestias principalmente a los búfalos. Con el ganado no hubo problema porque los animales eran mestizos de la raza Gyr.

## Comparación de rendimiento laboral entre búfalo y bovino

Al desgarrar y plantar hay una diferencia entre el búfalo y el ganado, donde este último mostró mayor velocidad. Entre las cuadrículas evaluadas, la grada de ocho discos de 18 pulgadas tiene el mejor rendimiento y adaptación. Al desmalezar o limpiar, el ganado mostró mayor velocidad y rendimiento, siendo dos horas menos que el búfalo por hectárea. En el cuadro 1 se muestra el tiempo que el búfalo y el ganado gastaron en horas por hectárea en varias operaciones.

Cuadro 1

Tiempo empleado en horas por hectárea por búfalo y bovino en varias operaciones\*

Operaciones (hrs/ha)	Especie	
	Búfalos	Ganado
Remoción de madera y troncos	66	72
Arado (arado de vertedera)	30	29
Desgarrador (rejilla 8 discos con 18 ')	21	18
Plantación**	10	12
Cultivo**	8	10

Adaptado de Pereira (2004).

\* En promedio, los animales trabajaron seis horas al día.

\*\* Operaciones realizadas con un solo animal.

Los búfalos tienen un rendimiento aún mejor en el transporte de producción, una mayor capacidad de tracción, un entrenamiento más fácil y una velocidad de viaje más lenta que el ganado. El transporte de mercancías desde la granja al depósito o al almacén genera una ganancia de hasta el 35% en el cultivo de arroz. La alta pérdida de cultivos está relacionada con el clima en el Amazonas, que es cálido y húmedo, la gran cantidad de lluvia durante un largo período del año, la falta de almacenamiento adecuado y especialmente la distancia desde el lugar de cultivo hasta el lugar de almacenamiento en la propiedad.

El equipo 1 500 policultivo era el que tenía la mayor capacidad de transporte y transportaba hasta una t. El vagón hecho de chasis de chatarra tenía una capacidad de transporte de 700 kg. Sin embargo, la plataforma rodante, un implemento con base de tenedor de madera, fue el más económico y accesible para todos los productores, incluso aquellos totalmente descapitalizados. La tracción animal se presenta como una alternativa para aumentar la producción y la productividad. La productividad aumentó en un promedio del 23%, especialmente en algunos productores donde hubo un aumento del 100% en la producción por área.

En una investigación en Rondônia (Pereira *et al.*, 2004a), una familia con cinco miembros tiene un promedio de 288 días/hombre/año. La mayor dificultad para el productor es que hay una concentración de tareas en ciertas épocas del año. Por ejemplo, el período de preparación del suelo es demasiado corto porque la siembra y la cosecha dependen de las condiciones climáticas. Cuando este período varía de 10 a 30 días, se observó que, con el uso de la azada, una familia estándar prepara dos hectáreas en promedio. Con el uso de la tracción animal, este promedio aumentó a 10 hectáreas. Los cultivos de siembra como el maíz, el arroz, los frijoles y la yuca (cultivos de subsistencia) en el área del tocón se redujeron en un 16% en el número total de plantas. En las áreas recientemente deforestadas, este porcentaje aumentó al 28%. También se observó la dificultad de la locomoción en estas áreas en la siembra y especialmente en la cosecha (Pereira *et al.*, 2004b).

Esta es probablemente la razón por la cual el productor que instaló la tracción animal redujo la deforestación en un promedio de dos hectáreas por año y se adhirió al uso de técnicas modernas como la fertilización porque es más barato fertilizar un área que abrir nuevas áreas. Con el aumento en el área plantada, la producción total aumentó y esta producción estuvo muy influenciada por el aumento en la productividad, debido al aumento en el número de plantas por hectárea.

El uso de la tracción animal en los sistemas agroforestales (SAF) es una de las únicas alternativas para la implementación de estos consorcios. La mayor dependencia de la implementación de SAF en la agricultura familiar es precisamente la igualación de la mano de obra. Existe un gran déficit laboral en los períodos de concentración de esta variable. El agricultor familiar se resiste a la implementación de estos sistemas porque no hay garantía de que tendrá suficiente mano de obra durante los períodos críticos. El abandono del consorcio se observa debido a la falta de mano de obra. En esta situación, el área se vuelve improductiva y susceptible a quema no programada.

La tracción animal permite un mejor uso del trabajo familiar y es un factor directo en la implementación de los SAF. En los trabajos realizados en propiedades agrícolas familiares en Rondônia, el uso de la tracción animal permitió el aumento del área cultivada, sin la necesidad de adquirir mano de obra externa. La labranza promedio de una hectárea fue de cuatro días, con un rango de tres a seis días considerando un día de servicio, el trabajo realizado durante seis horas sólo con un animal. El deshierbe promedio fue de dos días, que van desde uno a cuatro días. Se utilizó la cuadrícula de ocho discos con 18 pulgadas. El cultivo promedio para 1 ha fue de un día, con una variación de medio a dos días considerando un día de servicio, el trabajo realizado durante seis horas con sólo uno animal, se utilizó el cultivador de cinco azadas.

La recuperación de áreas degradadas o encapuchadas promedió cinco ha por propiedad. En las tareas realizadas para la tracción, el tiempo promedio empleado para la plataforma fue de 64 horas, 30 horas de arado, 18 horas de desgarre, ocho horas de siembra y seis horas de deshierbe. Los animales fueron responsables de transportar toda la producción desde el área cultivada hasta el fardo o depósito. El cuadro 2, muestra la producción promedio de actividades de búfalo para el uso de áreas degradadas en dos municipios de Rondônia.

Cuadro 2

Producción promedio de actividades de búfalo para la recuperación de café y el uso de áreas degradadas en dos municipios de Rondônia, Brasil

	Rolim de Moura	Nuevo União	Medía
Aliento (días)	21.0	16.0	18.5
Acción (días)	6.0	6.4	6.2
Calificación (días)	3.1	2.8	2.9
Deshierbe (días)	2.0	2.0	2.0
Recuperación de café (ha)	8.2	10.5	9.4
Capoeira recuperada (ha)	3.2	4.0	3.6

Adaptado de Santos *et al.* (2015).

El trabajo en las fincas cafeteras mostró una alta ganancia adicional. Los cultivos abandonados se reactivaron en promedio una ha por propiedad. Se están evaluando los datos de aumento de productividad. En los municipios de Rolim de Moura y Nova União, se valoró la tracción animal en comparación con el uso de la azada. El deshierbe de azada con animal se realizó en promedio en siete horas, sólo el uso de la azada tuvo una duración promedio de 32 horas por hectárea (Santos *et al.*, 2015).

Fue posible expandir el área plantada de tres a ocho ha en promedio y una reducción promedio de 2.4 ha en nueva deforestación anualmente por propiedad, se evita así el desplazamiento de la agricultura. La mano de obra disponible en la propiedad aumentó en un 40% en promedio. Los animales comenzaron el trabajo de tracción con un promedio de 300 kg de peso vivo y después de tres años ellos tenían 750 kg de peso vivo.

El uso de la tracción animal interfirió significativamente con el sistema de propiedad al aumentar la producción y la productividad en cultivos anuales y perennes, se redujo así las pérdidas de producción, se equiparó el uso de mano de obra, se disminuyó la deforestación y se aumentaron los ingresos de la propiedad (Pereira *et al.*, 2008).

El efecto de la tracción animal sobre la capitalización de la propiedad se realizó en el municipio de Teixeiraópoles, que tiene suelos y una topografía suavemente ondulada de fertilidad media a alta. La propiedad tenía una superficie total de 28 ha con 70% de áreas abandonadas y 30% de bosque donde se había eliminado toda la madera valiosa para el aserradero.

El área se recuperó con cultivos anuales utilizando arroz, maíz y frijoles plantados anualmente en 10 ha, cinco ha en monocultivo y cinco ha en asociación con café. Se estableció un área de 0.5 ha de caña de azúcar y se recuperaron 16 ha de pastos para la ganadería lechera, el trabajo se basó en el principio de diversificación. La propiedad tenía una familia de 13 personas, con un total de 1 872 hombres/día/año para el trabajo. La producción promedio de maíz, arroz y frijoles fue de 75, 60 y 30 sacos de 60 kg/ha/año, respectivamente.

El rendimiento promedio de leche fue de 5 l/vaca/día con un período de lactancia de 300 días con un promedio de 10 vacas que producen leche. Se vendieron un promedio de 10 terneros/año y 90 días de servicio/año. Se produjeron 600 litros de cachaza/año. La explotación forestal en la agricultura familiar en la Amazonía es depredadora y sin gran rendimiento financiero para el agricultor. Por lo general, la madera de estas áreas se vende en pie en el bosque a los madereros o estos pagan un precio reducido por la madera cosechada. Además, la tala se realiza sin ningún tipo de cuidado y discreción, donde el productor no tiene control sobre cómo se hace esta actividad con relación a la cantidad, el stock y el tipo de madera que se cosecha.

El uso de la tracción animal en un sistema de tala es de gran importancia porque permite al productor aprovechar el bosque con sus propios medios y recursos o mediante trabajo comunitario. De esta manera, no necesitarán comprar máquinas o equipos costosos, mantenimiento difícil y oneroso, además de la contratación de personal de operación especializado, lo que permite el usufructo del bosque con el uso de animales y mano de obra familiar o comunitaria.

El trabajo se llevó a cabo en 13 propiedades. La producción promedio de madera fue de 15 m<sup>3</sup>/ha. Las evaluaciones se realizaron en áreas abandonadas, áreas donde ya se había eliminado la madera para aserraderos que usan máquinas pesadas para extraer la madera de mayor valor comercial. Se estima que este promedio puede ser cuatro veces mayor si se usa tracción animal en bosques vírgenes sin el uso de fuego.

La reducción de la deforestación promedió 2 ha/propiedad/año. Los productores que tenían más del 25% de la tierra despejada no volvieron a abrir nuevas áreas. En el cuadro 3, se presentan las ganancias con la tracción animal en varias etapas del proceso. Existen varias ventajas de usar la tracción animal en la tala, que incluyen: menor impacto en el suelo debido a una menor compactación en comparación con el uso de maquinaria pesada; la apertura de los caminos de remoción para la extracción de madera es más estrecha, desde 1.5 a 2.0 m, lo que permite la recuperación y regeneración del bosque.

Las ventajas económicas incluyen: bajos costos de inversión y mantenimiento para equipos y animales, el mantenimiento es asequible y los animales tienen otros usos además de la tala. En estos otros usos, uno medular a escala familiar es el aprovechamiento del estiércol, donde una junta de bueyes adultos produce hasta 25 t de estiércol, lo suficiente como para fertilizar 2 ha, con un aumento de la producción de café o fruta hasta en

30%. Otras ganancias son aumento del peso vivo de los animales y transporte de la producción para su almacenamiento o venta en el mercado.

Cuadro 3  
Ganancias de la tracción animal en varias etapas del proceso.

Actividad	Ganancia
Reducción de la deforestación (ha)	2
Incremento de productividad (%)	23
Ganancia en el transporte de arroz (%)	35
Capacidad de transporte (t)	1
Capacidad de trabajo azada (ha)	2
Capacidad para trabajar con tracción (ha)	10
Reducción de planta en el área del tocón (%)	16
Recuperación de áreas degradadas (ha)	5
Aumento de mano de obra disponible (%)	40
Aumento de peso animal en Kg/año	150
Producción de madera por ha/m <sup>3</sup>	15

Pereira *et al.* (2004a).

## Conclusiones

La tracción con animales es una alternativa a la agricultura familiar y se puede utilizar para reducir el éxodo rural, los conflictos en el campo y proporcionar a estas familias una vida digna al aumentar la producción, la productividad, y áreas plantadas. La tracción animal interfiere con la recuperación de las áreas degradadas, el transporte de la producción se reduce, disminuye la deforestación, la quema y aumenta las ganancias por la venta de animales.

## Referencias

- Abubakar, M.S. y Ahmad, D. (2010). Utilization of and Constraints on Animal Traction in Jigawa State. *Nigeria Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Malaysia*. 4(6): 1152-1156.
- Almeida, A.; Rodrigues, J. y Figueiredo de, T. (2017). Animal traction: new opportunities and new challenges. In IX International Scientific Symposium on Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture. Lublin, Poland. Pp. 27-31. <http://hdl.handle.net/10198/15596>
- Baiardi, A. y Alencar, C.M. (2014). Agricultura familiar, seu interesse acadêmico, sua lógica constitutiva e sua resiliência no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural*. 52(supl.1): 45-62. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032014000600003>.
- Belal, E.A.; Abdallah, F.E.; Qishuo, D.; Abaker, M. y Talha, Z. (2015). Role of animal traction in agricultural development in Zalingei área, Darfur Sudan. *Veterinaria*. 3(1): 22-27. <https://www.researchgate.net/publication/296456019>
- Bello, U.M.A.; Adamu, Y.A.; Umaru, M.A.; Garba, S.; Abdullahi, A.U.; Adamu, M.K.; Saidu, B.; Ukashatu, S.; Hena, S.A. y Mahmuda, A. (2012). Morphometric analysis of the reproductive system of African zebu cattle. *Scientific Journal of Zoology*. 1(2): 31-36. DOI: <http://10.14196/sjz.v1i2.216>.
- CAMARA FEDERAL. (2019). Década da Agricultura Familiar <https://www.camara.leg.br/noticias/583444-decada-da-agricultura-familiar-e-lancada-na-camara> (Consultado 9 octubre 2019).
- García-Tomillo, A.; Figueiredo, T.; Almeida, A.; Rodrigues, J.; Dafonte, J.; Paz, A.; Nunes, J. y Hernandez, Z. (2017). Comparing effects of tillage treatments performed with animal traction on soil physical properties and soil electrical resistivity: preliminary experimental results. *Open agriculture*. 2: 317- 28.
- Harrigan, T. Millogo, V. y Burdick, R. (2016). Animal traction is an appropriate technology for cropping system mechanization in Burkina Faso. Sustainable Intensification Innovation Lab. Kansas State University. in: [blog.k-state.edu](http://blogs.k-state.edu). Posted on December 23, 2016. <http://blogs.k-state.edu/siil/2016/12/23/> (Consultada 2 septiembre 2020).
- Kohlrausch, F. y Jung, C.F. (2015). Áreas ambientais degradadas: causas e recuperação. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 13-14 Agosto 2015. Viçosa/MG, Brasil. [Vihttps://www.inovarse.org/sites/default/files/T\\_15\\_055\\_3.pdf](https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_055_3.pdf) (Consultada 2 septiembre 2020).
- Manzana, S. (2014) An assessment of the impact of animal traction on rural household food security: A case of Damane rural community in Cofimvaba in the Eastern Cape Province of South Africa. M Thesis, University of Fort Hare. Alice, Sudáfrica. <https://core.ac.uk/download/pdf/145040064.pdf>.
- Pereira, R. G. De A. (2004). Sistema de produção com búfalos de tração animal para capitalização do produtor em Rondônia. *El Yuntero Latinoamericano. Red Latinoamericana de Tracción Animal y Tecnología Apropriadas, (RELATA)*. 9(16): 7-9. <http://www.relata.org.ni>
- Pereira, R.G. De A.; Townsend, C.R.; Costa, N. De L. y Silva, M.J.M.S. (2004a). Avaliação de tração animal na redução dos desmatamentos e produção de madeira na Amazônia. *El Yuntero Latinoamericano. Red Latinoamericana de Tracción Animal y Tecnología Apropriadas, (RELATA)*. 9(16): 4-6. <http://www.relata.org.ni>
- Pereira, R.G. De A.; Townsend, C.R.; Costa, N. De L. y Silva, M.J.M.S. (2004b). Avaliação de Búfalos e Bovinos para tração animal na Amazônia. *El Yuntero Latinoamericano. Red Latinoamericana de Tracción Animal y Tecnología Apropriadas, (RELATA)*. 9(16): 10-13. <http://www.relata.org.ni>
- Pereira, R.G. De A.; Townsend, C.R.; Costa, N. De L. y Magalhaes, J.A. (2008). Recuperação de áreas degradadas com tração animal em Rondônia. *PUBVET*. 2(3): jan. <https://www.pubvet.com.br/texto.php?id=125>
- Rego, A.K.C. y Kato, O.R. (2017). Agricultura de corte e queima e alternativas agroecológicas na Amazônia. *Novos Cadernos NAEA*. 20(3): 203-24. DOI: <http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v20i3.3482>.
- Santos, J.C.F.; Costa, R.S.C.; Leônidas, F. das C. y Pereira, R.G. de A. (2015). Manejo de plantas daninhas. Em: Café na Amazônia. Editores A.L. Marcolan y M.C. Espindula. EMBRAPA. DF. Brasil. 474 p.
- Zantsi, S. y Bester, B. (2019). Farming households livelihood strategies in ndabakazi villages, Eastern Cape: What are the implications to extension services. *S. Afr. J. Agric. Ext.* 47(4): 120-34. <http://dx.doi.org/10.17159/2413-3221/2019/v47n3a511>.





# MÉTODOS



# Fomento de capacidades y aspectos metodológicos para la innovación local

Taymer Miranda Tortoló<sup>1\*</sup>

Daniel de J. Vela de León<sup>2</sup>

Antonio Suset Pérez<sup>1</sup>

Hilda C. Machado Martínez<sup>1</sup>

Gilberto Blanco García<sup>2</sup>

Katerine Oropesa Casanova<sup>1</sup>

Juan A. Alfonso Llanes<sup>3</sup>

Marcos A. García Naranjo<sup>1</sup>

## Introducción

En los momentos actuales las investigaciones a nivel local requieren de soluciones innovadoras y sostenibles que implican modificar la forma, el modo de pensar y actuar como único modo de aumentar la calidad, la cantidad, la diversidad, la frecuencia y las facilidades de acceso a los alimentos y otros recursos disponibles.

En tal sentido y con el propósito de dar respuesta a esta necesidad, la EEPFIH<sup>4</sup> realizó cambios en su misión iniciando el milenio, la cual estaba enfocada a promover y aplicar el enfoque sistémico, teniendo en cuenta los resultados en sistemas agroforestales, así como contribuir al desarrollo local sostenible a través de modelos productivos agroecológicos, dirigidos a garantizar el bienestar humano.

En este sentido, el centro adoptó tres premisas para la extensión agraria y el desarrollo rural y territorial-local: 1) cambiar valores, principios, conceptos, enfoques y paradigmas como guías para moldear la forma de pensar y actuar de los actores sociales que aportan al desarrollo y a la conservación del patrimonio natural; 2) la necesidad de priorizar el cambio en las personas para que cambien las cosas, mediante el fomento de capacidades, la participación y el empoderamiento; 3) el fin no es la tecnología, sino el bienestar del hombre a partir del bienestar del ecosistema (Chaguay y García, 2016; Mendoza y Cruz, 2017; Miranda-Tortoló *et al.*, 2019).

1 Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

2 Núcleo Piloto Asociación Cubana de Producción Animal, ACPA Holguín. CP 80100, Holguín, Cuba.

3 Filial Universitaria Municipal Dora Alonso. Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Perico, CP 42500, Matanzas, Cuba.

4 La Estación Experimental de Pastos y Forrajes, fue fundada el 8 de marzo de 1962. Fue el primer centro de la rama agropecuaria fundado por la Revolución y está ubicado en el municipio de Perico, Provincia de Matanzas, Cuba. Tiene como Misión "Contribuir, mediante la actividad científica y la innovación, al desarrollo local sostenible a través de modelos agroecológicos que integren la producción de alimentos y energía, dirigido a fomentar el desarrollo económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar humano".

\* Autor de correspondencia: miranda@ihatuey.cu

La EEPFIH creó el grupo de desarrollo local sostenible y este marco promovió el apoyo de instituciones nacionales y de la cooperación internacional, lo cual sentó las bases para el fortalecimiento del trabajo que se venía desarrollando en la provincia de Matanzas para acompañar a los gobiernos municipales en la concepción y ejecución de acciones de desarrollo (Oropesa *et al.*, 2019).

El objetivo del capítulo es mostrar las metodologías utilizadas para determinar las principales problemáticas y potencialidades aprovechables, asociadas al proceso de gestión del desarrollo en el municipio de Perico en la provincia de Matanzas, Cuba. La propuesta metodológica empleada fue elaborada a partir del reacomodo al ámbito nacional, de metodologías propuestas por Thévoz (2006), Godet (2000a) y Guzón (2006) y fue enriquecida con la experiencia de los autores en diversos contextos nacionales e internacionales.

## Metodología

Para su mejor comprensión se dividió en pasos:

### *Primer paso: Sensibilización y organización*

Contempló el desarrollo de talleres con la participación de los principales actores del territorio e invitados de las direcciones provinciales y las universidades. Estos espacios sirvieron para la realización de ejercicios prácticos para identificar potencialidades dentro del territorio y la definición de metas en el trabajo y se presentó la metodología a aplicar.

### *Segundo paso: Aprobación de metodología de trabajo*

Se compartió y aprobó la propuesta metodológica que incluye varias etapas para el trabajo.

#### Etapa I. Proceso de concertación

Se partió de un proceso de concertación donde se asignaron, bajo compromiso moral y estampado en documentos escritos, los roles, personas, tiempos, recursos e informaciones, que cada actor participante se comprometía a poner en función del éxito de la estrategia de desarrollo del territorio. El proceso se desarrolló, única y exclusivamente, para elevar el capital sinérgico del territorio en aras del aprovechamiento de todos los potenciales identificados en función de la elevación, de forma sostenida, del nivel de vida de los habitantes del municipio a través de la estrategia de desarrollo.

#### Etapa II. Organización del trabajo

La organización del trabajo se desarrolló según lo acordado en el flujograma, conformado por las partes en el taller y el visto bueno del gobierno en el municipio, donde se incluyeron las actividades y los plazos. Este se compone de tres momentos: la preparación, el ejercicio de concertación y el estudio prospectivo. Se propuso la aplicación del instrumento para obtener una imagen lo más precisa posible de la situación de partida, y contrastarla con el modelo a construir posteriormente contentivo de la situación deseada. Además, se conformaron los grupos focales de modo intencionado de modo que se garantizara la obtención de la información de las instituciones y sectores de interés para el trabajo, asimismo, se previó hacer tantas réplicas como fueron necesarias en cada caso particular.

### Etapa III. Selección y formación de los equipos de indagadores y organización del trabajo

En la selección de las personas para el desarrollo de las actividades de diagnóstico, se tuvo como criterio que estas fueran del territorio con elevado compromiso, alta profesionalidad y formación en los temas a indagar.

En lo básico fueron personas procedentes del gobierno local, la filial universitaria municipal, la EEPFIH y el equipo asesor; en todos los casos se conformaron siguiendo un enfoque de multidisciplinariedad de modo que fuera fácil el acceso a la información y su posterior interpretación. Se diseñaron las acciones inscritas en el diagnóstico y conformación de la estrategia de desarrollo.

### Etapa IV. Prospección

Para el diseño de las acciones inscritas en el diagnóstico se siguieron procedimientos de la indagación apreciativa con el ánimo de centrar la búsqueda y uso del nuevo conocimiento en lo positivo, aquellos elementos y factores de las comunidades, los sistemas productivos, organizaciones e instituciones, que los soportaron cuando estos funcionaron mejor (Whitney, 2010).

Los ámbitos de indagación son los elementos y factores en los cuales incidir desde la administración pública partiendo del supuesto de que, para el territorio, constituyen potencialidades que, si se daban ciertas condiciones, debían manifestarse como oportunidades de desarrollo. Para esta investigación, los ámbitos de indagación definidos de modo participativo fueron los siguientes:

- **Identificación de núcleos positivos.** Se indagó en consejos populares, empresas e instituciones con el objetivo de identificar las condiciones y términos que permitieron el éxito pasado o actual de estos actores y las vías para su restauración o consolidación, de modo tal que puedan ser sistematizados y capitalizados para el logro de los objetivos propuestos por el programa.
- **Cultura e identidad local.** Se indagó sobre manifestaciones de la cultura local susceptibles de ponerse en valor a través de alguna modalidad empresarial o subvencionada desde la administración pública y las vías para lograrlo.
- **Capital natural local, infraestructura disponible y saberes locales.** Se identificaron recursos naturales y saberes populares, que utilizando la infraestructura existente (no utilizada o sub-utilizada) pudieran ponerse en valor, generando actividad empresarial desde las formas de propiedad hoy en uso.
- **Capital social local.** Se evaluó el capital social a partir de componentes específicos que, en opinión de los autores, elevan el control social en el territorio, con el propósito de identificar formas para elevar la cohesión de la ciudadanía alrededor del gobierno y su cuerpo de instituciones desde la administración pública. En este tópico se indagó sobre cinco aspectos básicos que conforman el capital social, utilizando, para su evaluación, una escala donde “1” era el mínimo y “5” el máximo.
- **Actitud emprendedora de las instituciones, organizaciones y personas.** La indagación en este particular se subdividió en tres momentos: i) investigación sobre iniciativas desarrolladas por la administración local para mejorar sus funcio-



nes y servicios públicos, ii) indagación sobre la vocación emprendedora de las organizaciones empresariales locales traducida en nuevos servicios y productos; y iii) evaluación de la cantidad y tipo de iniciativas empresariales desarrolladas por personas naturales.

- **Capacidad empresarial local.** Se analizó tomando como referentes el número de iniciativas empresariales (estatales y no estatales) frente al total de población económicamente activa. El estudio se subdividió en capital emprendedor territorial y capital emprendedor de los sectores de la economía con actividad en el territorio.
- **Capacidad para la gestión de los sistemas productivos locales por parte del gobierno.** Se indagó para identificar la real capacidad del gobierno y sus instituciones para incidir en la configuración del perfil de las cadenas productivas con presencia en el territorio. Se investigó qué y cómo hacer para que el gobierno elevara la generación de empleos, la mejora de ingresos y la redistribución de la captación de valor a la escala local, a partir de una apropiada gestión de las cadenas locales.

Para la construcción del modelo de municipio se siguió el algoritmo siguiente:

1. Identificación de variables y sus óptimos.
  - Investigación bibliográfica
  - Consulta a expertos
  - Estudio de casos reales
  - Consulta a la población mediante concursos
2. Aprobación de las variables seleccionadas.
3. Corrección participativa de las expresiones consideradas como óptimas de las variables identificadas.
4. Construcción del modelo y su presentación.

Se utilizó el método de los escenarios, asumiéndolo como un conjunto formado por la descripción de una situación futura y el diseño de las trayectorias de eventos que permiten pasar de una situación de origen a una situación deseada (Godet, 2000b). Las variables a considerar y la cuantificación de su expresión óptima fueron extraídas de la información obtenida en el diagnóstico, estudios de caso, criterios de expertos y bibliografía consultada: nivel de vida del ciudadano, capital social, capital emprendedor local, capacidad innovadora local (institucionales y tecnológicas), capacidad de crear redes empresariales y cadenas productiva locales, nivel de pertinencia de los servicios profesionales, actitud emprendedora del ciudadano, enfoque inclusivo de la gestión y gestión ambiental.

Una vez lograda la captación, se hizo una evaluación de los datos mediante una matriz FODA, tomando como referente la visión del municipio deseado previamente, diseñada a partir de las variables previstas. Después de construida la matriz, se identificaron las brechas entre la visión de municipio deseado y la situación de partida; de la propuesta de soluciones se obtuvieron los objetivos o metas estratégicas que, a su vez, serán la

guía para diseñar los planes de acción que dotarán de contenido a la estrategia de desarrollo territorial.

En esta fase se hace énfasis en la identificación de oportunidades de desarrollo, pues estas son el vehículo que mueve al municipio de la situación de partida a la deseada, visibilizada a través del modelo. Se otorga protagonismo total a fortalezas y oportunidades como vía para dinamizar mentalidades y elevar el índice potencial de éxito. Las salidas básicas fueron:

- Identificación desde el diagnóstico de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.
- Evaluación de cada variable en cuanto a ocurrencia e impacto.
- Desarrollo de la matriz de impactos cruzados.
- Propuesta de planes de acción para el aprovechamiento de fortalezas y oportunidades.

De modo paralelo se evaluó la oferta local de servicios profesionales: asesorías, consultoría y extensión agraria, tomando como referencia el modelo de municipio construido. Se identificaron todas las demandas formativas que generan los nuevos puestos de trabajo, o los sometidos a los procesos de mejora, estas se confrontaron con las competencias que exhiben las personas en ambos casos. De este análisis se obtuvieron las brechas formativas, las cuales a su vez fueron contrastadas con la oferta de los proveedores de conocimientos.

#### Etapa V. Formulación/Reformulación de la estrategia

Conociendo que existía en los municipios un ejercicio de planificación, esta fase se redujo a la recontextualización de los contenidos de la estrategia: misión-visión; políticas; objetivos-planes de acción y estructura organizacional-mecanismos de seguimiento y control de la implementación. En talleres participativos se revisó la misión y se trabajó tanto en su corrección como en la adecuación a los nuevos escenarios.

Declaración de la visión de municipio: se revisó a partir de las variables participativamente identificadas para dar seguimiento a través de sus manifestaciones deseadas al desarrollo del territorio, es una declaración escrita del municipio soñado. Fue contentiva de los sueños, expectativas y deseos de amplias mayorías.

Las metas estratégicas por definir se movieron a través de las variables identificadas que, a partir de la implementación de líneas de trabajo, tuvieron como fin propiciar las condiciones necesarias para que las personas, organizaciones empresariales e instituciones puedan acceder a las oportunidades de desarrollo identificadas como vía natural para el progreso del territorio.

Estas metas constituyeron un marco de actuación expresado en planes operativos de instituciones, organizaciones y personas implicadas en los programas de desarrollo ya concebidos. Los planes de acción contienen las áreas, instituciones y niveles jerárquicos que participan en cada acción.

## Principales resultados

A continuación, se describirán los hallazgos por ámbito de indagación, así como la identificación de los principales núcleos positivos, originados en consejos populares y cadenas

productivas, al tiempo que se listaron las potencialidades de la cultura e identidad local susceptibles de poner valor en el territorio, su localización y las mejores opciones para su puesta en explotación. También se exponen las principales limitantes para la expansión y el modelo de municipio al que se debe llegar. Los principales potenciales en el capital natural local, la infraestructura disponible y los saberes populares identificados fueron:

### *Suelos*

Se registraron suelos con potencial agropecuario y una disponibilidad de agua subterránea, con diferentes volúmenes, calidad y caudal en todos los consejos populares. Sin embargo, la infraestructura disponible en el entorno de estas localizaciones para el beneficio-transformación y el almacenaje-comercialización son insuficientes, están deterioradas y exhiben altos niveles de obsolescencia.

### *Recursos hídricos*

Todos los consejos populares registran acumulación de aguas subterráneas con valor agrícola y de uso humano. En todos los yacimientos de agua en uso, aunque insuficientes, se cuenta con redes para el abasto y sistema para el uso agropecuario y humano.

### *Minería a pequeña escala*

Se pudo constatar la existencia de yacimientos de áridos<sup>5</sup> en el consejo popular Perico, sin cobertura de electricidad, infraestructura precaria y artesanal. Igualmente, en esta demarcación se verificó la existencia de cantos para la elaboración de elementos de pared (bloques de diferentes dimensiones y formas geométricas).

### *Reservas forestales*

Se registra la existencia de 256 ha de área forestal, compuesta por especies como *Cedrela odorata* L. (cedro), *Swietenia macrophylla* King (caoba), *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (almácigo), *Erythrina berteroana* Urb (piñón), *Guazuma ulmifolia* Lam. (guásima) y *Ceratonía siliqua* L. (algarrobo).

Respecto a los saberes populares susceptibles de convertirse en productos o servicios, se conoció que existen tradiciones de:

### *Artesanía decorativa y utilitaria*

Se registraron evidencias de prácticas artesanales a partir del uso de *Crescentia cujete* L. (güira), *Bambusa vulgaris* Schrad (bambú), metales, madera y también textiles en todos los consejos populares. Los análisis desarrollados justifican que las mismas se pongan en valor a partir de las siguientes acciones:

- Desarrollar estudios de mercado a los principales productos y, a partir de estos, definir forma de propiedad para ejercer en cada negocio y escala de producción apropiada.
- Identificar modalidades de financiamiento en cada caso.
- Implementar un sistema de acompañamiento desde el equipo para la gestión del desarrollo local.

<sup>5</sup> Se denomina árido al material granulado que se utiliza como materia prima en la construcción, principalmente. Las rocas de las que se extraen áridos naturales son: rocas calcáreas sedimentarias (caliza y dolomía); arenas y gravas; rocas ígneas y metamórficas (granito, basalto y cuarcita).

## *Oficios básicos*

La prospección realizada permitió conocer que existe tradición en oficios básicos de alta demanda en el municipio, entre estos destacan: manicure, barbero, peluquería, zapatería, carpintería, albañilería, elaboración y expendio de alimentos ligeros, servicio de restaurantes y comercialización de útiles para el hogar.

## *Capital social*

El capital social se evaluó atendiendo a:

### 1. Asociatividad

Calificada baja (2.8), los instrumentos registraron que los máximos picos de asociatividad entre vecinos se logran ante situaciones extremas: desastres naturales, enfermedad, muerte; pero en condiciones normales de la vida cotidiana prima cada vez más lo individual en la matriz de prioridades.

### 2. Confianza

Baja (2.8), en relación con funcionarios del gobierno y directivos de las organizaciones donde laboran; entre vecinos sube a 4 y hacia dentro de la familia y amigos se mantienen sostenidamente próxima a 5.

### 3. Participación

La consideraron media (3.6), pero insisten en que es necesario elevarla en los espacios de toma de decisiones con impacto directo en la vida laboral, familiar y del barrio.

### 4. Acceso a la información

Aceptable (3.2), pero mejorable en cuanto a información para el desarrollo personal, actualidad de la información científica a la que se accede y diversificación de fuentes de acceso.

### 5. Independencia económica

Media (3.6) en lo fundamental, porque los salarios no entran en el umbral de los mínimos vitales locales, la baja oferta y poca diversidad de empleos, así como la baja cultura crediticia y de ahorro de la población local. Las zonas con menos independencia económica se ubican en el consejo popular “España” y la circunscripción “El Roque”.

Los análisis demuestran que en los consejos populares donde existe mayor asociatividad y confianza, los niveles de independencia económica son más altos, por lo que, presumiblemente, nivel y calidad de vida son arrastrados hacia cuotas más elevadas en virtud de colaboraciones económicamente más ventajosas para todas las partes, desarrolladas a nivel familiar y personal.

Este análisis se complementó con el de actitud emprendedora de las personas. El estudio arrojó un alto nivel de coincidencia del comportamiento de la población con el perfil emprendedor. A pesar de ello, la baja participación de valores como la iniciativa y la tenacidad, vista como la capacidad de reponerse del fracaso, permiten explicar la baja capacidad empresarial local que, de modo contrastante, fue identificada también en este ejercicio de diagnóstico.

La evaluación de la actitud emprendedora de las instituciones y organizaciones, permitió identificar y entender los mecanismos que propulsan la capacidad empresarial lo-

cal a partir de la indagación de las actividades ya en marcha, el perfil del contexto donde se desarrollan y la actitud de sus gestores.

En el ámbito institucional se registró la creación y puesta en marcha de la plataforma para la gestión de innovación local, la oferta formativa del Ministerio de Educación dirigida a albañiles especializados en instalaciones de biodigestores, la creación del centro de información de la Filial Universitaria Municipal y la incorporación de criterios que consideran la localización óptima de negocios en los planes de ordenamiento urbano por parte del Instituto de Planificación Física.

Por su parte, en las organizaciones empresariales, se identificaron nuevas actividades productivas o de servicios que constituyeron modificaciones (en positivo) de su objeto social, puestas en marcha por iniciativa de sus cuadros, especialistas y trabajadores. El sector empresarial local registra una limitada capacidad para la generación de nuevas actividades económico-productivas, en el último año, sólo en tres de las empresas evaluadas se registra actividad empresarial de nueva creación o desatada por iniciativa de los colectivos laborales.

Todas estas actividades económico-productivas son poco intensivas en el uso de conocimientos, mayoritariamente se inscriben en el sector de los servicios gastronómicos y la producción agropecuaria (producción de materias primas), no se asumen como parte de cadenas que desbordan los límites del municipio. Forman parte de cadenas con eslabones sumergidos en la economía informal, sus niveles de inclusión social son bajos, el elemento de sostenibilidad ambiental es descuidado por gestores y autoridades locales.

### *Pertinencia de los servicios profesionales*

Al estudiar la pertinencia de los servicios profesionales de apoyo para la implementación de las acciones previstas dentro de la estrategia y frente a la potencial diversificación de la matriz productiva local, se demuestra una tendencia a la baja de la pertinencia de estos en el período 2014-2017, dado en lo fundamental por las condicionantes siguientes.

Al constatar la oferta de servicios de capacitación de la educación y la educación superior con las brechas formativas identificadas como paralizantes del desarrollo local, y que se inscriben en temas de gestión empresarial, hace evidente la poca utilidad de estos servicios en el territorio, lo cual se refuerza al hacer el análisis de modo particular en temas técnicos-productivos donde la pertinencia es calificada como media-alta.

Al estudiar la situación de la infraestructura productiva, se pudo conocer que se dispone de instalaciones de apoyo a la actividad agropecuaria, como talleres con apropiado equipamiento, y todo lo necesario para, de forma mecanizada, asumir las labores de preparación de suelos, cultivo, cosecha y la primera transformación de las principales producciones agropecuarias.

Por su parte, la situación de la infraestructura para la transformación y comercialización de producciones agropecuarias, como carnes, leches, frutas, vegetales, maderas y pieles, resulta insuficiente, esto hace que cada año significativas sumas de dinero migren hacia otros territorios por la no agregación de valor en los límites del municipio.

Respecto a la infraestructura de servicios básicos, se pudo conocer que la infraestructura de acueducto y alcantarillado muestra un estado de insuficiencia y deterioro, condicionado por la falta de mantenimientos y reparaciones.

Las instalaciones de comercio y gastronomía exhiben diferentes niveles de deterioro, los cuales deben detenerse para asumir las nuevas demandas que el entorno exige a estos servicios y la competencia generada por las nuevas formas de gestión puestas en marcha.

Al evaluar la capacidad para la gestión de los sistemas productivos locales por parte del gobierno para dar soporte económico-financiero al desarrollo del municipio, se pudo conocer que las escalas jerárquicas para la toma de decisiones en las principales cadenas productivas con eslabones y actores en el territorio, se inscriben en lo provincial-nacional, dejando muy poco margen al gobierno para incorporar acciones que permitan que los sistemas productivos locales tributen más, en cuanto a ingreso y empleo, a los intereses territoriales. Sin embargo, existe capacidad de decisión sobre “mini-cadenas” locales, respecto a apoyo logístico, respaldo financiero y adecuación del marco regulatorio, lo cual desaprovechan de forma sostenida, aun cuando se trata de productos y servicios de alto impacto socio-económico en el territorio. Dentro de estas “mini-cadenas” destacan:

Servicios técnicos y personales, producción de materiales y elementos de construcción, servicios del hogar, cadenas de expendio de alimentos, transformación de productos agro-forestales a pequeña escala, transformación de pieles de ganado menor, artesanía utilitaria y servicios de recreación sana.

Las cadenas productivas locales, además, carecen de un “ente” que coordine a los diferentes eslabones y actores en favor de los objetivos de mercado que las mismas asumen, generando incoherencias organizacionales, desequilibrios en los procesos inversionistas y conflictos de todo tipo en la gestión. El funcionariado del gobierno evidencia una baja formación en temas de cadenas productivas y, en consecuencia, para la gestión de estas y de las redes empresariales conformadas.

Para estudiar la capacidad de las organizaciones empresariales de soportar el desarrollo del territorio se escogieron 11 organizaciones entre estatales y cooperativas de diferentes formas de organización. Respecto a su objeto social, se pudo conocer que todas las organizaciones sostienen producciones de baja rentabilidad, llegando en algunos casos a exhibir negocios sostenidamente irrentables. Las organizaciones estudiadas sólo desarrollan entre 19 y 57% de las actividades autorizadas en su objeto social y las modificaciones identificadas en estos obedecen a indicaciones de niveles superiores y no a iniciativas propias para impulsar el desarrollo empresarial.

Respecto al elemento organizacional, el 45% de la muestra no dispone de estrategia o programa de desarrollo y las estructuras organizacionales son totalmente verticales, dada la poca participación en la toma de decisiones de trabajadores y cooperativistas. De forma mayoritaria, sus mandos no conocen métodos y técnicas de dirección teniendo la percepción de que esta limitante no influye en su desempeño gerencial. No posee estudios de mercado que le permitan considerar la demanda y dimensionar sus negocios, organizar la producción y gestionar con éxito su empresa; tampoco se pudo comprobar la existencia de estudios de la competencia.

Se revisó la organización de la producción y, respecto a la localización del negocio se pudo constatar que ninguna organización posee estudios de este tipo, lo que justifica la existencia de flujos productivos saturados de derroche y limitados en la captación de valor. La selección de tecnologías, en pocos casos, obedece a una evaluación de viabilidad real y no contempla a profundidad el impacto ambiental. La gestión de proveedores



está basada en el plan de economía, bajo una lógica de cliente cautivo. Los costos de operaciones, por su parte, no son evaluados ni utilizados en la gestión y optimización de procesos productivos.

Al estudiar la gestión de personas, se pudo conocer que los cuadros se designan según la norma vigente y para el caso de especialistas y trabajadores no se desarrollan los análisis competenciales necesarios, se accede a las plazas siguiendo otros métodos de selección y vías de incorporación, lo cual afecta, a mediano y largo plazo, la eficacia y eficiencia en los procesos de gestión y producción.

Los esquemas motivacionales que se emplean son de baja efectividad y, en suma, no generan compromiso hacia los objetivos de la organización y equipos de pertenencia. Los esquemas de formación están basados mayoritariamente en esquemas que trabajan con base en la oferta y no en demandas reales que sean identificadas a través de análisis competenciales diseñados en función de las estrategias o programas de desarrollo de las organizaciones. En ellos se reconoce su baja formación gerencial; con la excepción de la empresa agropecuaria “Máximo Gómez Báez”, el resto de los directivos expresan no dominar lo básico del enfoque de gestión en cadena de los sistemas productivos.

## Principales barreras identificadas como limitante para la expansión

La baja cultura gerencial, la insuficiente cultura contractual, la escasa formación de las personas a cargo de las ventas, la mala promoción a través de estudios de mercado, la baja capacidad innovativa frente a la existencia de un marco regulatorio adverso, son las principales barreras que limitan el desarrollo empresarial.

Sin embargo, todo ello subsiste en un contexto de reordenamiento económico nacional, que reconoce que los municipios poseen recursos y capacidades que pueden desencadenar la iniciativa emprendedora, tanto del sector estatal como el privado. En este entorno se considera la vigencia de las relaciones de mercado que regula en función de los intereses nacionales, mediante un sistema de dirección planificada y en una economía socialista evita la superproducción, el derroche de recursos, el daño ambiental y ampliación de brechas sociales aún existentes (Yera, 2015; Miranda *et al.*, 2016).

De acuerdo con Díaz (2016) los cambios necesarios en el contexto municipal actual son muy complejos y tienden a persistir viejos métodos, debido a que los cambios organizacionales no necesariamente significan que los elementos de la organización dejen de existir para ser sustituidos por los nuevos. Esto ocurre comúnmente en un proceso de cambios como el que se desarrolla actualmente en los municipios, donde es importante la permanencia de elementos pre-existentes (personas, espacios, sistemas, procedimientos, tecnologías, entre otros) que, “en muchos casos se redefinirían, rearticularían, reposicionarían o transformarían en algún plano y grado, según el nivel de impacto, extensión y grado difusivo de lo nuevo que se incorpore en la organización”.

Al mismo tiempo, los nuevos elementos que se incorporen también se verían afectados y eventualmente transformados por efectos de integrarse a un territorio ya poblado en lo material, social y cultural. Esta dinámica de afectación mutua entre lo nuevo y lo que permanece de lo antiguo, iría definiendo una configuración emergente, con propiedades, estabildades e inestabildades propias, que sin duda tendrían efectos inesperados sobre la actividad de las personas, forzadas a definir contingentemente marcos referenciales y

patrones de acción, lo cual presupone una etapa difícil donde habrá que cambiar la cultura organizacional gestada durante 60 años.

Al estudiar la capacidad de las instituciones del gobierno para soportar el desarrollo del territorio se pudo conocer que las estructuras organizacionales son totalmente verticales, rígidas y centralistas, que siguen una lógica de organización “monitor” donde la orden y los recursos siempre se esperan de “arriba” y desde “fuera” del municipio. Lo anterior signa igualmente los sistemas de dirección, que se rigen mediante la gestión por objetivo y, a pesar de sus incipientes resultados, muestran signos positivos en ámbitos como la cultura, la educación, la salud, la dirección de finanzas y precios, así como en organizaciones profesionales con representación en el territorio, todas influenciadas por las exigencias del cambiante contexto nacional actual.

### *Modelo de municipio deseado*

Municipio es el lugar donde el control social expresa la elevada confianza de la ciudadanía en su gobierno, para lo cual promueve la participación del ciudadano en la solución de sus problemas, integrándose en grupos sociales comprometidos con su desarrollo y autodesarrollo, fomentando un socialismo próspero y sostenible desde el hogar y la comunidad, soportado en la reciprocidad, la confianza y la colaboración, generando nuevas solidaridades de forma continua. Por su parte, el gobierno y sus estructuras fomentan la capacidad empresarial local a partir de servicios públicos especializados que dan apoyo a la creación y consolidación de actividad económico-productiva en todas las formas de propiedad, como vía fundamental para elevar el nivel de vida a través del trabajo digno e inclusivo, poniendo en valor los rasgos culturales e identitarios, potenciales naturales y saberes populares de su ciudadanía.

La actividad innovadora en el municipio es soporte de la mejora sostenida del bienestar ciudadano y se fomenta desde el gobierno, mediante estructuras organizacionales especialmente diseñadas para estos fines.

Los servicios profesionales de acompañamiento a la actividad empresarial exhiben alta pertinencia a los contextos y sistemas productivos locales. La universidad y su red de centros de investigación y estudio, las escuelas de capacitación ramales y las asociaciones de profesionales, dan acompañamiento formativo a las redes y cadenas productivas locales.

Los sistemas productivos locales (SPL) se gestionan con enfoque de cadenas y dan soporte económico-financiero a los desarrollos previstos, el gobierno apoya las agrocadenas de alcance nacional, pero prioriza las mini-cadenas y circuitos cortos de estas como vía para disminuir los plazos de dinamización de la economía territorial.

Las instituciones, empresas y comunidades elevan su cultura ambiental y como expresión de esto se inician acciones de restauración y conservación de los ecosistemas locales. Territorio donde, tanto la gestión pública como la privada, tienen enfoque inclusivo implementado a través de la participación ciudadana en el total de ciclos de gestión, la toma de decisiones y la captación de valor para sí.

## Conclusiones

Se identificaron los núcleos positivos, cultura e identidad local, capital natural local, infraestructura disponible y saberes locales, así como los recursos naturales y saberes

populares, que utilizando la infraestructura existente pudieran ponerse en valor, generando actividad empresarial desde las formas de propiedad hoy en uso. Se evaluó el capital social a partir de componentes específicos, así como la actitud emprendedora de las instituciones, organizaciones y personas.

En talleres participativos se revisó la misión y se trabajó en su corrección y adecuación a los nuevos escenarios. Las metas estratégicas por definir se movieron a través de las variables identificadas y tuvieron como fin, a partir de la implementación de líneas de trabajo, la creación de las condiciones necesarias para que las personas, organizaciones empresariales e instituciones puedan acceder a las oportunidades de desarrollo, identificadas como vía natural para el progreso del territorio.

La ejecución de proyectos permitió que la Plataforma Multiactoral de Gestión funcione a plena capacidad; respecto a la gestión operativa, se reconoce que la plataforma modificó la manera en que las instituciones se ven en el marco del territorio, en tanto favoreció el trabajo en equipo y la conformación de un plan común que se gestiona desde el gobierno, con una determinante participación de la Universidad y las instituciones de ciencia y técnica como catalizadores. Ello generó cambios en los estilos de dirección vertical, por orientación, hacia estilos más dirigidos a la previsión de los decisores de base.

Las prácticas promovidas, de cara a perfeccionar el papel de las instituciones académicas en la gestión del desarrollo municipal, favorecieron la modificación de las maneras de diseminar conocimiento mediante la apertura de espacios de innovación más horizontales y el establecimiento de nuevos mecanismos de planificación y gestión que estimulan la consolidación de alianzas y vínculos entre los actores locales. El municipio tiene su plan estratégico y se vincula con el nuevo marco regulatorio que se abre paso en el país.

## Referencias

- Chaguay, L.A.L. y García, M.F.E. (2016). Espíritu emprendedor: actitud de cambio para la innovación y emprendimiento. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*. 1(4): 31-35.
- Díaz, C. (2016). Gestión del cambio en las organizaciones: efectos sobre la actividad y las personas. *Laboral*. 12(2): 33-55.
- Godet, M. (2000a). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*. Disponible en: <http://www.prospektiker.es/documentos/Caja2000> (Consultado 4 marzo 2013).
- Godet, M. (2000b). *De la anticipación a la acción: Manual de prospectiva y estrategia. Términos de Prospectiva*. Disponible en: <http://www.ciencia.vanguardia.es/ciencia/portada/> (Consultado 4 marzo 2000).
- Guzón, A. (2006). *Desarrollo Local en Cuba. Retos y perspectivas*. Editorial Academia. 304 p.
- Mendoza, C.J.M. y Cruz, I.M. (2017). Gestión de información, gestión de redes y gestión de cambio: una visión integral para la oportuna toma de decisiones en el desarrollo sostenible. Experiencia: modelo de gestión de conocimiento del CREDIA. *Ciencias Espaciales*. 10(2): 136-147.
- Miranda, T; Ortega, L.P; Machado, H.C.; Sardiñas, J.A. (2016). La capacidad gerencial del sector empresarial agropecuario en Cuba. Situación actual y brechas de formación. *Pastos y Forrajes*. 39(3): 143-150.
- Miranda, T.; Machado, H.; Lezcano, J.C. et al. (2019) Aprendizajes en el proceso de gestión del desarrollo local en un municipio matancero. *Pastos y Forrajes*. 42(1): 73-80.
- Oropesa, K.; Bober, K.; Miranda, T. et al. (2019). Experiencias del Sistema de Innovación Agrícola Local para enfrentar los desafíos productivos en el municipio Perico. *Pastos y Forrajes*. 42(2): 171-180.
- Thévoz, L. (2006). *Procesos de concertación para la gestión pública. Conceptos, dimensiones y herramientas*. Editorial Félix Varela. La Habana. Cuba. 195 p.
- Whitney, D. (2010). El poder de la indagación apreciativa. Una guía para el camino positivo. Editorial CENESEX. La Habana. Cuba. 308 p.
- Yera, L.M. (2015). *Repensando la economía socialista: El quinto tipo de propiedad empresarial*. Editorial de Ciencias Sociales. La Habana, Cuba. 48 p.

# Tecnologías sociales, experiencias desde la apropiación social del conocimiento en comunidades campesinas

Fabián Cruz<sup>1\*</sup>

Laila Bernal-Bechara<sup>2</sup>

Abelardo Conde-Pulgarin<sup>2</sup>

Andrea Celemín-Sarmiento<sup>2</sup>

Ariosto Ardila-Silva<sup>3</sup>

## Introducción

La generación de capacidades de producción y el desarrollo tecnológico se consideran el modo más seguro de sostenibilidad y progreso social. Esta búsqueda de conocimiento hace que las comunidades científicas generen estrategias para socializar los resultados obtenidos de sus investigaciones y que los demás actores de la sociedad los comprendan y asimilen, lo cual significa la democratización para el acceso y uso del conocimiento, que deriva en mejor calidad de vida de las comunidades. Sin embargo, existe una desconexión entre el conocimiento generado por los científicos y la comunidad, que no permite una sostenibilidad en su implementación, porque no responden a necesidades comunitarias, o porque la comunidad no logra apropiarse dicho conocimiento. En otras palabras, el desarrollo de una sociedad depende de cómo el conocimiento producido por la academia es apropiado por el resto de la comunidad para solucionar problemas cotidianos, y cómo éste interactúa con los conocimientos populares o ancestrales.

En el sector agropecuario en Colombia y en especial para las comunidades campesinas, las tecnologías convencionales se caracterizan por que en su mayoría no generan procesos de inclusión social, como respuesta a esto; el enfoque interdisciplinar de tecnologías sociales soluciona problemas desde la elaboración de políticas dentro del campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología para lograr dicha inclusión, así como el desarrollo de metodologías de investigación apropiadas que apalancadas por las instituciones públicas, privadas y organizaciones no gubernamentales, ayudan en la dinamización de dichos procesos (Dagnino *et al.*, 2004).

Las comunidades campesinas, indígenas y afrocolombianas siempre desarrollan sus actividades y prácticas agropecuarias en el contexto de sistemas, entendido como ese complejo conjunto de interrelaciones que existe entre los individuos, el medio y todos los elementos presentes que favorecen el desarrollo. Estos sistemas de producción agropecuaria que se pueden considerar como tradicionales, cuentan con la característica multifuncional,

1 Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Antonio Nariño. Cra 3 este #47<sup>a</sup>-15. Bogotá, Colombia.

2 Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de La Salle. Cra 7 # 179-03. Bogotá, Colombia

3 Rector de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ETITC). Cra 13 # 16-74. Bogotá, Colombia.

\* Autor de correspondencia: jaime.cruz@uan.edu.co.

porque articulan procesos culturales, ecológicos y económicos, principios de la sostenibilidad que se constituyen en ejes fundamentales para la vida, la seguridad alimentaria y contribuyen a la conservación de la agrobiodiversidad (Zuluaga y Ramírez, 2015).

Este capítulo contiene de manera particular una reflexión sobre los procesos de apropiación social y la presentación de algunos estudios de caso, propios de comunidades campesinas y afrocolombianas, como la de un ecosistema frágil de la zona del Sumapaz, otro con comunidades campesinas en la región del Patía (ambos en la región andina colombiana), y otro de la región del Pacífico con comunidades afrocolombianas que poseen tecnologías que parten de la apropiación de su conocimiento ancestral, en muchas actividades agropecuarias que se erigen desde sus territorios (Landini, 2010).

## Diálogos entre saberes científicos y no científicos para entender la naturaleza

Las cosmologías científicas y no científicas contribuyen para que la especie humana, a través de la historia, se aproxime a encontrar posibles explicaciones acerca del cosmos, la naturaleza, la vida y el hombre. También contribuyen a la búsqueda de sentido por parte del hombre, porque como afirma Harari (2018), en sí mismo, el universo es sólo un revoltijo sin sentido de átomos; el universo no le da sentido al hombre, es él quien le da sentido al universo; esta es su vocación cósmica.

A partir de diferentes cosmogonías, compartidas por distintas culturas y civilizaciones mundiales, Philippe Descola propone un nuevo enfoque de abordar continuidades y discontinuidades entre el hombre y la naturaleza o medio ambiente; pone de relieve cuatro modos de identificar a los “existentes” y agruparlos sobre la base de características comunes que se corresponden a nivel mundial: el totemismo, caracterizado por la continuidad material y moral entre humanos y no-humanos; el analogismo, que sostiene discontinuidades a nivel material y moral; el animismo, que atribuye a los no-humanos la interioridad de los humanos, pero los diferencia por el cuerpo; y el naturalismo que, al contrario, asocia a los humanos con los no-humanos, por las continuidades materiales y los separa por la cultura (Descola, 2012).

Lo anterior se articula bien dentro de una tesis científica continuista, evolucionista y no antropocéntrica. Esto permite rescatar elementos de los saberes científicos y no científicos, en torno a que existe una continuidad natural o física entre las diferentes formas de vida, ya que todos somos materia bariónica, pero también una continuidad material con el medio ambiente, por las mismas razones; lo abiótico está vivo a su manera, o como lo reporta Roldán (2015) en palabras de Leibniz: "es necesario que las piedras sientan".

Pero adentrándonos en el contexto Latinoamericano, esa complementación de saberes científicos y no científicos no siempre es posible. El lenguaje científico es visto por la ilustración como el más perfecto de todos los lenguajes humanos, en tanto que refleja de forma más pura la estructura universal de la razón (Castro-Gómez, 2010). La colonialidad del poder tiene dos dimensiones: en manos del Estado metropolitano y de las élites criollas neogranadinas, la ilustración fue vista como un mecanismo idóneo para eliminar las “muchas formas de conocer”, vigentes todavía en las poblaciones nativas, y sustituirlas por una sola forma única y verdadera de conocer el mundo: la suministrada por la



racionalidad científico-técnica de la modernidad. Este intento caracterizó también la actitud misionera de las élites políticas criollas durante todo el siglo XIX en América Latina (Castro-Gómez, 2010).

La violencia ejercida por el colonialismo europeo en el mundo no fue sólo física y económica, sino también “epistémica”. Hacia finales del siglo XVIII, la violencia epistémica del imperio español en América asume una forma específica: la *hybris* del punto cero. Es el momento en que la irrupción mundial del capitalismo exigía que la multiplicidad de expresiones culturales del planeta fuera traducida como una serie de diferencias ordenadas en el tiempo. Las “muchas formas de conocer” quedan integradas en una jerarquía cronológica donde el conocimiento científico-ilustrado aparece en el lugar más alto de la escala cognitiva, mientras que todas las demás epistemes son vistas como su pasado. Los pensadores criollos ilustrados, vehículos de esta nueva política del significado, no dudaron en ubicar a los negros, indios, mestizos y campesinos de la Nueva Granada en el lugar más bajo de la escala cognitiva.

Esto también generó una violencia contra la naturaleza, el medio ambiente y el planeta. Noguera (2018) sostiene que se impuso una sola forma devastadora y cruel de habitar la tierra: una sola forma de producción de alimentos, el monocultivo; una sola red de símbolos, la monocultura; una sola forma de comunicación, las redes virtuales; una sola forma de pensar, la racional-instrumental; una sola forma de organización política, social y económica; una sola espacialidad, un modelo de ciudad y Estado-nación; una forma de producción energética; una misma forma de pensar y vivir. Asistimos a las más graves consecuencias de lo global: la crisis de lo planetario, de la tierra, de la alteridad, de la vida, la crisis ambiental radical.

Afirma Noguera (2018) que, el problema en la cultura occidental consiste en habernos creído amos y señores de la “creación”, de las otras formas de vida y de la tierra, cuando apenas somos una diminuta parte de la naturaleza; haber creído que la libertad consistía en dominar y explotar la naturaleza; haber creído en la infinitud de la razón, cuando ésta es una mínima parte de lo humano; haber creído ser humano *sin naturaleza*, cuando sólo es posible serlo en ésta; haber despreciado la tierra, cuando se trata de nuestra madre; haberla reducido a objeto, cuando se trata de un bello misterio; haber creído que la ciencia puede explicar la totalidad de la vida, cuando no se puede reducir a una fórmula matemática, en un dato, en una cuantificación. La tragedia de nuestras sociedades es, haber creído que la naturaleza era de su propiedad, cuando los animales humanos somos los que nos debemos a la naturaleza.

Todos los saberes científicos como no científicos, y en estos últimos, los saberes de los indígenas y los campesinos nos enseñan que, en el árbol de la vida, la especie humana, no es más que una rama superficial que se debe y pertenece a la naturaleza. El ser humano no es superior a las otras formas de vida, pues cada una de ellas posee los mecanismos necesarios para adaptarse al medio ambiente, ya que los seres vivos no existimos en un vacío ecológico, afectamos y somos afectados por las dinámicas de la naturaleza. El hombre, es ante todo una entidad viva, con una ancestralidad cósmica, biológica y cultural, que viaja en esta nave planetaria, para cuidar de sí mismo, de los otros seres vivos y de la tierra, porque todos: sol, tierra, agua, vida y humanos, estamos constituidos de la misma materia-energía emanada del núcleo de las estrellas.



## Aportes comunitarios a la sostenibilidad en ecosistemas frágiles (Páramo)

El conocimiento se convierte en el factor de crecimiento y progreso más importante de las sociedades contemporáneas y la educación en el proceso más crítico, para asegurar el desarrollo de sociedades dinámicas (Chaparro, 2003). Por ende, aprender con las comunidades a reconocer la trascendencia de su conocimiento ancestral, e identificar y reaprender sus conocimientos locales, es tal vez el papel más importante de los investigadores en la planificación y ejecución de programas y proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico que se desarrollan con comunidades campesinas.

El diálogo de saberes debe propiciarse por parte de los investigadores a través de metodologías de investigación participativa que promuevan la educación y el desarrollo de capacidades al interior de las comunidades, involucrando los diversos actores de la región y de las organizaciones campesinas.

En ese orden de ideas, durante los años 2018 al 2020 se desarrolló una experiencia de trabajo comunitario con dos organizaciones campesinas de la localidad 20 de la Bogotá rural, correspondiente al ecosistema frágil del Páramo de Sumapaz (Castillo-Reyes *et al.*, 2019) con los cuales se planificaron y ejecutaron diversas acciones principalmente enmarcadas en el contexto de la formación de capacidades, a través de la estrategia pedagógica denominada “generación de productos innovadores en sistemas de producción agropecuaria en Sumapaz”.

La iniciativa parte de la búsqueda de alternativas a la producción bovina imperante en la zona, dado que es un ecosistema que debe ser conservado, por la importancia que tiene en la generación del principal recurso natural: el agua. La estrategia busca de manera sistémica priorizar otras fuentes alternativas de obtención de proteína de origen animal: conejos y aves, establecimiento de huerto circular para disponer de plantas alimenticias: tomate (*Lycopersicon esculentum mill*), cebolla (*Allium sp.*), repollo (*Brassica oleracea*), lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), albahaca (*Ocimum basilicum*) y medicinales: caléndula (*Caléndula officinalis*), menta (*Mentha spicata*), ruda (*Ruta graveolens*), manzanilla (*Chamaemelum nobile*), entre otras que favorezcan la seguridad alimentaria bajo producciones orgánicas, sostenibles y agrobiodiversas; además de incluir cultivos protegidos como la producción de forraje verde hidropónico de especies vegetales: raigrases (*Lolium sp.*), cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum sp*), avena (*avena sativa*), tréboles (*Trifolium sp*), como fuente de alimentación para conejos y gallinas de postura.

En este contexto las principales competencias que se desarrollaron y fortalecieron con los líderes comunitarios, los productores y estudiantes de media secundaria de la región fueron:

### *Analíticas*

- Reconocimiento de saberes locales y sus potencialidades en la identificación, diseño e implementación de procesos o productos en los sistemas de producción y comercialización de productos innovadores con especial énfasis en recursos locales.

- Identificación de las restricciones y potencialidades de los agroecosistemas y su priorización como herramienta para el desarrollo de nuevas prácticas y procesos en los sistemas de producción, con especial interés en el diseño de modelos de producción integrados, que aporten al mejoramiento de los indicadores de sostenibilidad de los sistemas en el marco de metodologías de evaluación agroecológica rápida (Altieri y Nicholls, 2002).

### *Propositivas*

- Con especial énfasis en el fortalecimiento de la creatividad como una habilidad esencial para el desarrollo de propuestas novedosas en productos o procesos de producción, transformación, conservación y comercialización con valores agregados, se emplea parte de la oferta natural de la zona como el agraz silvestre (*Vaccinium myrtillus*), el mortiño (*Vaccinium meridionale*) y el laurel de páramo (*Laurus nobilis*) en la inclusión de derivados lácteos y cárnicos que fueron seleccionados y elaborados con la comunidad.

En la actualidad (año 2021) el proyecto de investigación se encuentra aún en ejecución, pero como resultados parciales se pueden destacar los siguientes:

- El fortalecimiento de la capacidad organizacional y el desarrollo de estrategias para el mejoramiento de los procesos de autogestión del 100% de las dos asociaciones comunitarias presentes en la vereda Ánimas, corregimiento de Nazareth, localidad de Sumapaz.
- El reconocimiento de la importancia y valor del conocimiento local y metodologías para potenciar procesos de autogestión del desarrollo.
- Se capacitó y certificó en los procesos de producción y transformación de productos lácteos y cárnicos con elementos innovadores por parte de la Universidad de La Salle a más del 80% de los miembros de cada asociación.
- El desarrollo de dos procesos de producción y transformación de productos lácteos y cárnicos que rescatan saberes locales y utilizan recursos agroecológicos considerados locales. Con cada asociación se planeó, se identificó, se diseñó y se estandarizó un producto innovador con recursos locales:
  - a. Quesadilla con la inclusión de agraz silvestre.
  - b. Pepitoria, especialidad culinaria elaborada con sangre y vísceras rojas y blancas de caprino con la inclusión de laurel de páramo (*Laurus nobilis*).
- El diseño e implementación de un sistema de producción integrado agrícola: primera huerta circular y la producción artesanal de forraje verde hidropónico bajo invernadero, articulada a la producción pecuaria con especies menores, conejos y aves de postura, con mejores indicadores de sostenibilidad, que busca constituirse en una alternativa de transición para la región, enclavada en agroecosistemas frágiles de páramo de importancia social y económica extrema para la capital y el país.

## Apropiación social en comunidades afrocolombianas

El conocimiento tradicional de las comunidades afrocolombianas asentadas en el Pacífico colombiano, se identifica como una forma de apropiación social ancestral desde el territorio por sus saberes, la tradición oral, el derecho colectivo que tienen sobre los recursos genéticos y el patrimonio asociado a ellos. El respeto que se tiene de la naturaleza se constituye en el mejor ejercicio de soberanía territorial (Cárdenas, 2010).

El mejor ejercicio organizativo de apropiación social de las comunidades afrocolombianas es el logro de la titulación colectiva del territorio, emanado de una ley que privilegia el fortalecimiento del proceso organizativo, la importancia del conocimiento tradicional, la revalorización de la cultura, la soberanía alimentaria, la implementación de proyectos productivos agroecológicos que respeten la biodiversidad, el uso de metodologías de investigación, acción, participación y el respeto de sus derechos colectivos, donde las comunidades establecen sus planes de manejo y la reglamentación para acceder a los recursos naturales (Sánchez, 1998).

En las comunidades afrocolombianas del Pacífico, uno de los principales saberes tradicionales que impera es el conocimiento sobre las plantas y los usos a nivel medicinal, alimenticio y aromático. En dicho contexto la selva húmeda tropical es considerada una gran despensa farmacéutica, pues casi todos los principios activos que se conocen para los diversos medicamentos están en las plantas. El conocimiento tradicional acompañado de la observación, permitió que un grupo de mujeres del alto San Juan identificaran y evaluaran plantas como la albahaca (*Ocimum basilicum*) y la santa maría (*Piper peltatum*), entre otras, como parte de la dieta de las aves de patío (Bernal-Bechara, 2002). Estas dos especies vegetales fueron evaluadas en ensayos con pollos de engorde (Bernal-Bechara, 2016a), gallinas en pastoreo y gallinas en jaula (Bernal-Bechara, 2016b) para evidenciar las propiedades prebióticas de estas especies, además de las propiedades organolépticas que se transmiten a la carne al momento del consumo por parte del humano. Se encontró que el uso de estas especies vegetales en bajos niveles en la dieta favorecen la ganancia de peso y el peso final de los pollos de engorde, aumentan el porcentaje de postura, mejorando el número de huevos de mayor tamaño, ya que favorecen la salud intestinal por el control que probablemente hacen sobre la flora bacteriana. El desarrollo de este trabajo con la comunidad permitió la inclusión de estas especies vegetales propias de la región en la dieta de las aves de manera constante para reducir los tiempos en los que se obtiene proteína de origen animal, con el fin de garantizar productos inocuos que están en pro del bienestar animal.

Esta experiencia privilegia a la comunidad en la oportunidad que se generó de valorar el conocimiento tradicional al seleccionar especies vegetales con ellos (investigación acción participación), su evaluación, identificación de las bondades que estas plantas ofrecen en otras áreas de investigación y el favorecimiento sobre la dieta de los humanos al incluirla cotidianamente, integrando una proteína de origen animal con la oferta natural del medio, bajo prácticas sostenibles que dan valor agregado y contribuyen a la seguridad alimentaria. Además, se abrió la posibilidad del intercambio de saberes entre la comunidad cuando se realizó la socialización de toda la investigación de manera práctica, pues se compartió la experiencia de elaboración de las dietas, reconocimiento de ingredientes,

aditivos y alimentación a las aves con lo que ellos elaboraron, como una opción desde la biodiversidad natural.

La apropiación social inicia desde el territorio reconociendo la oferta natural, el valor ancestral sobre el uso de cada uno de los recursos naturales y la tradición oral, que se hace de generación en generación con respeto por el ambiente en pro de conservar la biodiversidad. El desarrollo de esta propuesta de investigación dejó como resultados los que a continuación se comparten:

- La utilización de 0.05% (base fresca) de albahaca (*Ocimum basilicum*) en la dieta de los pollos de engorde favoreció el rendimiento productivo en cuanto a crecimiento a los 42 días de las aves (peso final de 2 362 g vs 2 236 g control).
- Incluir en la dieta de las gallinas ponedoras en pastoreo el 0.05% (base fresca) de hojas de albahaca (*Ocimum basilicum*), favoreció la mayor postura de las aves (alcanzando valores de 92%) y la integridad de las vellosidades intestinales en los cortes histológicos realizados como parte de la salud intestinal. Cuando se empleó en la dieta el 0.05% de las hojas de santa maría (*Piper peltatum*), se obtuvo mayor número de huevos con mayor peso.
- En las gallinas ponedoras en jaulas se encontró que con la inclusión del 0.05% de albahaca (*Ocimum basilicum*) se obtiene el 90% de postura, mayor número de huevo ave alojada (6.30) y 1 680 de conversión alimenticia.
- Se capacitaron 20 personas de la asociación campesina afrocolombiana y 10 funcionarios del Instituto de Investigaciones Ambiental del Pacífico (IIAP) en la elaboración de dietas para aves con las especies vegetales de la biodiversidad. La certificación del curso fue emitida por la Universidad de La Salle.

## La apropiación social con una asociación campesina en la cuenca del Patía

El municipio de Sucre (Departamento del Cauca, Colombia) hace parte del entorno geográfico del Valle del Patía, zona que viene degradándose ambientalmente desde hace años y muestra señales evidentes de desertificación; los cambios dramáticos en su medio ambiente permitieron identificar cauces secos de ríos que la comunidad referencia como nichos de una alta población ictícola y fuente de alimentación para habitantes de la región en otros tiempos. Diversas actividades poco amigables con el medioambiente generaron una problemática ambiental que terminó afectando la microcuenca del río Mazamoras, perteneciente a la cuenca del río Patía.

La tala de bosques para el beneficio de sus maderas finas en primer término, abrió los espacios para la colonización del territorio y, con ello, la caza de especies animales, así como las malas prácticas agropecuarias. Se establecieron ganaderías en áreas con vocación agrícola, o cultivos en áreas con vocación forestal que contribuyeron a la degradación de los recursos naturales del municipio. Esta situación fue agravada por el establecimiento de cultivos ilícitos, que incrementaron los procesos de deforestación y, junto con el relieve y el cambio climático, conllevaron a que Sucre fuera un municipio con serios problemas ambientales que incidían negativamente en la población. La degradación de los suelos, la

erosión generalizada y la escasez del recurso hídrico en las veredas de la zona baja generaron problemas de abastecimiento para consumo y labores agropecuarias.

Para finales del siglo XX e inicios del XXI, la problemática de la región incluyó la acción de grupos guerrilleros y paramilitares en la zona, que llevó a procesos de migración y al abandono de las actividades agropecuarias. Sin embargo, la resiliencia de las comunidades llevó a que un grupo de pequeños productores ganaderos de la comunidad, organizados en una asociación campesina, buscaran contribuir a la solución de problemas generados por las fumigaciones, quemas y prácticas agresivas contra el medio ambiente; desastres ambientales como el incendio de la montaña tutelar “Cerro negro” (lugar donde nace el río Mazamorra, principal fuente de agua del municipio) que ardió por más de dos meses durante el año 2015, conmocionando la conciencia de los Sucreños y fortaleciendo la idea de un proyecto para apuntalar todas las prácticas agropecuarias en tutela del medio ambiente.

La comunidad, de manera articulada con la universidad y el estado, gestionaron una propuesta que incluyó el desarrollo de sistemas agroforestales, en particular el establecimiento de cincuenta hectáreas de sistemas silvopastoriles (SSP) pertenecientes a cincuenta ganaderos de la organización comunitaria, la construcción de dos corredores biológicos y la reforestación estratégica alrededor de nacedores y rondas de los ríos y quebradas afluentes del río Mazamorra (con 25 500 árboles entre corredores y reforestación). La comunidad se interesó por contribuir con el mejoramiento y conservación de su medio, para corregir los desequilibrios en recursos como suelo, agua, biodiversidad y aire, que se crearon por la actividad antrópica, con consecuencias directas para la misma comunidad.

A partir de la implementación de metodologías como el diálogo de saberes entre comunidad y grupo externo, la cartografía social (Mejía *et al.*, 2018) y el relato de experiencias, se buscó la apropiación social y la sostenibilidad del proyecto (Cruz *et al.*, 2018; Arnes *et al.*, 2018). Se realizaron actividades como la socialización del proyecto, talleres de reconocimiento de la región haciendo uso de cartografía social y cursos sobre sistemas silvopastoriles y ganadería ecológica (Cruz *et al.*, 2017). Los jóvenes y niños participaron del proyecto en actividades de reforestación, visitas educativas al vivero y creación de cuentos.

El desarrollo y la implementación tecnológica del proyecto permitieron que se concretaran las siguientes actividades:

- El diseño de los SSP en trabajo concertado con los productores con uso priorizado de recursos locales (Cruz *et al.*, 2015).
- La selección de áreas para reforestación e implementación de corredores biológicos.
- El muestreo de suelos de las fincas participantes en el proyecto para su análisis fisicoquímico y microbiológico.
- La construcción de un vivero para la producción del material vegetal.
- Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de los suelos, así como los muestreos y análisis bromatológicos de forrajes locales con potencial para producción y manejo en los SSP.



El proyecto se concluyó de manera exitosa con el apoyo y cogestión de la comunidad. Se sembraron 38 940 árboles para SSP y 25 500 árboles más en dos corredores biológicos y procesos de reforestación en quebradas y áreas estratégicas de la microcuenca. En las actividades de capacitación y de trabajo comunitario se denotó el compromiso de la comunidad por sacar adelante el proyecto. El apoyo técnico del grupo de la Universidad facilitó la construcción y apropiación de la solución. Los resultados técnicos se evaluaron exitosamente y hoy la comunidad continúa con la estructura implementada, con venta de árboles frutales, maderables y forrajeros a municipios vecinos, y se busca la gestión del acopio y comercialización de productos locales.

## Consideraciones finales

Las tecnologías sociales deben considerarse como un enfoque que facilita la articulación y el trabajo con las comunidades campesinas. Su implementación y la apropiación social facilita la resolución de problemas prioritarios para ellas, se aprovecha el conocimiento del territorio, el saber ancestral y la interacción de la comunidad con las entidades del estado, las universidades y las empresas. Esto permite una mejor gestión de los recursos naturales y la visualización de diversos escenarios que ayuden a mejorar su nivel de vida, mediante un desarrollo endógeno que favorezca también la seguridad alimentaria.

## Referencias

- Altieri, M. y Nicholls, C. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Revista Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa rica)*. 64: 17-24.
- Arnes, E. y Astier, M. (2018). *Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos*. Publicado por UNESCO-UNAM-CIGA. Morelia, Michoacán, México. 237 p.
- Bernal-Bechara, L.C. (2002). *La producción tradicional de cerdos y gallinas en el Chocó*. Instituto de Investigaciones ambientales del Pacífico "Jhon Von Neumann" (IIAP). Programa de Seguridad Alimentaria. Serie: Los sistemas productivos tradicionales del pacífico colombiano. Cartilla 1. Editorial Copiados Panorama. 26 p.
- Bernal-Bechara, L.C. (2016a). Use of aromatics plants in the diet on performance of broilers in Colombia. *J. Dairy Sci.* 99(E-1): 473.
- Bernal-Bechara, L.C. (2016b). Efecto de la utilización de plantas aromáticas en la dieta sobre los parámetros productivos de aves en Colombia. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 24(1): 48.
- Cárdenas, G. (2010). *El conocimiento tradicional y el concepto de territorio*. Núcleo de Estudios, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária (NERA). [http://www2.fct.unesp.br/nera/artigodomes/2artigodomes\\_2010.pdf](http://www2.fct.unesp.br/nera/artigodomes/2artigodomes_2010.pdf) (Consultada 10 enero 2020).
- Castillo, L.; Rolón, B.; Conde, A.; Bernal, L. y Vergara, W. (2019). *Páramo de Sumapaz: una apuesta a la sostenibilidad desde las organizaciones campesinas*. *Revista Ámbito Investigativo*, 4(19): 30-36. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1032&context=ai> (Consultada 12 enero 2020).
- Castro, S. (2010). *La hybris del punto cero. Ciencia, raza e ilustración en la Nueva Granada (1750-1816)*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Segunda edición. Bogotá. 364 p.
- Chaparro, F. (2003). *Apropiación social del conocimiento, aprendizaje y capital social*. <https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1HP0C7ML6-1BSFXDZ814L/apropiacion%20social%20chaparro.pdf> (Consultada 14 enero 2020)
- Cruz, F.; Almansa, J.; Uribe, M. y León, G. (2015). *Uso de recursos locales como estrategias de adaptación al cambio climático en pequeños productores ganaderos*. VII Simbras. Viçosa. Brasil. 377 p.
- Cruz, F.; Almansa, J.; Uribe, M. y León, G. (2017). *Elementos para una ganadería ecológica en el municipio de Sucre (Cauca)*. Universidad Antonio Nariño. Bogotá. Colombia. 48 p.



- Cruz, F.; Mena, Y. y Rodríguez, V. (2018). Methodologies for assessing sustainability in farming systems. *Sustainability assessment and reporting by Gokten & Gokten*. London. United Kingdom. 98 p.
- Dagnino, R.; Brandao, F.C. y Novaes, H.T. (2004). Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Río de Janeiro: Fundação Banco do Brasil. Pp. 65-81.
- Descola, P. (2012). *Más allá de naturaleza y cultura*. Amorrortu Editores. Buenos Aires, Argentina. 624 p.
- Harari, Y.N. (2018). *21 lecciones para el siglo XXI*. Editora Géminis S.A.S., Bogotá, Colombia. 384 p.
- Landini, F. (2010). La dinámica de los saberes locales y el proceso de localización del saber científico. Algunos aportes desde un estudio de caso. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 7(65): 21-43.
- Mejía, J.; Valencia, M.; León, G.; Uribe, E.; Cepeda, L.; Almansa, J.; Cruz, F. y Erazo, J. (2018). *Prácticas agroecológicas para la adaptación al cambio climático. Sistemas productivos: café, caña panelera y ganadería*. Universidad Antonio Nariño. Bogotá. Colombia. 123 p.
- Noguera, A.P. (2018). *Pensamiento ambiental en la era planetaria, biopoder, bioética y biodiversidad*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 142 p.
- Roldán, C. (2015). *Leibniz: en el mejor de los mundos posibles*. Editorial. Bonallettera Alcompas, S. L., España. 143 p.
- Sánchez, E. (1998). *Los sistemas productivos tradicionales una opinión propia de desarrollo sostenible*. Tomo IV. Proyecto Biopacífico. Informe Final General. Bogotá, Colombia. 122 p.
- Zuluaga G.P. y Ramírez L.A. (2015). Uso, manejo y conservación de la agrobiodiversidad por comunidades campesinas afrocolombianas en el municipio de Nuquí, Colombia. *Etnobiología* 13(3) :5-18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5294501> (Consultada 15 enero 2020).

# Integración de producción de alimentos y bioenergía en el desarrollo de sistemas sostenibles

Jesús Suárez Hernández<sup>1\*</sup>

Giraldo J. Martín Martín<sup>1</sup>

Luis Cepero Casas<sup>1</sup>

José A. Sotolongo Pérez<sup>2</sup>

Yunier Iglesias Vaillant<sup>3</sup>

## Introducción

Actualmente, la aplicación de cualquier tecnología debe generar impactos positivos, tanto económicos, sociales y ambientales; en el caso específico de la agricultura debe facilitar la producción sostenible, la seguridad alimentaria y el acceso al agua y la energía limpia, detener y revertir la degradación de los recursos naturales, el aumento de la biodiversidad, la reducción y reutilización de residuos, la creación de servicios ambientales ecosistémicos y empleos dignos, la mejora de la calidad de vida rural, la adaptación y mitigación del cambio climático, el fomento de sistemas agropecuarios resilientes, así como el desarrollo de una agricultura climáticamente inteligente, de una economía circular y baja en carbono (Campbell *et al.*, 2018; Vence y Pereira, 2019; Dallimer *et al.*; 2020).

Con esta concepción, el sector agropecuario necesita implementar tecnologías y modelos productivos sostenibles, tanto ambiental, socioeconómico como técnico-productivo, y deben ser apropiadas a cada contexto y momento. En este sentido, son pertinentes las denominadas tecnologías sociales, asociadas a todo producto, método, proceso o técnica, para solucionar algún tipo de problema social y atender a los requisitos de simplicidad, bajo costo, fácil aplicabilidad, replicabilidad e impacto social comprobado. Es un concepto contemporáneo que remite a una propuesta innovadora de desarrollo económico o social, basada en la disseminación de soluciones a problemas esenciales, como demandas por alimentos, energía, agua potable, ingresos, medio ambiente, educación, salud y vivienda, entre otras. Las tecnologías sociales pueden originarse en una comunidad y en el ambiente académico, y pueden integrar los saberes populares y los conocimientos científicos y tecnológicos (Dagnino, 2014; Carvajal, 2019).

Este enfoque es promovido por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), en el marco del fomento de sistemas locales de innovación agrícola, que promueven la producción sostenible de alimentos, basados en la agroecología para crear capacidades de soberanía, resiliencia y sostenibilidad. Uno de estos modelos pro-

1 Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

2 Grupo Empresarial Labiofam, Guantánamo, Cuba.

3 Cooperativa ENERGOZ, Santiago de Cuba, Cuba.

\* Autor de correspondencia: [jesus.suarez@ihatuey.cu](mailto:jesus.suarez@ihatuey.cu)

movidos por dicha institución científica catalizadora del desarrollo rural sostenible, creada en 1962, y con un abordaje sistémico, fue la concepción de sistemas de producción integrada de alimentos y bioenergía (Suárez, 2019), basadas en fincas agroenergéticas, definidas como:

[...] la explotación productiva donde se desarrollan, mejoran y evalúan tecnologías e innovaciones para producir, de forma integrada, alimentos y energía, la cual se utiliza como insumo para producir más alimentos en la propia finca, con el propósito de mejorar la calidad de vida rural y proteger el ambiente.

La implementación de este enfoque es apoyada por tres proyectos internacionales liderados por la EEPFIH: Biomasa-Cuba (2009-2021), financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Agroenergía (2011-2014), financiado por la Unión Europea y la ONG portuguesa Oikos, así como Bioenergía (2017-2021), financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

En este capítulo que plasma la implementación y sus resultados, apoyada por varios proyectos internacionales, también se brindan lecciones aprendidas, que constituyen propuestas de desarrollo dirigidas a productores de América Latina.

Entre 2009 y 2012 la prioridad fue la demostración de tecnologías de bioenergía en escenarios productivos (biogás, biodiésel y gasificación), con excelentes resultados en el fomento de sistemas para la producción integrada de alimentos y energía en 14 municipios de las provincias de Guantánamo, Santiago de Cuba, Las Tunas, Sancti Spíritus y Matanzas, con las primeras experiencias de producción de biodiésel y de gasificación de residuos agrícolas y forestales en Cuba. Esta fase demostró que es posible generar, a escala de finca, cooperativa, empresa y comunidad, energía a partir de fuentes renovables y apoyar la producción de alimentos, lograr saltos productivos importantes, así como a generar más empleos e ingresos, logrando cambios en el nivel de vida de las familias rurales. Dichos resultados tuvieron un considerable reconocimiento de las autoridades e instituciones cubanas, y la finca o pequeña empresa agroenergética constituyó el núcleo central de esa fase; ello permitió generar una transición de las fincas agropecuarias a fincas agroenergéticas (Blanco *et al.*, 2014), lo cual es una experiencia transferible al resto de América Latina y el Caribe (ALC).

Sin embargo, en una segunda fase (2013-2016) se generó un tránsito desde el sistema productivo al municipio, como un todo, y se concentró en la formulación e implementación de estrategias municipales de producción integrada de alimentos y energía, en conjunto con los gobiernos y otros actores locales. Paralelamente, en el municipio Martí, provincia de Matanzas, entre 2011 y 2014, se fomentaron fincas agroenergéticas autosustentables basadas en el biogás y el biodiésel a partir de *Jatropha curcas* en siete cooperativas.

Posteriormente, a partir de 2017 se inició el proyecto internacional Bioenergía, con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el apoyo del PNUD, dirigido a incrementar el acceso a tecnologías de bioenergía en Cuba para el uso del biogás y biodiésel por productores rurales, con el apoyo al proceso de transferencia de tecnología para contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) generados por combustibles fósiles.

Las estrategias municipales de producción integrada de alimentos y energía (EM-PIAE) se implementaron en seis municipios: Martí y Calimete (provincia de Matanzas), Cabaiguán (Sancti Spíritus), Manatí (Las Tunas), Urbano Noris (Holguín) y Guantánamo (Guantánamo), los cuales se integran a los programas de desarrollo municipal, fomentan procesos de innovación y crean capacidades técnicas y sociales para fomentar el desarrollo local (Suárez *et al.*, 2018). Al respecto, esta estrategia se define, para las condiciones cubanas, como:

[...] un proceso que permite definir metas, objetivos, políticas y planes a mediano y largo plazos para promover la producción integrada de alimentos y energía a partir de fuentes renovables a escala local, que implica tomar decisiones y asignar recursos, considerando las capacidades y recursos, distintivos o no, que posee el municipio y su entorno. Dicho proceso es implementado por el Gobierno en sinergia con otros actores locales, para impulsar la producción de alimentos, reducir los costos productivos y energéticos, así como mejorar el medioambiente, la gobernabilidad y la calidad de vida de la población (Suárez, 2019).

Definición que se considera un aporte conceptual del proyecto.

La EMPIAE es un componente de la estrategia integral de desarrollo local de cada municipio, y es elaborada por los actores clave del territorio, para su aprobación en la asamblea municipal del poder popular (el poder legislativo local), y contiene: 1) la definición de los escenarios productivos con las principales potencialidades para producir y consumir energía a partir de fuentes renovables, ubicadas en un programa estratégico a corto y mediano plazo; 2) la selección de tecnologías de producción y utilización de fuentes energéticas más apropiadas para cada escenario seleccionado; y 3) la consideración de las potenciales fuentes y modalidades de financiamiento que pueden ser apropiadas para cada una de las acciones a desarrollar.

El resultado final es disponer de un programa estratégico, con sus acciones, que sirva de instrumento de apoyo a la toma de decisiones de los consejos de administración municipal (CAM) y de los organismos estatales en el territorio, y de esa forma contribuir al desarrollo local e incidir en los cambios de políticas energéticas locales y nacionales, que promuevan la producción y uso de las fuentes renovables de energía y faciliten la replicación de experiencias en otros municipios.

Las experiencias contribuyen a crear capacidades, con un enfoque de tecnología social para la producción y utilización de la bioenergía, a partir del biogás, el biodiésel y la gasificación de biomasa, de producción de alimentos sobre bases agroecológicas, así como introducir acciones de mejora ambiental en 22 municipios con diferentes niveles de escala territorial y de incidencia.

Para ello, se crearon redes multi-actorales y multi-institucionales, tanto locales, sectoriales como nacionales, en las que participan los gobiernos locales, el Ministerio de la Agricultura (MINAG), la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), el Ministerio de Educación Superior (MES), el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), el Ministerio de Industria (MINDUS), el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el Ministerio de Economía y Planificación (MEP), y diversos proyectos internacionales, experiencia válida para extender.

## Impacto productivo y económico de los proyectos desarrollados en diferentes escenarios

Las Fases I y II de Biomasa-Cuba (2009-2016) se ejecutaron en 212 escenarios: fincas campesinas asociadas a Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), centros de investigación, granjas y Unidades Empresariales de Base (figura organizativa en las empresas estatales) (UEB), Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), Cooperativas de Producción Agropecuaria (con propiedad colectiva) (CPA) y comunidades rurales. Esos escenarios productivos se localizan en 23 municipios de las provincias de Matanzas, Santiago de Cuba, Sancti Spíritus, Las Tunas, Holguín, Granma y Guantánamo; asimismo, crearon capacidades productivas de energía, alimentos y bioproductos, generación de empleos e ingresos (Suárez, 2019) que se enlistan a continuación:

- 372 nuevos empleos, el 28% para mujeres en igualdad de condiciones (en la fase I: 108 y 14%).
- Incremento de la producción de alimentos en los seis municipios con EMPIAE en 45.5%, respecto a 2011.
- Ingresos de 88.7 millones de pesos cubanos (CUP)<sup>4</sup> en los escenarios participantes que sustituyeron importaciones de alimentos, combustibles y fertilizantes por un valor de 5.9 millones CUP (fase I: 55 millones y 360 000 CUP, respectivamente), sin considerar los ahorros en fletes marítimos.
- Tres plantas de producción de biodiésel instaladas en los municipios Perico, Guantánamo y Media Luna (figura 1).
- 176 biodigestores en operación que tratan los residuales de la producción animal (figura 2), generan anualmente 1 145 317 m<sup>3</sup> de biogás y 12 000 t de bioabonos; a su vez ahorran 388.8 MWh/año de electricidad a partir del uso del biogás en fincas campesinas, evitan las emisiones de metano, la contaminación de cuencas hídricas y la tala de árboles para utilizar su leña como combustible doméstico. Una parte apreciable de estos digestores fue construida por los campesinos, que aportaron una parte o la totalidad de los recursos materiales para su construcción, e incluso le realizaron mejoras al diseño, lo que generó una apropiación de la tecnología como social. Recientemente, se culminó un biodigestor laguna tapada de 5 000 m<sup>3</sup> (figura 3), y se construyen otros dos de similar tecnología, pero de menores dimensiones.

<sup>4</sup> Se utiliza la tasa de cambio oficial vigente en 2020 para personas jurídicas, como son las empresas agropecuarias, cooperativas y campesinos: 1 peso cubano (CUP) equivale a 1 USD; existe otra para personas naturales de 24 CUP equivale 1 USD.



Figura 1  
Planta de producción de biodiésel en Guantánamo



Foto: Juan Pablo Carreras.

Figura 2  
Biodigestor de cúpula fija en una finca campesina del municipio Cabaiguán



Foto: Alexander López, BIOMAS Cabaiguán.



- Plantación de 360 ha de *Jatropha curcas* L. asociada a cultivos de ciclo corto que ocupan el 70% del área en áreas agrícolas ociosas, muy degradadas e invadidas por aroma (*Acacia farnesiana* L. Willd) y marabú (*Dichrostachys cinérea* Wight), en las provincias de Guantánamo, Holguín, Granma, Sancti Spíritus y Matanzas, en su mayoría resultado de la implementación del Programa Nacional de Producción de Biodiésel desde 2014, como parte de la cooperación de Biomas-Cuba y el Grupo Empresarial de Laboratorios Biofarmacéuticos (Labiofam) (figura 4).
- Instalación de 52 nuevas pequeñas plantas de bioabonos y bioproductos inoculados con microorganismos para la nutrición y salud animal, el control de plagas y moscas, así como la higiene ambiental.

Figura 3

Biodigestor de laguna tapada en una gran granja porcina del municipio Martí



Foto: Luis Cepero, Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”.

Figura 4  
Plantación de *Jatropha curcas* asociada con frijol (*Phaseolus vulgaris*)  
en el municipio Guantánamo



Foto: José A. Sotolongo, BIOMAS Guantánamo.

- Montaje de tres gasificadores, en un aserradero de madera en una empresa forestal de Santiago de Cuba, que utiliza la corteza de los árboles talados en la generación de electricidad, en la EEPFIH que aprovecha los residuos de los sistemas agroforestales pecuarios para producir electricidad para la vaquería, y en el secadero de arroz de Amarillas, municipio Calimete, provincia de Matanzas, que utilizará la cáscara residual para el secado de este grano y sustituir todo el combustible que se emplea, así como generación de electricidad para el proceso productivo (figura 5).

Todas estas experiencias son extensibles y disponibles para productores de ALC, para ello, los miembros de los equipos del proyecto que participaron están en posibilidades de difundirlas en cualquier país.



Figura 5  
Gasificador en el secadero de arroz del municipio Calimete



Foto: Luis Cepero, Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”.

## Impacto social y ambiental

- 20 785 personas beneficiadas, de forma directa, mejoran su nivel de vida por incremento de empleos, ingresos, acceso a equipos e insumos productivos, mejores condiciones de trabajo y de vida (Alcázar, 2013; Notter, 2016; Borrás, 2017), así como disponer de diversos equipamientos domésticos y productivos que consumen biogás en 21 municipios de siete provincias.
- Se benefician del biogás 3 220 personas para la cocción, la refrigeración y el alumbrado.
- La entrega y uso a productores en 10 municipios, de cocinas, ollas arroceras, lámparas y refrigeradores alimentados con biogás, permite mejorar la calidad de vida y reducir el consumo doméstico de electricidad entre el 40 y el 80% en cada casa. Actualmente, se crean condiciones industriales para la fabricación de estos equipos domésticos en Cuba a partir de 2021.
- Un enfoque de género transversalizado y un incremento del empoderamiento de las mujeres campesinas, que creó iniciativas de autofinanciamiento y de gobernabilidad en acciones de asociacionismo.
- Cuatro redes de suministro de biogás, que benefician a 53 viviendas y 272 personas que habitan en comunidades rurales en el municipio Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus, y se constituyen en las primeras comunidades rurales en Cuba con una red de abasto de gas para la cocción de alimentos y otros usos, y

- un ahorro de 77.2 MWh/año (López y Suárez, 2018). En el diseño e instalación de estas redes participaron las comunidades, con su fuerza de trabajo e insumos.
- 5 855 productores y especialistas (46% mujeres) recibieron capacitación, en 158 charlas técnicas, talleres, cursos y días de campo, y se elaboraron 93 materiales de capacitación, comunicación y socialización, con enfoque de género, para fortalecer sus habilidades.
  - 137 talleres, encuentros de intercambios y recorridos a escenarios productivos con 136 decisores locales y nacionales (con énfasis en los asociados a los gobiernos locales y las instancias territoriales y nacionales de diferentes ministerios (MINEM, MINAG, CITMA, MEP, MINDUS y MES), y se elaboraron 37 materiales de comunicación y difusión para socializar los resultados.
  - Solución de 177 focos contaminantes con la instalación de biodigestores y gasificadores que eliminaron la contaminación generada por excretas animales, redujeron la emisión descontrolada de CH<sub>4</sub> que provocan estos residuales, disminuyó la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, al evitarse el uso de combustibles fósiles y leña en la cocción con la utilización del biogás doméstico, y evitaron las emisiones de óxido nitroso y amoníaco al aplicar los efluentes del biodigestor como bioabonos en sustitución de fertilizantes químicos.
  - Mejora de 3 874 ha de suelos con bioabonos producidos con efluentes de biodigestores y diversas prácticas agroecológicas de manejo. Reforestación de 458 ha, las cuales constituyen sumideros de carbono.
  - Se estima que las 360 ha de *Jatropha curcas* secuestran anualmente 5 175 t CO<sub>2</sub> equivalente (cada planta de *Jatropha curcas* permite secuestrar 6 kg de CO<sub>2</sub>/año y liberar 9 kg de O<sub>2</sub>/año, según investigaciones realizadas en el proyecto con apoyo de laboratorios brasileños (Sotolongo *et al.*, 2012). Ello contribuye a disminuir los gases de efecto invernadero (GEI) y mitigar el cambio climático.
  - Se desarrolló una metodología de evaluación que se denominó Índice de Resiliencia Socioecológica (IRS), que contribuyó a la propuesta de un modelo de finca familiar agroecológica, con elementos que pueden favorecer la transición y resiliencia socioecológica de la agricultura familiar en Cuba (Casimiro *et al.*, 2017). El IRS se aplicó en 15 fincas campesinas de las provincias de Las Tunas, Holguín, Sancti Spíritus, Matanzas y Mayabeque.

Por su parte, en siete cooperativas del municipio Martí, el territorio con mayor fragilidad ambiental en la provincia de Matanzas, se instalaron 28 biodigestores de cúpula fija en fincas que utilizan el biogás en cocinas, ollas arroceras, refrigeradores, lámparas y calentadores de agua, viveros tecnificados y 95 ha de plantaciones de *Jatropha curcas* con cultivos intercalados, 4 ha con riego solar fotovoltaico y una planta de producción de biodiésel a partir de los frutos de esta arbórea, además de capacitar a productores y sus familias (1 028 mujeres y hombres).

Posteriormente, en 2017 se inició el proyecto Bioenergía, que interactúa con siete ministerios y 14 grupos empresariales, para incrementar el acceso a tecnologías de bioenergía en Cuba, con énfasis en el uso del biogás y biodiesel. Este proyecto tiene tres componentes: incidencia en políticas energéticas, transferencia de tecnologías, y fortalecimiento institucional y del capital humano.

El primer componente se enfoca a formular y recomendar al Gobierno cubano instrumentos de políticas en apoyo al desarrollo de la bioenergía a pequeña escala, que incluye la colecta y análisis de información productiva, económica, social, ambiental y de género, el desarrollo de herramientas de información para el diseño, implementación y monitoreo de políticas y estrategias nacionales de bioenergía, la evaluación de su potencial técnico y económico, así como de las oportunidades y limitaciones existentes, la elaboración de una estrategia nacional de bioenergía, de insumos, de políticas y recomendaciones sobre el marco legal, institucional y regulatorio para facilitar la implementación de dicha estrategia.

El segundo componente abarca el desarrollo y transferencia de tecnologías de biodiésel y biogás, lo que incluye establecer un sistema nacional para producir semillas certificadas de *Jatropha curcas*, la determinación de parámetros técnicos para utilizar mezclas de biodiésel y diésel en equipos agrícolas, crear en cinco empresas industriales cubanas capacidades de desarrollo tecnológico, aseguramiento de calidad y fabricación de equipamiento y componentes para los sistemas de biodiésel y biogás, así como equipos domésticos que consuman biogás —para sustituir importaciones y contribuir a la independencia tecnológica—, e implementar demostraciones pilotos con estas tecnologías, los equipos y componentes fabricados en dos municipios cubanos.

El tercer componente busca el fortalecimiento institucional, la capacitación y la difusión asociado a estas tecnologías; para ello se establece un centro experto nacional en la EEPFIH para apoyar la capacitación, la asesoría y la transferencia de tecnologías en bioenergía, así como una unidad de bioenergía en el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (Cubaenergía) para apoyar a decisores, promover la coordinación inter-institucional, y compartir conocimiento e información, se implementan actividades nacionales de capacitación y certificación de especialistas, se establecen redes de profesionales entrenados en bioenergía, se crean bases de datos de casos de estudio de tecnologías de bioenergía y manuales de documentación de buenas prácticas.

En la actualidad, el proyecto Bioenergía, en su primer componente, en conjunto con varias instituciones científicas y todos los grupos empresariales del Ministerio de Agricultura, elaboró el primer Atlas de Bioenergía de Cuba, que abarcó el biogás, el biodiésel y la gasificación o combustión de los residuos de la agroindustria forestal y del arroz (Cubaenergía y EEPFIH, 2018). Asimismo, se realizaron mejoras en el sistema nacional y local de información estadística, lo que incluyó un nuevo formulario para la captación, con mayor integralidad y que por primera vez se obtiene de las unidades productivas, el cual se valida en cinco municipios del país; además, se realizó una evaluación de las oportunidades y limitaciones existentes para el desarrollo de la bioenergía en el país, incluido el estado del marco de políticas, legal, regulatorio y normativo.

En el segundo componente, se crean dos fincas de producción de semillas certificadas de *Jatropha curcas* y plantaciones de esta arbórea en áreas agrícolas y cercas vivas en los municipios Manatí y Yaguajay. Además, se realizaron evaluaciones del biodiésel cubano y sus mezclas con diésel en bancos de prueba de motores, para valorar el desempeño mecánico y las emisiones de GEI (Tobio *et al.*, 2018); se apreció con mezclas biodiésel-diésel de hasta 20% del biocombustible un adecuado comportamiento mecánico, el biodiésel combustiona en menor tiempo que el combustible diésel, existe un

incremento no significativo del consumo específico de combustible comparado con el diésel, debido al menor contenido calórico del biodiésel, y una reducción considerable de las emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, de hasta 40, 50 y 70%, respectivamente.

En el tercer componente, se creó en la EEPFIH un observatorio para la producción integrada de alimentos y energía, apoyado en las tecnologías de la información y las comunicaciones —incluidas las redes sociales—, y se incubó BioEnergía-Agri, un centro de servicios especializados intensivos en conocimiento e innovación para la bioenergía, que incluye diseño de soluciones, construcción, instalación, puesta en marcha, capacitación y asesoría, con el apoyo de la incubadora de la Universidad de la Habana, de la Universidad Humboldt y la FAO (Suárez *et al.*, 2019), así como se capacitaron especialistas y productores en prácticas agronómicas para el fomento de plantaciones de *Jatropha* en los dos municipios de incidencia; adicionalmente, se constituyó en Cubaenergía la Unidad de Transferencia de Tecnologías en Bioenergía, para apoyar la toma de decisiones asociadas a políticas nacionales que promuevan la bioenergía en la agenda energética nacional.

Estas experiencias generaron lecciones aprendidas, que son extensibles a productores de ALC:

- El enfoque temático centrado en la producción integrada de alimentos y energía, sobre bases agroecológicas, y la aplicación del concepto de finca agroenergética.
- Amplio trabajo en red entre actores y sinergias a escala local, territorial y nacional.
- Un modelo de innovación abierta orientado hacia el logro de resultados prácticos.
- Vinculación entre el sector académico y los productores y decisores.
- Intensos procesos de innovación agrícola local, donde se desarrollan y mejoran tecnologías e innovaciones con participación del beneficiario, para la sostenibilidad.
- Descentralización de la gestión del proyecto para aumentar la creatividad, crear oportunidades de liderazgo para personas e instituciones y decidir en tiempo real.
- La equidad de género con una posición estratégica en el proyecto.
- Fomento de sinergias con otros proyectos, instituciones, ONG, gobiernos locales y ministerios.
- Permanente proceso de sistematización y socialización de resultados, experiencias, buenas prácticas, tecnologías y diseños, entre otros, dirigido a beneficiarios directos y gestores del proyecto y decisores de políticas, a escala local, provincial y nacional.
- Participación comunitaria y papel protagónico de los productores(as) y sus familias.
- Formulación participativa de una estrategia local para la producción integrada de alimentos y energía, que se inserta en la estrategia de desarrollo local en Cuba.
- La “incubación” de nuevos proyectos para lograr sinergias y sostenibilidad de acciones.
- Alianzas con grupos empresariales cubanos para la producción de equipamiento de producción y utilización de la agroenergía.

## Conclusión

Esta concepción de desarrollo, de transferencia y mejora de tecnologías y buenas prácticas agroenergéticas se basa en las diversas tecnologías sociales, con énfasis en las asociadas al biogás, para el tratamiento y aprovechamiento de residuos de la producción



animal y vegetal, la seguridad alimentaria y energética, la creación de empleos e ingresos, la conservación de suelos, del agua y la biodiversidad, reducir emisiones contaminantes, mejorar la calidad de vida rural y la participación de las personas, así como contribuir a un desarrollo local resiliente, que incluya la adaptación y mitigación del cambio climático, el cual es extensible a diversos productores de América Latina y el Caribe.

## Referencias

- Alcázar, A. (2013). Construcción social de tecnología de biogás: La experiencia de Cabaiguán en el Proyecto Biomas Cuba (2008-2011). Tesis de Maestría en Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Universidad de la Habana, Cuba.
- Blanco, D.; Suárez, J.; Funes, F.R.; Boillat, S.; Martín, G.J. y Fonte, L. (2014). Procedimiento integral para contribuir a la transición de fincas agropecuarias a agroenergéticas sostenibles en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 37(3): 284-290.
- Borrás, M. (2017). Family Farm Households Practicing Community Economies: Understanding socio-ecological resilience in Sancti Spiritus, Cuba. Master Thesis of Organic Agriculture, specialization in Agroecology. Farming Systems Ecology Group, Wageningen University and Research Centers, The Netherlands.
- Campbell, B.M.; Hansen, J.; Rioux, J.; Stirling, C. M.; Twomlow, S. y Wollenberg, E. (2018). Urgent action to combat climate change and its impacts (SDG 13): transforming agriculture and food systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 34: 13-20.
- Carvajal, L. (2019). Qué es la tecnología social. <https://www.lizardo-carvajal.com/que-es-la-tecnologia-social/> (Consultada 14 noviembre 2019).
- Casimiro, L.; Casimiro, J.A. y Suárez, J. (2017). *Resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba*. Ed. Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 252 p.
- Cubaenergía y EEPFIH. (2018). *Atlas de Bioenergía, Cuba. Sector Agropecuario y Forestal*. Ed. Cubaenergía, La Habana, Cuba. 84 p.
- Dagnino, R. (2014). *Tecnología Social: contribuições conceituais e metodológicas*. EDUEPB, Campina Grande, Brasil. 318 p.
- Dallimer, M.; Martin, J.; Rendon, O.; Afionis, S.; Bark, R.; Gordon, I.J. y Paavola, J. (2020). Taking stock of the empirical evidence on the insurance value of ecosystems. *Ecological Economics*. 167: 106451.
- López, A. y Suárez, J. (2018). Experiencia de suministro de biogás en una comunidad rural en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 41(1): 73-79.
- Notter, N. (2016). Biodigesters and quality of live. Assessing the impacts of biodigesters on women's well-being in terms of time and financial capital: A case study of rural areas in Cuba. Master Thesis in Geography. Sustainability Research Group, Department of Social Sciences, University of Basel, Switzerland.
- Sotolongo, J.A.; Suárez, J.; Martín, G.J.; Cala, M.; Vigil, M.; Toral, O.; Reyes, F. y Santana, H. (2012). Producción integrada de biodiésel y alimentos: la concepción de una tecnología agroindustrial apropiada para Cuba. En: Suárez, J. y Martín, G. J. (eds.). *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de Biomas-Cuba*. Ed. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. Pp. 100-112.
- Suárez, J.; Quevedo, J.R.; Hernández, M.R., Peña, A. y González, G. (2018). Procesos de innovación en la producción local de alimentos y energía en municipios cubanos. *Pastos y Forrajes*. 41(4): 279-284.
- Suárez, J. (Ed.). (2019). *Producción integrada de alimentos y energía: La experiencia del proyecto internacional Biomas-Cuba*. Ed. Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba, 452 p.
- Suárez, O.; Valdés, Y. y Suárez, J. (2019). Experiencias de la creación de BioEnergía-Agri en la V Ronda de la incubadora InCuba. Trabajo presentado a la IV Convención Internacional AGRODESARROLLO 2019, Varadero, Cuba, 22-26 octubre.
- Tobío, I.; Melo, E. A.; Sotolongo, J.A.; Suárez, J. y Piloto, R. (2018). Resultados de pruebas de banco de motores con biodiésel de *Jatropha curcas* en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 41(4): 300-309.
- Vence, X. y Pereira, A. (2019). Eco-innovation and circular business models as drivers for a circular economy. *Contaduría y Administración*. 64(1) Especial Innovación: 1-19.

# Cadena de valor de bovinos de carne: alternativa de desarrollo para las regiones tropicales

Miguel Ángel Bautista Hernández<sup>1\*</sup>

Joel Bonales Valencia<sup>2</sup>

Carlos Francisco Ortiz Paniagua<sup>2</sup>

## Introducción

Un motor de crecimiento económico en el siglo XXI en países en desarrollo es su sector agropecuario (SA). Lo anterior es consecuencia de las transformaciones de los sistemas de producción (SP) y la organización para la producción. El SA es complejo y deberá atender las necesidades de alimento para más de 9 mil millones de personas en 2050; asimismo, la organización mundial de sanidad animal (OIE) proyecta que las necesidades de proteína animal (leche, huevo y carne) deberán aumentar 70%. Las cuales, podrán satisfacerse siempre que los actores del sector sean capaces de responder a la complejidad de los SP (OIE, 2015).

La complejidad de los SP a la que refiere la OIE, es producto de la industrialización del sector, que tiene el fin de proveer alimentos a los mercados; a lo cual, los medianos y pequeños productores, responden con sus modelos tradicionales de organización, producción y comercialización de manera estéril. Los gobiernos y organismos de cooperación implementan programas que buscan la inclusión de medianos y pequeños productores a las cadenas de valor (CV). Ya que éstas evidencian ser una estrategia que promueve el crecimiento económico de los que participan en ellas (Ros-Tonen *et al.*, 2019; Riveros y Heinrichs, 2014; Osstendorp *et al.*, 2019).

El SA mexicano no es ajeno a lo descrito. En 2001, al promulgar la ley de desarrollo rural sustentable (LDRS), se establece la figura de sistema producto. Se mandata a la secretaría de agricultura ganadería pesca y alimentación (hoy SADER), a establecer un programa que fomentará las cadenas productivas (CP) para impulsar la competitividad del sector. Este estudio sobre la CV utiliza la metodología de Briz y De Felipe que identifican los elementos que incidan en el fomento de la CV (Briz y De Felipe, 2013).

El objetivo del presente capítulo es determinar las reacciones de las variables economías de escala (EE), integración estructural (IE), marco institucional y normativo (MIN), *benchmarking* (BEN), conocimiento (CON), innovación (INN) y gobernanza (GOB) en el fomento de la CV en su estructura, conducta y funcionamiento de los bovinos productores de carne en regiones tropicales (BPC).

1 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

2 Instituto de Investigaciones económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

\* Autor de correspondencia: mbautista@umich.mx

## Planteamiento del problema

La integración económica a partir del libre mercado promovida en el mundo y en México, produjo resultados favorables a la organización socioeconómica, pero también deseconomías y desigualdades (Costamagna, 2015). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE) y la FAO en su reporte sobre perspectivas para el SA 2015-2024, señalan la persistencia a concentrar la producción de alimentos en un menor número de regiones, pero lo más preocupante en un menor número de unidades de producción (UP) (OCDE-FAO, 2015). Lo que provoca un riesgo continuo para 500 millones de medianas y pequeñas UP de desaparecer (FAO, 2017).

En América Latina (AL) el SA está conformado en 81% por UP de tipo familiar. A nivel país provee entre 27 al 67% de la producción total de alimentos y genera entre 57 a 77% del empleo regional (Salcedo y Guzmán, 2014). Victoria (2011) reportó que AL presenta la atomización de las UP, lo que requiere mejorar la aplicación y defensa de sus intereses en los mercados. Por lo que el fomento de las CP son una respuesta a las necesidades del SA en los últimos años.

Además, el informe sobre comercio y las CV mundiales (CVM), evidencia que los beneficios de participar en las CVM no se distribuyen de manera equitativa entre los distintos actores y eslabones participantes, debido a que las empresas comercializadoras incrementan sus ganancias, lo cual evidencia que esta eficiencia en la reducción de costos, no se trasladan a los clientes o a las utilidades de las UP (Banco Mundial, 2020).

Estos resultados son consistentes en más de una década, al evidenciar relaciones asimétricas a favor de los comercializadores, lo que afecta la distribución de riesgos y recompensas a los eslabones primarios. Ejemplo de ello son reportes de estudios de Vermeulen y Kok (2012) y Zhang y Aramgan (2009) sobre las CP de banano, cacao y cereales (maíz y trigo), quienes evidenciaron la concentración de la comercialización a nivel mundial en seis empresas. Ello generó la concentración de poder y para promover cambios es indispensable su cooperación y compromiso.

Asimismo, Gold *et al.* (2016) exponen que la CP de café donde, el eslabón de tostadores acapara el 60% del valor; mientras que los productores de café reciben 13% del valor. Otro caso es la CP de bovinos productores de carne (BPC) en México, FIRA (2011) reporta que en ésta existen deficiencias en la distribución de los beneficios, ya que el productor de becerros al destete (PBD) sólo se apropia de 9% de la utilidad total, con un periodo de inversión de más de 430 días; sin embargo, la CP es la sexta en importancia en el mundo. Las exportaciones de ésta están concentradas en cuatro empresas y una de ellas acapara más del 80% (Anderson, 2014).

Los principales problemas de medianos y pequeños productores al tratar de participar en las CV son bajo acceso al mercado, poca capacitación, poco o nulo financiamiento y baja coordinación y cooperación (Bamber *et al.*, 2013; Eksoz *et al.*, 2018; Hinson *et al.*, 2019). Lo descrito identifica un problema estructural que se acentuó al paso de los años, a través del incremento de las desigualdades entre los actores.

Barba (2019) y Villareal (2014) refieren que desentenderse de las desigualdades genera crecimiento económico lento e inestabilidad sociopolítica y pobreza. Para atender estos problemas se requieren estrategias que consideren los procesos de innovación socio productiva y tecnológica (Akis, 2015). Se evidencia que en el siglo XXI para que una

región sea competitiva, requiere de cambios en su conformación productiva y la incorporación de todos los actores en torno a un fin, en este caso una CV.

## Marco de referencia

En 2017 el SA mexicano ocupó el 12vo lugar en la producción de alimentos. La aportación al producto interno bruto creció 16.2% entre 2012 y 2017. Las exportaciones crecieron 42.9%. El subsector pecuario provee el 43.8% del valor. Mientras que a nivel mundial ocupó la 11° posición (SIAP, 2018). La ganadería se desarrolla en regiones que no tienen vocación para otra actividad. Existen alrededor de 1.5 millones de UP dedicadas a la ganadería (G) BPC (SIAP, 2014). La CP de BPC es la sexta en producción mundial. Lo anterior se logró debido a la participación total del eslabón primario, productor de becerros al destete (PBD) (SIAP, 2018). El SIAP (2017) reporta que los principales estados productores de BPC no ocupan los primeros lugares en precios pagados al productor. Asimismo, la encuesta nacional ganadera en 2014, reporta que el PBD comercializa su producto a través de intermediarios (coyotes) en un 59.2% (INEGI, 2014).

En el estado de Michoacán el 40.56% de la extensión territorial tiene vocación para la GBPC. Esta actividad, es un sistema económico familiar y base sociocultural en el estado. La ganadería da empleo al 37% de la población económicamente activa en el sector primario (SIAP, 2014). La región de estudio consideró los municipios de Apatzingán, Buena Vista, Parácuaro y Tepalcatepec, de los cuales resalta la cantidad de superficie disponible para el pastizal y vegetación secundaria, las cuales presentan una vocación natural para explotación pecuaria (OIEDRUS, 2014). Sin embargo, la GBPC produce menos riqueza por unidad de trabajo que otras actividades, lo que reduce la contribución al bienestar de las familias que la desarrollan (Sánchez y Sánchez, 2007).

El fomentar una CV en una región, implica realizar análisis no tradicionales ni estáticos, complementar con estudios que van más allá del sector productivo, mapeo de las actividades, organizacionales (estructura, conducta y funcionamiento), comerciales entre productores y sectores a diferentes niveles (Kaplinsky y Morris, 2000). A su vez, Correa y Stumpo (2016) y Eksoz *et al.* (2014) refieren que al evaluar los vínculos entre actores y las diferentes actividades productivas, permite reconocer a las CV como un marco coherente para fomentar la participación de todos y el desarrollo de las regiones.

## Génesis de la cadena de valor

Para hablar de CV en el SA hay que remontarse a la finalización de la Segunda Guerra Mundial, que trajo cambios en la política económica y agraria de los países. Los cambios en los SA, buscaron la seguridad alimentaria. En 1950 la economía agraria acuña el término *agribusiness*, idea desarrollada por Davis y Goldberg de la Universidad de Harvard, el constructo conceptualizó al sistema agroalimentario (SSA), el cual se refiere al conjunto de actividades agropecuarias cuyo fin es alimentar a la sociedad. Éste se desarrolló a partir de los resultados que identifican el beneficio de productores que lograron establecer relaciones entre la producción, acopio, almacenamiento, procesamiento y distribución (Grass, 2011).

Malassis (1977), acotó el concepto SSA, al conjunto de actividades que se realizan para la producción de alimentos y reparto de éstos, con el fin de alimentar a una sociedad. En la década de los años ochenta *filière*, era utilizado para referirse a los procesos de producción desde las materias primas hasta el producto final con una visión vertical (Hernández y Perderse, 2017). A este enfoque se le adiciona una perspectiva de la economía política (papel de las instituciones) que ofrece mayor validez (Parrilli *et al.*, 2013).

En 1990 se incorporaron nuevos aportes que dan lugar a distinguir dos tipos de CP, las orientadas al comprador se caracterizan por grandes detallistas, comercializadores y fabricantes de marca, los que juegan un papel de pivotes en el establecimiento de redes de producción. Y las dirigidas al productor, por ejemplo, las empresas de componentes avanzados (industria aérea, automotriz) agentes económicos clave en términos de ganancias y poder (Gereffi y Fernández, 2011).

Briz *et al.* (2010), consideran que una CP se caracteriza más que por una relación de ganar-ganar, por una subordinación de tipo vertical u horizontal. Las CP enfocadas a productores o consumidores, presentan la limitante de tener un flujo reducido de información, así como un enfoque simplista de reducción de costos y precios. La estructura de organización se considera independiente, ya que los actores muestran una interacción limitada y con una competitividad individual. Hasta este punto se evidencia que no se debe confundir el término CP con CV, términos completamente diferentes. Al evolucionar el constructo CP y surgir el concepto de valor<sup>3</sup> a lo largo de cada eslabón, en la cual, la identificación de la base y naturaleza de la creación de valor permitió establecer el concepto CV (Parrilli *et al.*, 2013).

La CV<sup>4</sup> se define como el número total de actividades requeridas para llevar un producto o servicio desde su elaboración, hasta la entrega al consumidor, la disposición y el uso final a lo largo de las distintas etapas intermedias de producción, considerando todas las transformaciones físicas y los insumos de diferentes proveedores (Kaplinsky y Morris, 2000). En el cuadro 1, se presentan las diferencias entre estos dos conceptos.

Cuadro 1  
Diferencias entre cadena productiva y cadena de valor

Aspecto	Cadena productiva	Cadena de Valor
Organización	Actores independientes	Actores interdependientes
Flujo de información	Escasa o ninguna	Amplia
Enfoque principal	Costo/precio	Valor/calidad
Estrategia	Productos básicos (Commodities)	Productos diferenciados
Orientación	Liderado por la oferta	Liderado por la demanda
Filosofía	Auto optimización	Optimización de la cadena

Iglesias (2002).

3 Se debe entender, como la recepción por cada agente de una parte proporcional adecuada del valor añadido a lo largo de la CV, dentro de la relación ganar-ganar, dando sostenibilidad a la misma (Briz *et al.*, 2010).

4 Esta investigación, considera que esta definición, es la que recoge todos los elementos que componen una CV.



## Propuesta metodológica

Para determinar la posibilidad de conformar la CV, se realizó una revisión transversal de las variables más utilizadas en la metodología de CV en diversos estudios. Se encontraron nueve tesis, siete libros, veintiún artículos conceptuales, catorce artículos de estudios empíricos y catorce estudios de casos. Lo cual, permite establecer la siguiente hipótesis: El fomento de la CV en su estructura, conducta y funcionamiento de los bovinos productores de carne está determinado por las economías de escala, integración estructural, marco institucional y normativo, *benchmarking*, conocimiento, innovación y gobernanza.

La investigación consideró como delimitación del objeto de estudio la definición del sistema producto: “El conjunto de elementos y agentes concurrentes de los procesos productivos de productos agropecuarios, que incluye el abastecimiento de equipo técnico, insumos productivos, recursos financieros, la producción primaria, acopio, transformación, distribución y comercialización” (LDDRS, 2012).

La investigación identificó al eslabón de productores de becerros al destete y productores de pie de cría, los cuales son miembros de las asociaciones ganaderas (AG) locales. Los acopiadores y engordadores se consideraron a aquellos miembros de las AG que realizan dichas actividades. Se consideró la información del directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE), que reportó un universo de 98 proveedores de insumos y prestadores de servicios, así como 131 comercializadores (carniceros). Para coleccionar la información de las variables se procedió a la elaboración de un cuestionario y se aplicó una prueba piloto; asimismo se determinó su confiabilidad y fiabilidad de 0.87. Posteriormente entre los meses de mayo a diciembre de 2018 se realizó el trabajo de campo.

## Resultados generales de la variable dependiente

El análisis de las respuestas obtenidas en la aplicación de los cuestionarios en la región de estudio a los diferentes actores de la cadena, dio cuenta de la situación que guardan las variables de estudio. La codificación de respuestas a través del escalograma (E\*) (figura 2), permitió procesar estadísticamente la información.

Los resultados fueron trabajados mediante una escala tipo Likert. Se determinó la confiabilidad y fiabilidad del instrumento, con el Alpha de Cronbach de 0.937. Se trabajó con el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) y correlación ( $r^2$ ). En la figura 1, se muestran las correlaciones de  $r$  y la de  $r^2$  del modelo de variables.

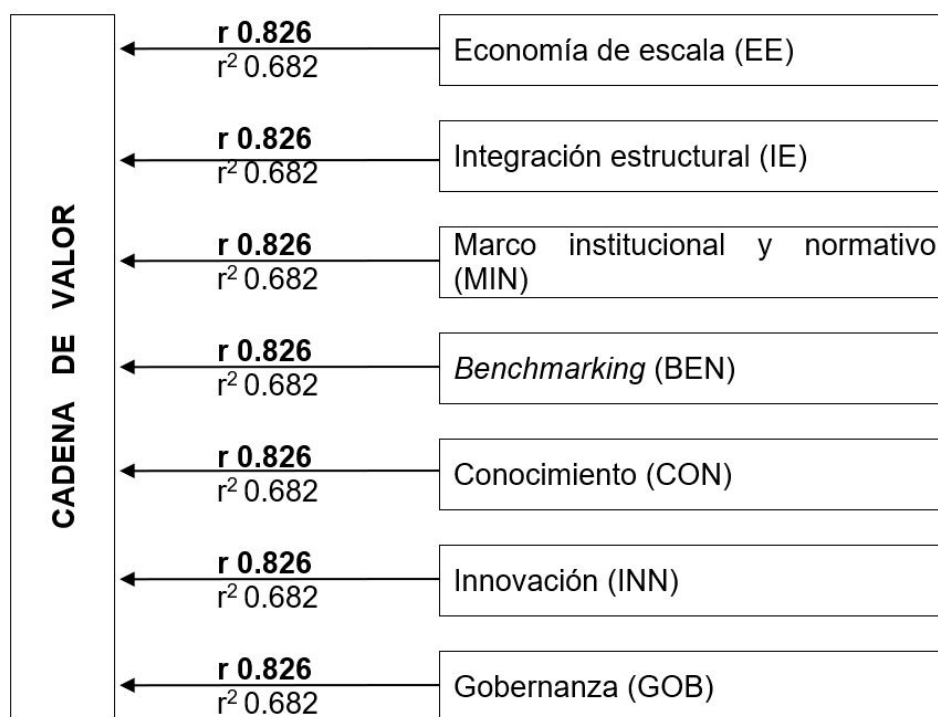
Los resultados generales de la investigación se estimaron en una media de 151.23 unidades (U), ubicándose en un rango medio del E generado para esta variable. La moda fue de 133 U por lo que, en el E respectivo, se encuentra en el rango de bajo, lo que indica que ésta fue la opción más seleccionada por los encuestados; además, el rango recayó en el valor de 163 U con un valor mínimo de 73 y un máximo de 236 U, lo que muestra que las opciones seleccionadas por los encuestados se encuentran distribuidas en el rango del E de muy bajo y alto, evidenciado que nadie seleccionó muy alto. Lo que representa una posibilidad media para la conformación de la CV de BPC en la región Tepalcatepec.

Hernández y Perderson (2017) refieren que el análisis de CV no sólo debe identificar las interacciones, sinergias entre los actores del sector y los roles que juegan, por lo que fue necesario generar mapeo de la cadena (figura 2).

Una vez obtenido el mapa de la cadena y los resultados generales de las encuestas, se normalizaron los datos con la finalidad de comparar los resultados entre los protagonistas (actores). Las respuestas se observan en el cuadro 2 y figura 2.

En estos resultados, tres de los seis actores están por arriba de la media seleccionada (151.23 U); estos fueron el eslabón de comercialización (COM), engordador (ENG) y proveedores de insumos y prestadores de servicios (PIYPS). Mientras que los eslabones de productor de becerros al destete (PBD), productor de pie de cría (PPC) y acopiador de ganado (ACG) respondieron por debajo del promedio.

Figura 1  
Coeficientes de correlaciones de Pearson y determinación



Nota: Con una probabilidad al 0.05.

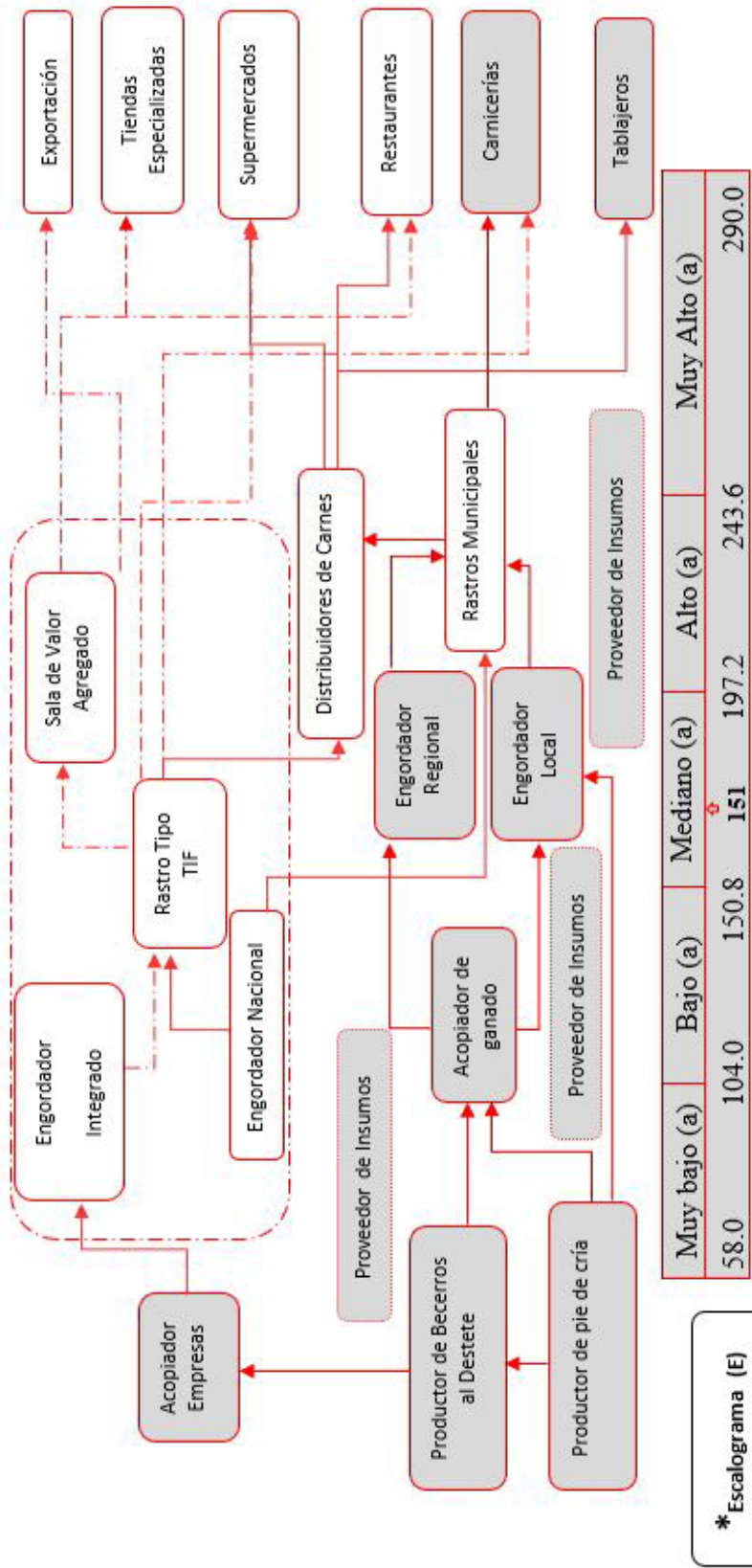
Elaboración propia con base en los resultados alcanzados en el proyecto.

Cuadro 2  
Resultado de los diferentes actores a la conformación de la cadena de valor

Actor	No.	Rango	Media	Desviación estándar	Nivel de influencia
Acopiador de ganado	26	63	137.65	18.83	Bajo
Comercializador	58	74	152.69	18.63	Mediano
Engordador	89	90	156.20	19.46	Mediano
Productor de becerros al destete	238	98	147.74	17.95	Bajo
Productor de pie de cría	10	62	149.90	22.39	Bajo
Proveedor de insumos	38	163	165.68	41.15	Mediano

Elaboración propia con base en los resultados alcanzados en el proyecto.

Figura 2  
Mapa de la cadena de bovinos productores de carne de la región de estudio



Actor de la CV	Media	Actor de la CV	Media	Actor de la CV	Media	Actor de la CV	Media
Productores de becerros al destete	147.74	Productores de pie de cría	149.90	Acopiador de ganado	137.65	Engordador	156.20
				Proveedor de insumos o prestador de servicios	165.68	Comercializador	152.69

Elaboración propia con base en resultados de campo (2019).

Una vez normalizados los datos para realizar la comparación entre actores participantes de la cadena, los resultados son: para la variable EE en la conformación de la CV, a nivel de los diferentes actores se identificó que los PIYPS, COM y ENG consideraron que EE tienen una influencia media, mientras que los PBD, PPC y ACG consideraron que esta variable tiene una influencia baja.

En el caso de la variable independiente IE los ACG, ENG y PBD consideran un nivel de influencia baja en relación con ésta. Los actores PIYPS y PPC consideraron un nivel de influencia media. Mientras que COM consideraron un nivel alto de influencia. Estos resultados de los diferentes actores provocan que la IE se ubique en la escala baja; para la conformación de la CV.

Al comparar la variable independiente MI, los resultados muestran que los ACG y PBD consideran un nivel de influencia bajo, debido a que consideran que las regulaciones en este sentido no benefician en lo inmediato a los PBD y lo perciben como una burocracia que afecta sus intereses. En el caso de los COM, ENG y PIYPS, consideran a la variable MI de un interés medio; es de resaltar que los PPC fueron los que alcanzaron el puntaje más alto debido a que los parámetros para comercializar el ganado de registro conllevan un mayor grado de especialización y cumplimiento de normativas en diferentes niveles.

Al determinar entre actores el nivel de influencia de la variable BEN sobre la CV, los resultados muestran que los ACG, PBD, PPC, COM y ENG consideran que el nivel de influencia de la variable BEN es bajo. Mientras que los proveedores de insumos fueron los únicos que consideraron que el nivel de influencia de la variable es medio, debido a ello, su media fue de 19.53 puntos, lo que representa 2.34 puntos por arriba de la media general de la variable BEN que fue de 17.19 unidades.

En el caso de la variable CON, los actores que seleccionaron un nivel medio fueron ACG, COM y PPC; mientras los que consideran un nivel de influencia medio fueron ENG, PBD y PIYPS, los cuales superaron la media general para esta variable.

Para la variable INN se observa que los actores, ACG y PBD consideran un nivel de influencia de la innovación como un parámetro de baja importancia. Los COM, ENG Y PPC seleccionaron el nivel bajo, sin embargo, es de destacar que el actor PIYPS fue el que alcanzó la media más alta 12.34 con sólo 0.7 puntos para alcanzar el nivel medio de importancia.

Al comparar la media de la variable GOB, la cual fue de 16.31, se observa que los PBD y los ACG consideran un nivel de influencia bajo de la variable gobernanza. Los COM, ENG, PPC y PIYPS respondieron que el nivel de influencia de la variable es medio, es decir por arriba de la media general de 16.31 puntos.

## Propuesta de cadena de valor

Se propone rediseñar la CV de BPC que inicia con la generación de incentivos de mediano y largo plazo, donde el papel principal lo desempeñen los distintos protagonistas que participan en ella (PBD, PPC, ACG, ENG, COM y PIYPS). El rol que jueguen las instituciones (educativas, investigación y gobierno) deberá ser de acompañante y facilitador del proceso de transformación de las estructuras productivas existentes en la región, al fomentar una mayor promoción (conocimiento e información de la cadena),

capacitación (sobre manejo y operación de una CV a los diferentes actores de la CV) y financiamiento (fomento de proyectos piloto con objetivos claros y precisos). Para lo cual es fundamental la participación de las AG locales que desempeñen un papel protagónico; asimismo las instituciones de educación e investigación deberán jugar un rol determinante en el fomento de la CV. Los gobiernos deberán generar las normativas necesarias, así como el financiamiento de proyectos que permitan mejorar la estructura, conducta y funcionamiento de la CV.

En este sentido Berumen (2006) propone estrategias holísticas entre agentes (certidumbre económica, política, jurídica y social) potenciar redes de trabajo y cooperación, especialización del trabajo; atracción de mano de obra altamente calificada; inversión en infraestructura; inversión enfocada a creación de ventajas competitivas al generar beneficios a la sociedad.

Springer (2017) y Alburquerque (2015) refieren que, al innovar en este caso en CV, promueve el crecimiento de la productividad y por ende el crecimiento económico. Además, permite el enraizamiento en la sociedad de nuevas maneras de intercambio y transferencia de conocimientos (paquetes productivos), al permitir que se difundan por la interacción de los actores.

En el Desarrollo Regional (DR) es de suma importancia la colaboración del sector social, para este caso las AG (están conformadas o son parte de ella, en su mayoría los productores de becerros al destete), lo cual evidencia que sin la participación activa y decidida de esta organización no se lograrán cambios o modificaciones sustanciales en los sistemas de producción, a través del fomento de la CV, lo que deberá traer consigo transformaciones en el desarrollo de las regiones.

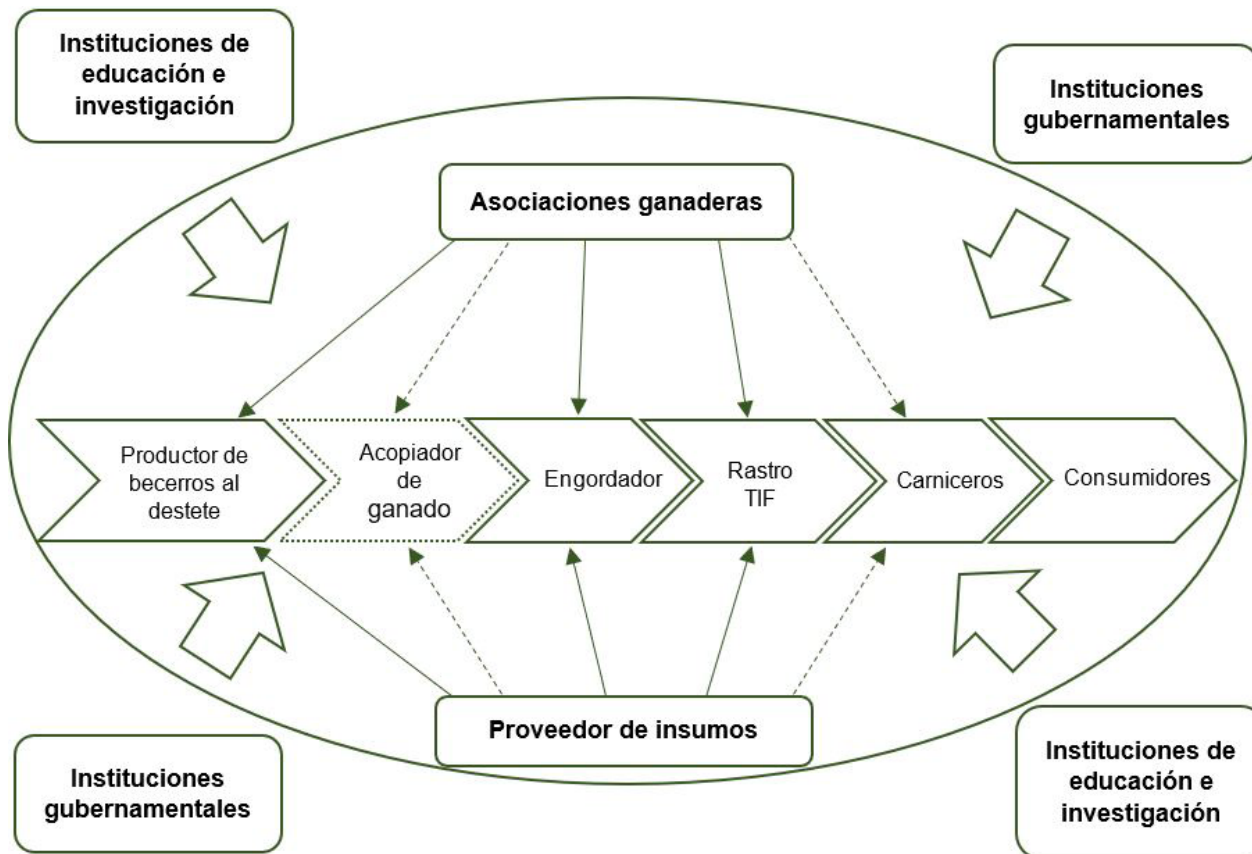
Para Springer (2017), Maldonado y Guerrero (2016) es fundamental la participación de la sociedad en la construcción de mejores condiciones de vida, al ser los principales protagonistas de esta nueva realidad.

Al hablar de DR es necesario considerar la integración de la sociedad al desarrollo, al asociar éste a la innovación tecnológica y generar una línea base para cada región, la cual parte del consenso e ideas de los actores locales (Costamagna, 2015). Así el DR debe considerar las fuerzas productivas los actores económicos (productores y consumidores) relacionados entre sí; al dejar de lado el aspecto espacio, ya que las relaciones comerciales no se limitan por las dimensiones políticas o económicas, sino por las relaciones ahí presentes (Léa, 2014).

De esta manera, la modificación en una región del SP vigente, al fomentar una CV, incidirá en la estructura económica, social y en la parte institucional para promover el desarrollo de las regiones tropicales. Lo anterior permite generar la siguiente propuesta de CV de BPC (figura 3).



Figura 3  
Propuesta de cadena de valor para la región tropical  
de Tepalcatepec, Michoacán, México



Elaboración propia basada en el mapeo realizado en la investigación de campo.

## Conclusiones

Se comprobó que las variables independientes muestran una relación significativa sobre la CV, lo que se interpreta como una posibilidad media para el fomento de la CV de BPC en la región Tepalcatepec, Michoacán, México.

Para que en las regiones tropicales como Tepalcatepec, se gesten modificaciones a la estructura, conducta y funcionamiento de sus sistemas de producción, es necesario comenzar con el establecimiento de acuerdos y compromisos entre los participantes en torno a un fin, esto es, una CV. Es fundamental que ésta surja del papel protagónico de los diferentes actores de la región, al partir de la elaboración de un mapa de la cadena, el cual deberá contener todas las interacciones simples y complejas. Asimismo, es necesario generar incentivos y compromisos a largo plazo que permitan asegurar el éxito de la adopción de la CV.

De continuar con las relaciones comerciales tradicionales, se mantendrán o acentuarán las problemáticas descritas como la reducción de la riqueza generada por unidad de superficie, dejando de ser una fuente de ahorro para las familias que la realizan, lo que incrementa las desigualdades y excluye a medianos y pequeños productores de las actividades ganaderas.

## Referencias

- Anderson, B. (2014). La producción de carne nacional puede incrementarse hasta en 300%. *Negocios. Milenio Diario*. Disponible en: <https://www.milenio.com/negocios/la-produccion-de-carne-nacional-puede-incrementarse-hasta-300>. (Consultado 16 septiembre 2019).
- Albuquerque, F. (2015). *El enfoque del desarrollo económico territorial*. Costamagna y S. Pérez. Desarrollo (Local). Editorial Conecta DEL. Buenos Aires, Argentina. 102 p.
- Akis E. (2015). Innovation and Competitive Power. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 195: 1311-1320.
- Barba, C. (2019). El Colegio de México, Desigualdades en México/2018. *Foro Internacional*, 59(2): 521-532. ISSN: 0185-013X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=599/59959626006> (Consultado 2 septiembre 2020).
- Bamber, P.; Fernandez-Stark, K. y Gereffi, G. (2013). *Connecting local producers in developing countries to regional and global value chains-update*. Editorial OECD. Estados Unidos de Norte América. 51 p.
- Banco Mundial. (2020). *Informe sobre el desarrollo mundial. El comercio al servicio del desarrollo: en la Era de las Cadenas de Valor Mundiales. Panorama General*. Editorial Banco Internacional de Reestructuración y Fomento/Banco Mundial. Washington D.C., Estados Unidos. 19 p.
- Berumen, S. (2006). *Competitividad y desarrollo local en la economía global*. Editorial ESIC. Madrid, España. 197 p.
- Briz, E.J.; De Felipe, B.I. y Briz, F.T. (2010). La cadena de valor alimentaria: un enfoque metodológico. Disponible en: [http://oa.upm.es/8789/1/INVE\\_MEM\\_2010\\_86906.pdf](http://oa.upm.es/8789/1/INVE_MEM_2010_86906.pdf) (Consultado 21 septiembre 2019).
- Briz, J. y De Felipe, I. (2013). *Metodología y funcionamiento de la cadena de valor alimentaria: un enfoque pluridisciplinar e internacional*. Editorial Acribia. Madrid, España. 70 p.
- Costamagna, P. (2015). *Política y formación en el desarrollo territorial. aportes al enfoque pedagógico y a la investigación, acción con casos de estudio en Argentina, Perú y País Vasco*. Editorial Fundación Deusto. San Sebastián, España. 133 p.
- Correa, F. y Stumpo, G. (2016). La agroindustria: un área estratégica para impulsar la transformación productiva y la inclusión social. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/312086686>. (Consultado 3 octubre 2019).
- Eksoz, C.; Afshin, M.S. y Bourlakis, M. (2014). Collaborative forecasting in the food supply chain: A conceptual framework. *Journal Int. production economics*. 158: 120-135.
- Eksoz C., Mansouri A.S., Bourlakis M. y Önkál D. (2018). Judgmental adjustments through supply integration for strategic partnerships in food chains. *Journal Omega*. 87: 20-33.
- FAO. (2017). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación: aprovechar los sistemas alimentarios para lograr una transformación rural inclusiva*. Editorial FAO. Roma, Italia. 201 p.
- FIRA. (2011). *Innovación financiera y desarrollo de la ganadería. Modelo de negocio fira LXXV*. Asamblea general ordinaria. Puerto Vallarta, Jalisco, México. 45 p.
- Gereffi, G. y Fernandez-Stark K. (2011). Global value chain analysis: a primer. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/265892395\\_Global\\_Value\\_Chain\\_Analysis\\_A\\_Primer](https://www.researchgate.net/publication/265892395_Global_Value_Chain_Analysis_A_Primer). (Consultado 3 octubre 2019).
- Gold, S., Kunz, N. y Reiner, G. (2016). Sustainable global agrifood supply chains exploring the barriers. *Journal of industrial ecology*. 21(2): 249-260.
- Grass, J.F. (2011). El enfoque de sistemas agroindustriales. Disponible en: <https://www.chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=MjMwNQ==>. (Consultado 5 octubre de 2019).
- Hernández, V. y Pedersen, T. (2017). Global value chain configuration: A review and research agenda. *Journal Business research quarterly*. 20: 137-150.
- Hison, R.; Lensink, R. y Mueller, A. (2019). Transforming agribusiness in developing countries: SDGs and the role of FinTech. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 41: 1-9.
- Iglesias, H.D. (2002). *Cadenas de valor como estrategia: las cadenas de valor en el sector agroalimentario*. Ediciones INTA. La Palma, Argentina. 26 p.
- INEGI. (2014). Encuesta nacional ganadera 2014. Instituto nacional de estadística y geografía. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/doc/minimonografia/prodbovena14.pdf>. (Consultado 10 octubre de 2019).
- Kaplinsky, R. y Morris, M. (2000). A Handbook for value chain research. Disponible en: <https://www.ids.ac.uk/ids/global/pdfs/VchNov01.pdf>. (Consultado 29 octubre 2019).
- Léa, M. (2014). Modelos de Desarrollo Regional: Teorías y Factores Determinantes. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. 23(46): 18-56.

- LDDRS (Ley De Desarrollo Rural Sustentable). (2012). Diario oficial de la federación el 7 de diciembre de 2001. Última reforma publicada DOF 12-01-2012. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235.pdf>. (Consultado 18 octubre 2019).
- Malassis, L. (1977). Economie agro-alimentaire. *Économie rurale*. 122(6): 68-72.
- OCDE-FAO. (2015). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2015*. Publicado OECD. París, Francia. 154 p.
- OIE. (2015). *Los servicios veterinarios*. Editado Organización Mundial de Sanidad Animal. París, Francia. 23 p.
- OIEDRUS. (2014). Fichas municipales. Gobierno del Estado de Michoacán. Disponible en: <http://www.oeidruss.michoacan.gob.mx/>. (Consultado 3 septiembre 2019).
- Oostendorp, R.; Asseldonk, V.M.; Gathiaka, J.; Mulwa, R.; Radeny, M.; Recha, J.; Wattel, C. y Wesenbeeck, L. (2019). Inclusive agribusiness under climate change: a brief review of the role of finance. 41: 18-22.
- Parrilli, D.; Nadvi, K., y Chung, Y.H. (2013). Local and regional development in global value chains, production networks and innovation networks: a comparative review and the challenges for future research. *European planning studies*. 21(7): 967-988.
- Riveros, H. y Heinrichs, W. (2014). *Valor agregado en los productos de origen agropecuario: Aspectos conceptuales y operativos*. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 46 p.
- Ros, A.M.; Bitzer, V.; Laven, A.; Leth, D.; Van L.Y. y Vos, A. (2019). Conceptualizing inclusiveness of smallholder value chain integration. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 41: 10-17.
- Sánchez, R.G. y Sánchez, V.A. (2007). *La ganadería bovina del estado de Michoacán*. Editorial Fundación Produce Michoacán. México. 165 p.
- Salcedo, S. y Guzmán, L. (2014). *Agricultura familiar en américa latina: recomendaciones de política pública*. FAO. Santiago de Chile, Chile. 486 p.
- SIAP. (2014). *Atlas agroalimentario 2014*. Editado por Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). Distrito Federal, México. 198 p.
- SIAP. (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera De La Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México D.F. <http://www.gob.mx/siap/>. (Consultado 12 septiembre 2019).
- SIAP. (2018). *Atlas agroalimentario 2012-2018*. Editado por Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). Distrito Federal, México. 222 p.
- Springer, A. (2017). ValueLinks.2.0. Manual on sustainable value chain development. Volume 1. Disponible en: <http://agroecoarm.com/wp-content/uploads/2016/07/GIZ-2017-ValueLinks-Manual-Volume-1-VCAStrategyandImplementation.pdf>
- Vermeulen, J.V.W. y Kork, J.T.M. (2012). Government interventions in sustainable supply chain governance: experience in dutch front-running cases. *Journal of the International Society for Ecological Economics*. 83 (2012): 183-196.
- Victoria, M.A. (2011). Integración vertical para la cadena de valor en los agronegocios. Disponible en: [http://www.pa.gob.mx/publica/rev\\_49/Análisis/integracion\\_vertical\\_-\\_María\\_Adriana\\_Victoria.pdf](http://www.pa.gob.mx/publica/rev_49/Análisis/integracion_vertical_-_María_Adriana_Victoria.pdf). (Consultado 22 agosto 2019).
- Villarreal, D.N. (2014). Nuevas formas inclusivas de ciudadanía y mercado para el desarrollo: complementariedad de renta básica, tecnologías sociales, emprendedurismo inclusivo y empresas autogestionarias. Nuevas rutas hacia el bienestar social, económico y medioambiente. Disponible en: <http://www.riedesarrollo.org/memorias/2013/mesas/mesa2/2.1.1%20Nelson%20Villarreal%20Nuevas%20formas%20inclusivas%20PDF.pdf> (Consultado 27 octubre 2019).
- Zhang, X. y Aramyan, H.L. (2009). A conceptual framework for supply chain governance an application to agri-food chains in China. *China Agricultural Economic Review*. 1(2): 136-154.

# TÉCNICAS





# Empleo de zeolita y fosforita en la obtención de abonos órgano-minerales en vaquerías

Gustavo Crespo López<sup>1\*</sup>  
Omar Martínez Zubiaur<sup>1</sup>  
Odilia Gutiérrez Borroto<sup>1</sup>  
Ma. Victoria Zaldívar<sup>2</sup>

## Introducción

**E**n las vaquerías típicas de Cuba se generan importantes volúmenes de estiércol, que se estiman en alrededor de 300 t/año en las unidades de 120 vacas y 900 t/año en las de 288 vacas. El procedimiento que tradicionalmente se emplea para convertir estos residuos en abonos orgánicos se caracterizan por el empleo de elevados insumos y apreciables pérdidas de nutrientes (Coma y Bonet, 2004).

Por otra parte, en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba se observa que la acumulación del estiércol durante un tiempo prolongado produce malos olores en la vaquería y pérdidas importantes de amoníaco, nitratos, potasio y calcio. Además, favorece la aparición de plagas de moscas y otros insectos, además crea condiciones propicias para la propagación de diversos organismos patógenos.

El aprovechamiento de las cualidades que tienen las zeolitas naturales, como la alta capacidad de retención e intercambio de amonio y otros cationes, así como la elevada capacidad de absorción de agua (Velásquez, 2002), pueden ser de utilidad para lograr la obtención de abonos órgano-minerales en las mismas instalaciones de las vaquerías, a la vez de mejorar sus condiciones higiénico sanitarias.

El objetivo del presente capítulo es mostrar el efecto de la zeolita natural y la roca fosfórica de producción nacional en la obtención y las características de abonos órgano-minerales y evidenciar el efecto del abono obtenido en la producción de diferentes cultivos de interés en suelos de importancia económica para la ganadería cubana. Los estudios se realizaron en vaquerías del Instituto de Ciencia Animal, en la provincia de Mayabeque y en vaquerías de Cumanayagua, en la provincia de Cienfuegos.

## Relación de zeolita con estiércol bovino

Inicialmente se espolvoreó zeolita natural (1-3 mm) tres veces, durante dos semanas consecutivas, sobre las capas de estiércol que habían depositado las vacas en el piso de la nave de sombra de una vaquería típica. Las proporciones de zeolita aplicadas fueron 2:1, 4:1 (estiércol:zeolita) y un testigo sin mezclar. A los 15 días cada capa orgánica fue

<sup>1</sup> Instituto de Ciencia Animal, Km 471/2, carretera central, apartado 24, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, carretera a Jamaica y autopista nacional, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

\* Autor de correspondencia: grespo@ica.co.cu

recolectada y se echaron en tanques de aluminio de 55 galones (cuatro de ellos con la proporción 2:1, cuatro con la proporción 4:1 y otros cuatro con el estiércol sin mezclar), conformando un diseño experimental en bloques al azar con cuatro réplicas. A los tres meses se tomaron seis muestras de cada tanque a las que se les determinó el pH (potenciómetro) y los contenidos de MS, cenizas, N, P, K y Ca (AOAC, 1995). Se determinó, además, el contenido de N y minerales en la zeolita de cada abono, para lo cual, ella fue separada del abono y lavada con agua desionizada para retirar las partículas de estiércol. Después el mineral se secó al aire durante 24 horas previo al análisis.

La zeolita en la proporción 2:1, elevó de forma marcada el contenido de materia seca del material y produjo el mayor peso de capa orgánica acumulada. El bajo valor del contenido de MS del estiércol sin la zeolita (14.8%) demuestra el alto contenido de agua del mismo y la fuerte capacidad de retención de agua por la zeolita (De la Torre, 2006), lo cual creó condiciones ambientales más favorables. También en este estudio la zeolita redujo el mal olor del estiércol y la población de moscas y otros insectos.

El análisis de la zeolita contenida en las mezclas con estiércol indicó que las concentraciones de N y K fueron mayores que en la zeolita sola (cuadro 2), lo cual indica la capacidad de este mineral de absorber dichos nutrientes (Coma y Bonet, 2004).

## Relación de zeolita + estiércol bovino asociado a fosforita

Se utilizó el mejor tratamiento del experimento uno y se formaron cinco proporciones zeoexcreta:fosforita (100:0; 75:25; 50:50; 25:75 y 100:0) para determinar, a los tres meses, el efecto de estos tratamientos en los contenidos de P total y asimilable del abono formado. Para el P-total se utilizó el método propuesto por Jackson (1962), mientras que el P-asimilable se determinó por Oniani (1965). Como se aprecia, el contenido de MS y cenizas fue mayor con la proporción 2:1, lo que puede deberse a que este tipo de abono tiene mayor proporción de zeolita, la cual constituye un agente deshumectante y posee más de 70% de sílice, el cual es un componente importante en las cenizas (Reyes, 1981).

El análisis de estos abonos, un año después de haberlos obtenido, indicó mayor porcentaje de N en los que contenían zeolita (promedio de 0.75%), comparado con sólo 0.28% en el testigo (estiércol solo). El contenido del resto de los minerales apenas varió en ese tiempo.

## Relación de zeolita + estiércol bovino + fosforita asociado a residuos forrajeros

En este estudio el estiércol se dejó acumular en la vaquería durante 100 días. En una de las naves de sombra se espolvoreó zeolita semanalmente (cuatro kg por vaca alojada) y fosforita (un kg por vaca alojada), mientras que en la segunda nave se regó semanalmente con residuos de forrajes y ensilaje sobre la capa de estiércol y en la tercera nave no se aplicó ninguno de los productos anteriores. Se determinó a los 50 y a los 100 días el peso fresco y seco de la capa orgánica acumulada, así como el contenido de materia seca y la altura. Estas determinaciones se realizaron en 20 marcos de 0.5 m<sup>2</sup>, distribuidos al azar en cada nave. El análisis de los resultados se realizó mediante un modelo de clasificación simple con 20 repeticiones. También se realizaron observaciones del estado de

limpieza de las naves, accidentes de las vacas, incidencia de mastitis subclínica y calidad de la leche. Las características de la capa orgánica recogida 15 días después de aplicar las proporciones de zeolita en el piso de la vaquería se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1

Efecto de la proporción de zeolita en algunas características de la capa orgánica acumulada

Estiércol: zeolita	Capa orgánica (kg/m <sup>2</sup> /día)		Capa orgánica (kg/vaca/día)		MS (%)
	Fresca	Seca	Fresca	Seca	
2:1	2.84 <sup>a</sup>	0.81 <sup>a</sup>	32.5 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>	28.5 <sup>a</sup>
4:1	2.81 <sup>a</sup>	0.55 <sup>b</sup>	27.3 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>	19.7 <sup>b</sup>
Estiércol solo	1.26 <sup>b</sup>	0.19 <sup>c</sup>	22.2 <sup>c</sup>	3.3 <sup>c</sup>	14.8 <sup>c</sup>
ES ±	0.40 <sup>**</sup>	0.10 <sup>**</sup>	1.1 <sup>**</sup>	0.4 <sup>**</sup>	1.2 <sup>**</sup>

Medias con letra diferente por columna difieren por prueba de Duncan (P<0.05).

\*\*P<0.01

Elaborado por los autores.

Cuadro 2

Concentración de N, K, P y Ca en la zeolita de los abonos y en la zeolita sola, meq/100g

Nutriente	Abono 2:1	Abono 4:1	Zeolita sola
N	16.29	18.00	2.59
K	298.00	285.00	61.54
P	3.55	2.90	ND
Ca	61.00	55.00	45.00

ND= No detectado.

Elaborado por los autores.

Por su parte, los contenidos de MS, cenizas, N, P, K y Ca, así como el pH de los abonos formados con las diferentes proporciones estiércol: zeolita, se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3

Composición química de los abonos formados

Indicador	Abono 2:1	Abono 4:1	Estiércol solo	ES±
pH	6.88 <sup>a</sup>	6.89 <sup>b</sup>	6.45 <sup>b</sup>	0.10 <sup>*</sup>
MS (%)	32.3 <sup>a</sup>	27.1 <sup>b</sup>	23.8 <sup>c</sup>	0.90 <sup>**</sup>
Cenizas (%)	12.51 <sup>a</sup>	8.18 <sup>b</sup>	6.81 <sup>c</sup>	0.20 <sup>**</sup>
N (%)	0.89 <sup>b</sup>	1.23 <sup>a</sup>	0.82 <sup>b</sup>	0.06 <sup>**</sup>
P (%)	0.20	0.16	0.16	0.02
K (%)	1.83 <sup>a</sup>	1.71 <sup>a</sup>	1.22 <sup>b</sup>	0.10 <sup>***</sup>
Ca (%)	0.83	0.80	0.78	0.02

a,b,c Medias con superíndice distinto por filas difieren por prueba de Duncan (P<0.05).

\*P <0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

Elaborado por los autores.

La mezcla de fosforita con el abono órgano-mineral seleccionado (proporción 2:1) elevó de forma marcada la solubilidad del fósforo (cuadro 4). Cuando el abono orgánico (2:1 estiércol-zeolita) se mezcló con fosforita, el P asimilable llegó a representar, como pro-

medio, el 42% del P total, comparado con sólo 23.4% en el abono sin la fosforita. Esto parece deberse a la capacidad de la zeolita de solubilizar el fósforo que contienen las fosforitas mediante el intercambio iónico con el calcio (Velásquez, 2002). Por último, se comprobó que las adiciones de zeolita, fosforita y residuos de forrajes durante la preparación del abono durante 100 días, aumentó de forma marcada el peso y el porcentaje de materia seca de la capa orgánica acumulada, cuya altura no sobrepasó los 25 cm.

Cuadro 4

Influencia de la proporción zeoexcreta:fosforita:residuos forrajeros en la solubilidad del P<sup>1</sup>

Tratamientos	% P total	% P asimilable	% asimilable del total
fosforita	7.00	1.62	23.14
100:0 <sup>2</sup>	0.52	0.12	23.46
75:25	1.20	0.52	43.33
50:50	1.78	0.72	41.75
25:75	2.49	1.10	45.50

<sup>1</sup> Determinado a las seis semanas de almacenaje.

<sup>2</sup> Proporciones zeoexcreta:fosforita.

Elaborado por los autores.

## Aplicación de zeoexcreta:fosforita:residuos forrajeros en la producción de cultivos

El efecto de la aplicación del abono resultante en la producción de varios cultivos de interés económico se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5

Efecto del abono formado en el incremento de producción de varios cultivos

Cultivo	Abono aplicado (t)	Área beneficiada (ha)	Rendimientos (t/ha)		Incremento (%)
			Control	Abonado	
Col repollo ( <i>Brassica oleracea</i> )	37	1.56	16.60	28.20	71
Frijol negro ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	109	4.63	0.80	1.42	68
Boniato ( <i>Hypomea batata</i> )	108	4.50	9.60	15.10	61
Habichuela ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	55	2.40	6.60	11.32	67
Calabaza ( <i>Cucurbita máxima</i> )	31	1.30	9.20	19.50	108
Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> )	41	1.70	16.00	27.30	71
Pasto nativo ( <i>Paspalum notatum</i> )	248	10.80	9.10	13.50	52
Forraje CT-115 ( <i>Cenchrus purpureum</i> )	1752	73	43.90	72.50	65

Elaborado por los autores.

El N, P y K aplicados con dichas cantidades de abono orgánico equivalen a 125 t de nitrato de amonio, 140 t de superfosfato sencillo y 150 t de cloruro de potasio. Como se aprecia en el cuadro anterior el rendimiento de los cultivos estudiados fue notorio, destacándose el marcado efecto en el cultivo de la calabaza.

El procedimiento utilizado para obtener este fertilizante órgano-mineral es realmente sencillo, no necesita la utilización de equipamientos que consuman energía no renovable, por lo que resulta de bajo costo y elimina cualquier daño al medio ambiente. Se destaca también la posibilidad de sustituir importantes volúmenes de fertilizantes químicos para lograr esos incrementos notables de rendimiento agrícola, lo cual permitiría el ahorro de sus importaciones y contribuiría también al saneamiento ambiental.

Aunque los estudios anteriores se realizaron principalmente en suelos rojos (ferralíticos) y pardos (sialíticos), es de esperar que los mismos se repliquen en otros tipos de suelo, siempre que los mismos tengan adecuadas propiedades físicas y de relieve.

## Metodología de empleo de la zeolita natural para la producción de abono órgano-mineral en la instalación pecuaria

Con respecto a la aplicación de la zeolita en el piso de la instalación:

- a) Limpiar bien el piso de la instalación antes de aplicar la roca zeolítica natural (RZN).
- b) Utilizar vagones de construcción y palas manuales para esparcir la RZN sobre el piso.
- c) La zeolita a esparcir sobre las capas de excretas debe poseer un tamaño de partícula de 1-3 mm.
- d) La zeolita se aplicará en la nave cada 14 días, a razón de 3.5 Kg/vaca/día.
- e) La recolección de la capa acumulada de estiércol y zeolita se realizará cada 14 días, ya sea con pala y carretilla, o con un tractor con pala mecánica. Este material orgánico se depositará en el estercolero, o en área cercana a la nave, preferiblemente techada, para proceder al curado del mismo durante 30 y 45 días.
- f) El proceso de curado del abono se puede realizar de dos maneras:
  1. Formar canteros en el área que se selecciona (estercolero ó nave cercana) a medida que se realizan las limpiezas, sin mezclar los materiales orgánicos recolectados entre una limpieza y la otra.
  2. Depositar el estiércol de varias limpiezas en el estercolero y, posteriormente, formar los canteros en un área seleccionada para que se produzca el curado de todo el material.
- g) El o los canteros de curación deben poseer las siguientes características:
  - Mantener una humedad adecuada. Ni muy secos ni excesivamente húmedos.
  - De este modo, los microorganismos aeróbicos responsables del proceso pueden actuar en las mejores condiciones. Esto contribuirá a la calidad del producto final.



- El tiempo de curado fluctúa entre 30 y 45 días, no obstante, el olor a tierra de bosque, la textura y la apariencia completamente diferente a la inicial, así como la temperatura fresca del abono resultante (*compost*), determinará el final del proceso.
  - Los canteros no deben sobrepasar las siguientes medidas: 5 x 0.5 x 1.5 m de largo x ancho x alto, respectivamente. Esto contribuirá a la rapidez y calidad del proceso.
  - Aunque no es condición necesaria para el proceso, si el área es techada ó posee sombra natural, el proceso de curación se favorecerá, mejorando así la calidad del producto final.
  - El exceso de agua en el cantero produce lavado de nutrientes y, por consiguiente, reducirá el valor del abono orgánico obtenido.
- h) Una vez terminado el proceso de curado el abono órgano-mineral estará listo para aplicarlo al área de forraje o pastoreo.
- i) La dosis de aplicación que se recomienda de este abono fluctúa entre 20 y 25 t/ha. En la actividad de ganadería la prioridad de aplicación debe ser: forraje con riego → forraje sin riego → banco de proteína → pastoreo.

Este resultado se aplicó con éxito en la empresa ganadera El Tablón, en la provincia de Cienfuegos (centro-sur del país), y obtuvo el Premio Anual de la Academia de Ciencias de Cuba, por su importante aporte al aumento de la producción de alimentos, sus beneficios al medio ambiente y el mejoramiento de la fertilidad de los suelos. Fue evaluado como satisfactorio por su resultado económico y social. Su ubicación relativamente cerca de la planta de tratamiento de zeolitas, procedentes de la mina Tasajeras, influyó de forma significativa en los favorables resultados obtenidos.

Otros estudios conducidos con este material, pero en áreas alejadas de esta misma mina, mostraron resultados productivos y medio ambientales propicios, pero la evaluación económica del resultado no fue satisfactoria, debido a que los gastos por transportación, encarecen mucho el producto. Tal es el caso de las validaciones hechas en vaquerías de la Empresa ganadera Nazareno, ubicada en la provincia de Mayabeque.

Por lo tanto, es evidente que esta tecnología es satisfactoriamente aplicable en las áreas cercanas a la planta de tratamientos de zeolita.

A continuación, se muestran algunas fotos tomadas en vaquerías de la empresa anteriormente citada, donde se ilustran vistas del procedimiento empleado y el estado sanitario de las vacas lecheras. Aquí se hizo evidente, de nuevo, que la tecnología influyó favorablemente en el estado sanitario de las vacas y en el control de insectos vectores, principalmente de las moscas, además de eliminar el mal olor procedente de las excretas, producto de la emanación de amoníaco.

Figura 1  
Elaboración de abono en orgánico-mineral con zeolita en vaquerías



Algunas etapas del proceso de abono orgánico-mineral con zeolita: 1. Piso de nave en vaquería, 2. Riego de zeolita, 3. Raspado de abono orgánico-mineral, 4. Acumulación de abono-orgánico mineral y 5. Abono curado orgánico-mineral para su aplicación.

Fotos: Gustavo Crespo

## Conclusiones

El procedimiento utilizado para obtener este fertilizante órgano-mineral es realmente sencillo, no necesita equipamientos que consuman energía no renovable, por lo que resulta de bajo costo y elimina cualquier daño al medio ambiente.

Se destaca también la posibilidad de sustituir importantes volúmenes de fertilizantes químicos para lograr esos incrementos notables de rendimiento agrícola, lo cual permitiría el ahorro de sus importaciones y contribuiría también al saneamiento ambiental.

## Referencias

- Coma, J. y Bonet, J. (2004). Producción ganadera y contaminación ambiental. XX Curso de especialización FEDNA, Barcelona, España. 24 p.
- Crespo, G.; Lok, S.; Rodríguez, I. y González, P.J. (2015). Contribución al conocimiento de la fertilidad del suelo en los pastizales permanentes. Ed. EDICA, Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 31 p.
- Crespo, G. y Gutiérrez, O. (2016). Producción de abonos órgano-minerales en las instalaciones pecuarias con el uso de zeolitas naturales cubanas. <https://www.argomix.com/ganadería-leche/articulos/producción-abonos-organo-minerales-t-82775.htm>. (Consultado 6 mayo 2020).
- Crespo, G. (2018). ¿Cómo incrementar la materia orgánica del suelo en la actividad ganadera en el trópico? *Avances en Investigación Agropecuaria*. 22(3): 37-43
- De la Torre-Sánchez, M.L.; Grande Gil, J.A. y Sainz, S. (2006). Uso de la zeolita en plantaciones de alto rendimiento como mejorante de suelos. [www.estremadura-web.com/olivarintensivo/modules.php](http://www.estremadura-web.com/olivarintensivo/modules.php) (Consultado 9 enero de 2006).
- Pérez, H.; Rodríguez, I. y Arzola, C. (2016). Aprovechamiento sostenible de los residuos de origen orgánico y la zeolita en la agricultura. Universidad técnica de Machala, Ecuador. Primera Edición.
- Rodríguez, A.; Meza, L. y Cerecera, F. (2015). Investigación científica en agricultura y cambio climático en América Latina y el Caribe. Documento de Proyecto, LC/W.657, CEPAL, Santiago de Chile. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38120/S1500304\\_es.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38120/S1500304_es.pdf?sequence=1). (Consultado 31 julio 2015).
- Reyes, S. (1981). Regularidades de distribución y composición sustancial de las zeolitas del yacimiento Tasajeras, Cuba. Tesis doctoral, Moscú, Rusia.
- Sardiñas, Y; García, R.; Crespo, G.; Herrera, M. y Fraga, N. (2017). Comportamiento productivo del kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) cv. Vinkat-3 con fertilización órgano mineral. *Livestock Research for Rural development*. 29:9.
- Velásquez, M. (2002). Desarrollo de tecnología de producto de alto valor agregado, "ZEOFERT-P". Informe interino CIPIMM, 2002. 15 p.

# Los microorganismos nativos benéficos y su impacto en el sector agropecuario

Maykelis Díaz-Solares<sup>1\*</sup>  
Giraldo Jesús Martín-Martín<sup>1</sup>  
Taymer Miranda-Tortoló<sup>1</sup>  
Leydi Fonte-Carballo<sup>1</sup>  
Luis Lamela-López<sup>1</sup>  
Iván Lenin Montejo-Sierra<sup>1</sup>  
Yuván Contino-Esquijerosa<sup>1</sup>  
Félix Ojeda-García<sup>1</sup>  
Rafael Medina-Salas<sup>1</sup>  
Wendy Mercedes Ramírez-Suárez<sup>1</sup>  
Juan Carlos LezcanoFleires<sup>1</sup>  
Gertrudis Pentón-Fernández<sup>1</sup>  
Hans Peter-Schmith<sup>2</sup>  
Osmel Alonso-Amaro<sup>1</sup>  
Reynaldo Catalá- Barranco<sup>1</sup>  
Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez<sup>1</sup>

## Introducción

El amplio espectro de aplicación de los microorganismos eficientes como variante ecológica, radica justamente en la diversa composición microbiana que la conforma, una población mixta de bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas* sp.), actinomicetos (*Streptomyces* sp.), mohos (*Aspergillus* sp. y *Mucor* sp.), levaduras (*Saccharomyces* sp. y *Candida* sp.) y bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* sp. y *Streptococcus* sp.); que cuentan con avales de su eficiencia como probióticos (Zakaria *et al.*, 2010). El uso de estos microorganismos constituye una tecnología amigable con el medioambiente pues su elaboración es, únicamente, con microorganismos que existen en la naturaleza, sin manipulación genética. El proceso productivo para la obtención de microorganismos eficientes se basa en una fermentación sólida y dos fermentaciones líquidas. El inóculo sólido es utilizado para la elaboración del inóculo líquido y este último es la base del activado. Ambos inóculos

1 Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

2 Ithaka Institute for Carbon Strategies. Ancient Eglise 9, CH-1974 Arbaz. Suiza.

\* Autor de correspondencia: maykelisdiaz@gmail.com, maykelis@ihatuey.cu

son sometidos a controles de calidad antes de ser liberados para su uso, por lo que se revisan las propiedades organolépticas, valor de pH, microorganismos presentes y límite bacteriano (ausencia de patógenos).

En Cuba, la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), en coordinación con el movimiento de agricultura orgánica de Costa Rica, facilitó en el 2004 la transferencia de la tecnología del Microben, producto basado en los microorganismos eficientes (EM<sup>®</sup>). Para implementar la tecnología, fue necesario caracterizar las materias primas disponibles y la hojarasca de los principales bosques naturales de la provincia de Matanzas. Ello permitió obtener un producto biológico que dio origen a la tecnología cubana basada en los microorganismos eficientes.

Desde el punto de vista metodológico se utilizaron los principios de «De campesino a campesino», basado en el enfoque de aprender-haciendo, que incluye un fuerte componente de innovación campesina. Para la disseminación se concibieron cinco fases: 1) capacitación de los facilitadores del proceso; 2) monitoreo y documentación de la aplicación de conocimientos; 3) diseño de las plantas; 4) intercambio de resultados alcanzados; y 5) evaluación del alcance logrado.

Después de varios años de implementación y disímiles ajustes realizados, la tecnología original se adecuó a las condiciones cubanas, con la contribución de varias instituciones del país que realizaron diversas pruebas del producto y participaron en su escalado.

El enfoque agroecológico utilizado en las entidades productivas se sustenta en los procesos sociales basados en la participación de las fincas y la comunidad, pues sus características las relacionan con el desarrollo local endógeno de los agricultores.

La introducción y difusión de la tecnología basada en el uso de microorganismos nativos (IHPLUS<sup>®</sup>), se llevó a cabo en entidades ganaderas y en fincas campesinas que emplean sistemas diversificados e integran agricultura-ganadería, de ahí que en este capítulo también aparezcan resultados en las innovaciones incrementales en cultivos agrícolas cuyo propósito fue contribuir a la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios, aspectos que se describen a continuación:

## Producción ganadera

### *Efecto del bioproducto IHPLUS<sup>®</sup> (microorganismos nativos) en los indicadores productivos y de salud de precebas porcinas*

Se desarrolló una investigación en condiciones de producción para evaluar el efecto del bioproducto IHPLUS<sup>®</sup> en los indicadores productivos [(incremento del peso vivo, PV (kg); ganancia media diaria, GMD (g/animal/día); conversión alimentaria (CA) y de salud (enfermos, recuperados y muertos)]; e indicadores epizootiológicos: prevalencia (IPV); incidencia negativa por recuperación (INR); mortalidad, (Mt) de precebas porcinas. Se utilizaron 480 animales, con edad promedio de 26 días y peso promedio de 5.96 kg.

Como alimento se usó concentrado de inicio de cría (de origen nacional). El período experimental fue de 21 días. Se evaluaron cuatro tratamientos: un control y tres dosis de IHPLUS<sup>®</sup>: 40, 80 y 120 ml cerdo/día en un diseño completamente aleatorizado. Los



menores resultados productivos se obtuvieron con el tratamiento control (7.26 kg de PV; 60.5 g/día de GMD y 6.01 de CA) y con la dosis más baja de probiótico (7.22 kg de PV; 60.5 g/día de GMD y 6.01 de CA); mientras que con la dosis de 120 ml se alcanzaron los mejores resultados (7.92 kg de PV; 92.3 g/día de GMD y 3.98 de CA). Los indicadores de salud con 80 y 120 ml cerdo/día mostraron menor prevalencia, y la mayor dosis ejerció el mejor efecto en ellos; estos tratamientos alcanzaron una tasa de recuperación de 100%, con 0% de mortalidad. La dosis de 120 ml de IHPLUS® cerdo/día produjo un efecto superior al resto en los indicadores productivos y de salud de precebas porcinas, por lo que se recomienda como dosis óptima de aplicación en las dietas (Blanco-Betancourt *et al.*, 2017).

### ***Efecto de la inclusión de un biopreparado de microorganismos nativos (IHPLUS®) en dietas de cerdos en ceba***

Para establecer la cantidad óptima de inclusión del biopreparado se evaluaron tres dosis: 40, 80 y 120 ml/cerdo/día, mediante un diseño completamente aleatorizado (cuadro 1).

Las ganancias medias diarias de la primera etapa, hasta los 55 días, fueron numéricamente inferiores a las obtenidas al final del periodo de evaluación; mientras que los mejores índices de CA se hallaron en esta medición intermedia, excepto en el grupo control.

Estos resultados pueden estar vinculados al hecho de que los cerdos con peso vivo inferior a 50 kg no regulan bien sus necesidades nutricionales a través del consumo, y cuando las dietas son bajas en componentes energéticos, ellos no ingieren las cantidades necesarias de alimento que les permitirían mejorar la ganancia; sin embargo, al estar en pleno desarrollo su CA es más favorable. Con el avance de la edad y el incremento de peso de los cerdos (segunda etapa), las GMD tendieron a aumentar, pues si bien las necesidades de mantenimiento fueron mayores, el desarrollo corporal se hizo más lento, lo que permitió que se incrementará el efecto del bioproducto IHPLUS® en los indicadores productivos y de salud de precebas porcinas.

Aunque los valores difirieron de los establecidos para las empresas comerciales: GMD de 0.840 kg y CA de 2.30, los resultados de este estudio se obtuvieron a partir de dietas no convencionales utilizadas por los productores no estatales, las cuales son elaboradas con los alimentos disponibles, y que la inclusión del IHPLUS® favoreció la GMD y la CA. Ello ratificó el beneficioso efecto nutricional de este bioproducto y demostró la importancia de su empleo para el desarrollo de la ceba porcina.

Como la GMD y la velocidad de crecimiento fueron mayores con el uso del biopreparado, esto permitió disminuir el ciclo de ceba, lo que equivale a engordar más cerdos y aumentar la rentabilidad de la explotación. En este sentido, los ingresos económicos por cerdo fueron mayores con el empleo del IHPLUS®, y en particular con la dosis de 40 ml, con la cual se obtuvo un incremento de 15.4% en la ganancia, respecto al tratamiento control (Ojeda-García *et al.*, 2016).

**Cuadro 1**  
**Efecto del IHPLUS® en el peso vivo (PV), la ganancia media diaria (GMD)**  
**y la conversión alimentaria (CA) de cerdos en ceba**

IHPLUS® (ml)	Primera etapa				Segunda etapa		
	PV (kg)	PV (kg)	GMD (kg/a/d)	CA (kg MS/kg PV)	PV (kg)	GMD (kg/a/d)	CA (kg MS/kg PV)
0	26.8	48.8 <sup>c</sup>	0.400 <sup>c</sup>	4.17 <sup>a</sup>	90.4 <sup>c</sup>	0.478 <sup>c</sup>	4.06 <sup>a</sup>
40	26.6	56.5 <sup>a</sup>	0.544 <sup>a</sup>	3.07 <sup>c</sup>	98.3 <sup>a</sup>	0.583 <sup>a</sup>	3.64 <sup>c</sup>
80	27.3	53.3 <sup>b</sup>	0.473 <sup>b</sup>	3.53 <sup>b</sup>	96.0 <sup>a</sup>	0.516 <sup>b</sup>	3.89 <sup>b</sup>
120	27.1	53.5 <sup>b</sup>	0.482 <sup>b</sup>	3.46 <sup>b</sup>	94.9 <sup>b</sup>	0.505 <sup>b</sup>	3.92 <sup>b</sup>
ES (±)	0.5	1.2	0.019	0.15	1.6	0.011	0.01
Signif.	NS	0,001	0.001	0.001	0.01	0.01	0.01

a, b, c valores con superíndice no comunes difieren por prueba de Duncan (P<0.05).

PV- peso vivo, GMD- ganancia media diaria, CA- conversión animal.

Elaborado por los autores.

### ***Efecto del aditivo probiótico IHPLUS® en los indicadores productivos y de salud de reproductoras porcinas y sus crías***

Se utilizaron un total de 30 reproductoras porcinas York/Landrace de una unidad de producción de crías. El tratamiento consistió en ofertar a las puercas lactantes 250 ml de microorganismos nativos activados (MNA)/animal y las crías un litro de MNA/5 000 l de agua. El mejor comportamiento de la variable peso vivo correspondió al tratamiento experimental con IHPLUS®, en relación al control para la categoría de reproductoras (187.68 kg en comparación con 184.32 kg con diferencia de 3.36 kg a favor del grupo experimental). Similar comportamiento se obtuvo en el desempeño de los indicadores incremento de peso vivo y ganancia media diaria. La conversión alimentaria alcanzó el mejor valor en el tratamiento experimental, y mostró diferencia significativa con respecto al grupo control, que alcanzó valores de 4.52 y 5.60. El peso al destete a los 28 días de edad resultó adecuado según el Instituto de Investigaciones Porcinas, que establece como mínimo 6.0 kg en esta categoría.

Montejo-Sierra *et al.* (2017) al ofrecer IHPLUS®, en una ración de alimento no convencional observó incrementos significativos con relación al control para las categorías cría, preceba, ceba inicial y ceba final. La causa fundamental de mortalidad en las crías fueron los trastornos digestivos (colibacilosis) y el tratamiento control fue el que mayor presentación tuvo con respecto al tratamiento que recibió (IHPLUS®) 28 vs tres animales que representan 54.9 y 27.2% respectivamente.

## **Producción agrícola**

### ***Uso de microorganismos eficientes en tratamientos pregerminados de maíz (Zea mays L.)***

El preacondicionamiento es un tratamiento pregerminativo que se aplica principalmente a semillas agrícolas, colocándolas por un tiempo determinado en soluciones osmóticas o

en matrices sólidas, de manera que puedan absorber agua y solutos e iniciar los procesos metabólicos correspondientes a la fase temprana de la germinación, pero previene la protrusión de la radícula (Díaz-Solares *et al.*, 2019).

Estos tratamientos pregerminativos promueven la sincronización e incrementan la velocidad de germinación de la población de semillas. En algunas especies también aumenta la velocidad de crecimiento y el porcentaje de sobrevivencia de las plántulas durante su establecimiento aún en condiciones ambientales adversas.

Por ello, en determinadas ocasiones, se emplean productos (habitualmente hormonales) que son capaces de producir una estimulación en la etapa de germinación de la semilla para garantizar un adecuado desarrollo del ciclo vegetativo del cultivo.

En el presente ensayo de germinación con semillas de maíz se demostró que la inmersión en una solución de microorganismos eficientes al 5%, a pesar de no ser un producto hormonal, fue capaz de provocar la germinación de las semillas en condiciones ambientales, mejorando el porcentaje de germinación (cuadro 2) con respecto a los tratamientos con base de agua y el control. Los tratamientos con mayores porcentajes de germinación resultaron ser la inmersión de las semillas en IHPLUS® durante seis horas mantenidas y 18 horas en humedad, y seis horas y 18 horas secas con 97 y 96% de germinación respectivamente, previo a la siembra, observándose que las semillas sumergidas en la solución de IHPLUS® al 5% presentaban una mayor velocidad de emergencia de la radícula.

Cuadro 2  
Porcentaje de germinación de las semillas de maíz (*Zea mays* L.)

Tratamientos	Germinación (%)
2 horas en IHPLUS® + 22 horas húmedo	93
2 horas en IHPLUS® + 22 horas seco	94
6 horas en IHPLUS® + 18 horas húmedo	97
6 horas en IHPLUS® + 18 horas seco	96
2 horas en agua + 22 horas húmedo	87
2 horas en agua + 22 horas seco	91
6 horas en agua + 18 horas húmedo	88
6 horas en agua + 18 horas seco	94
Control	72

Elaborado por los autores.

### ***Efecto de los microorganismos nativos en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*)***

En el organopónico “El Cacique” (EPPFIH) en el que se cultivan diversas hortalizas (Blanco *et al.*, 2012), observaron resultados satisfactorios en pepino (*Cucumis sativus*), con la aplicación de 15 l/ha de IHPLUS®, después de los 15 días de trasplantado. Como se puede observar, se incrementa la capacidad fotosintética de los cultivos, la eficacia de la materia orgánica como fertilizante, se asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas, se evita que los patógenos promuevan enfermedades y se duplica el rendimiento por cantero (cuadro 3).

Cuadro 3  
Resultados de la aplicación de IHPLUS® en pepino

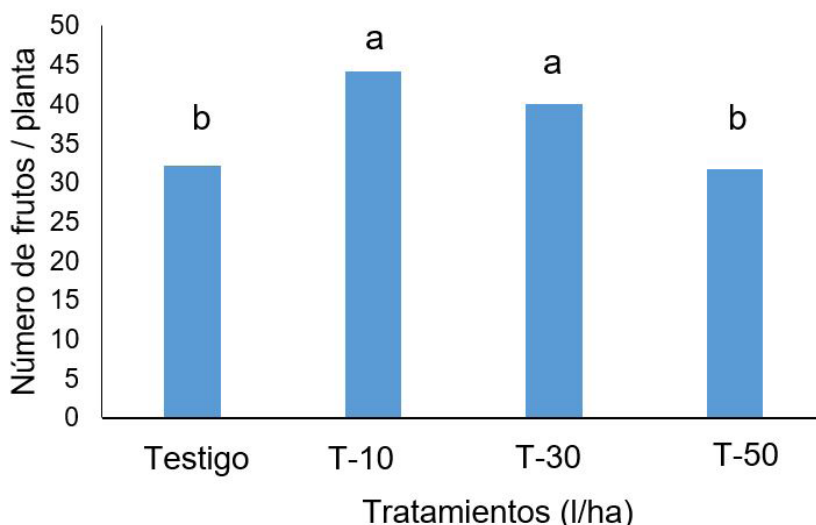
Tratamiento	Rendimiento kg/cantero	Cosechas/cantero	Presencia de plagas (%)
Control	68	2	92
IHPLUS®	119	4	35

Elaborado por los autores.

**Aspersión foliar de microorganismos nativos en plantas de naranjo valencia (*Citrus sinensis* L. Osb.)**

Los árboles de naranjo ‘Olinda Valencia’ (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) se establecieron en suelos profundos sobre roca caliza y fueron injertados sobre el patrón ‘Çarrizo’. La distancia de siembra fue de 7 x 2.5 m, con cinco años de sembrados. Se evaluó la aplicación de los microorganismos nativos con tres tratamientos 1(10), 2(30) y 3(50) l/ha, (T-10, T-30 y T-50 l/ha), con el propósito de conocer su efecto en la producción, la calidad de los frutos y el estado general de las plantaciones. La fructificación (figura 1) mostró que en T-10 se obtuvo mayor cantidad de frutos sin diferencias con T-30, pero a su vez difirió del resto de los tratamientos.

Figura 1  
Influencia de los microorganismos nativos en la fructificación



Elaborado por los autores.

En este sentido Priyadi *et al.* (2005) señalaron que la inoculación de IHPLUS® al ecosistema suelo/planta mejora el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos. Hasta el momento el empleo de altas dosis no parece tener efectos favorables en los indicadores del rendimiento.

Con base en estos resultados al estimar los rendimientos, se pudo comprobar que son muy bajos en sentido general y los incrementos se alcanzan en las plantas tratadas con la concentración más baja de IHPLUS®.

Al revisar los resultados de los análisis de calidad interna y externa de los frutos, se pudo comprobar que la aplicación de IHPLUS® con 30 l/ha, indujo una mayor masa de los frutos con un valor promedio de 203 g, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, y el testigo absoluto alcanzó el menor peso con 123 g. El porcentaje de jugo se vio favorecido en las plantas que recibieron la aplicación de 30 l/ha, sin diferencias con las que recibieron 10 l/ha, que alcanzaron 49.3%.

Con relación a los °Brix, el testigo relativo (tecnología de la empresa) alcanzó el valor más alto de 8.7, sin diferencias con los tratamientos en los que se aplicó 10 l/ha y 30 l/ha. Se concluye que la aplicación de microorganismos eficientes en dosis de 10 l/ha, es favorable para el cultivo pues los °Brix alcanzaron valores adecuados para el inicio de la cosecha (>8).

El porcentaje de jugo se vio favorecido en las plantas que recibieron la aplicación de IHPLUS® a una concentración de 30 l/ha con valores de porcentaje de jugo de 51.5%, sin diferencias con las que recibieron 10 l/ha, que alcanzaron 49.3%.

## Otras contribuciones medioambientales

### *Resultados obtenidos en aguas residuales tratadas con microorganismos nativos IHPLUS®*

El tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos agrícolas, industriales u otros, consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los elementos contaminantes presentes en el agua.

El uso de microorganismos como herramienta de purificación hídrica es reciente. Una de las premisas que se considera con respecto a esta herramienta es que todos los ecosistemas naturales poseen microorganismos capaces de metabolizar los compuestos tóxicos.

De esta manera es posible suponer que pueden existir microorganismos capaces de producir o degradar prácticamente cualquier tipo de sustancia natural, esto se presenta como una oportunidad para la descontaminación de aguas residuales a menor costo y menor tiempo, con respecto a las técnicas tradicionales.

En la actualidad estos sistemas poseen la flexibilidad de trabajar en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, en dependencia del tipo de microorganismo a utilizar, el origen de los residuos y la disponibilidad de equipos y materiales.

El desarrollo de los microorganismos se relaciona directamente con las condiciones ambientales, en particular con la temperatura, el pH y el contenido de oxígeno.

El empleo de los microorganismos nativos en el tratamiento de aguas residuales, transforma la materia orgánica y disminuye la carga orgánica expresada en demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), el volumen de sólidos y por tanto la producción de lodos; mejora la calidad física, química y microbiológica del efluente en una planta de tratamiento de aguas residuales, inhibe la producción de olores ofensivos y gases, disminuye el uso de cloro y otros desinfectantes. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales, en muchos casos, logran alcanzar los mayores porcentajes por diseño referidos a la materia orgánica consumida, sin embargo, en los mismos la remoción microbiológica es baja, de ahí que la disposición final de sus efluentes genere contaminación ambiental.



Los resultados logrados en el tratamiento de las aguas del parque “Retiro Josone” con una extensión aproximada de nueve ha constituyen un ejemplo de validación del producto. En este ecosistema como producto de factores naturales y antrópicos ocurrieron procesos de degradación reflejados en el deterioro de la calidad de las aguas del lago, erosión de sus márgenes, así como pérdida y empobrecimiento de la vegetación.

La investigación realizada tuvo el objetivo de rescatar las condiciones originales del ecosistema, para lo cual se realizó un estudio preliminar de la calidad del agua y los sedimentos que componen el lago, así como trabajos de campo posteriores a las aplicaciones de producto biorremediador en el lago.

### *Resultados obtenidos en el control de olores en instalaciones productivas*

El control de malos olores es uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los avicultores en las naves, y la presencia de olores desagradables se debe, en la mayoría de los casos, a la liberación de amoníaco, el cual puede convertirse en un problema que compromete la salud de los trabajadores, los niveles de producción y salud de los animales, a menudo, en una verdadera molestia para comunidades aledañas. Esta formación de gases amoniacales fue atribuida a la descomposición del ácido úrico presente en las excretas.

La relación entre la volatilización del amoníaco y la concentración amoniacal resultante depende de diversos factores, tales como: el contenido de humedad de las camas, su pH, la temperatura ambiente y la velocidad del viento (Moore *et al.*, 1996).

Las investigaciones sobre los efectos de los gases amoniacales en las aves muestran que estos actúan negativamente sobre el crecimiento, la asimilación de los alimentos, la producción de huevos y el aparato respiratorio, ya que aumentan la susceptibilidad a la enfermedad de Newcastle y a la aerosaculitis, e incrementan los niveles de *Mycoplasma gallisepticum* y de la queratoconjuntivitis (Moore *et al.*, 1996). En este sentido, los microorganismos benéficos justifican su uso debido a la necesidad de contrarrestar el impacto sanitario y ambiental que deprime la productividad; de esta forma, el sector avícola puede afrontar en forma competitiva, eficiente y sostenible los requerimientos de un mercado globalizado (Hoyos *et al.*, 2008).

La primera experiencia en la aplicación del IHPLUS® en controlar malos olores en la producción avícola se realizó en la granja San Vicente, provincia de El Oro, Ecuador, por Ramírez y Blanco (2009), quienes en menos de un año lograron transformar este contaminante en una prospera fábrica de biofertilizantes, mediante la aspersión del bioproducto sobre las excretas de las aves. En dicha granja se realizaron varias evaluaciones, donde se cuantificó un marcado descenso en los niveles de amoníaco en el interior de las naves en las que se asperjó IHPLUS®. La mayor incidencia de alta concentración de olores la mostró la línea A (no aplicación), en contraste con la línea B (aplicación de IHPLUS®), en la cual la mayor cantidad de observaciones declararon bajos contenidos de olores. En otro sentido, cuando se asperjó los microorganismos benéficos dentro de las naves, se logró disminuir de forma sensible la presencia de vectores. En una empresa agropecuaria en la provincia de Matanzas-Cuba, desde 2011, se desarrollan experiencias exitosas en el control de las emisiones de amoníaco de las camas de ponedoras comerciales, al asperjar tres veces por semana una solución de 4:12 de IHPLUS:Agua, estos 16 litros cubren 140 m<sup>2</sup> de cama. En el caso del uso de IHPlus como probiótico, así como para el control de infecciones entéricas y olores, las dosis se exponen en el cuadro 4.

Cuadro 4

Utilización del IHPLUS® para controlar las infecciones entéricas y los olores

Categoría	Dosis (%/peso del alimento seco)
Pollitos (1-2 semana)	6.0
Pollo de ceba (más de dos semanas)	4.0
Reemplazo de ponedora	4.0
Ponedora comercial	3.0

Elaborado por los autores.

Este proceder permitió ahorrar hasta 32 bolsas de cal (óxido de calcio) por nave a la semana. A partir de la experiencia, el Consejo Científico Veterinario está promoviendo su difusión en las unidades productivas del Combinado Avícola Nacional, por constituir una importante fuente de ahorro.

Para el control de olores dos l/mochila asperjadora de 16 l, se aplica 0.5 l/m<sup>2</sup> de superficie, dos veces por semana.

**Los microorganismos nativos IHPLUS® en bioabonos con Biochar**

Los microorganismos nativos IHPLUS® empleados como bionutrientes para enriquecer el biocarbón pirolizado “Biochar”, y como activador de los compostajes, contribuyen a hacer de los residuos orgánicos un recurso valioso para el mejoramiento de los suelos y el incremento de la productividad a través del reciclaje, la pirólisis y las aplicaciones estables en áreas de cultivo.

Biochar, producto de la pirólisis de biomasa leñosa; y la pirólisis (del griego piro, ‘fuego’ y lisis, ‘rotura’) consiste en la descomposición química de materia orgánica, causada por el calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno. La tecnología de pirólisis lenta en KonTiki tiene como principio de funcionamiento, utilizar los gases como cobertura para crear con el fuego (Schmidt y Taylor, 2014), la exclusión de aire y obtener un carbón; capaz de absorber y retener en su amplia área superficial compuesta por macro, meso y microporos, el agua, los nutrientes y los organismos contenidos en el sustrato de microorganismos nativos eficientes.

En la actualidad, unido a la presencia de grupos funcionales poco hidrófobos (Antal y Grønli, 2003), las fuerzas capilares fuertes, la alta capacidad de cambio catiónico, son responsables de la reducción en presencia del biochar de las pérdidas de distintas formas líquidas y gaseosas de nitrógeno y otros nutrientes de los sustratos de cultivo y del suelo (Reyes *et al.*, 2018).

Al respecto, los estudios sobre capacidad de almacenamiento de biochar de *Morus alba*, *Dichrostachys cinerea* (marabú), *Leucaena leucocephala* y bagazo de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), después de 24 horas de imbibición en agua, en condiciones de fincas de producción, mostraron una eficiencia de retención inicial de agua superior de 1 hasta 3.5 unidades de agua por unidad de biochar.

Sobre la capacidad de retención de agua y microorganismos nativos IHPLUS® (líquido) en biochar de marabú; fue demostrado que demoró hasta el séptimo día, posterior de la imbibición para estabilizar el peso del biochar. Fue mayor el por ciento de peso húmedo inicial con microorganismos nativos comparado con agua, en todos los momentos de

evaluación hasta el día 14 (35 y 31%, respectivamente); lo cual sugiere que quedaron retenidos en las estructuras del biochar, nutrientes y organismos de la solución de IHPLUS®.

Los microorganismos imprimen un valor agregado a los compost, el biochar y su combinación; ya que están asociados a valores mayores de materia orgánica en los bioabonos obtenidos (cuadro 5).

Cuadro 5  
Características agroquímicas de bioabonos con IHPLUS®

Bioabonos	Na	K	Ca	Mg	P	MO	pH
	(cmol[+]/kg)				(ppm)	(%)	
A	0.75	1.18	34.5	13.5	3 994	49.90	7.1
B	1.06	1.17	34.5	14.5	6 407	42.30	6.8
C	1.11	1.17	29.5	21.0	6 406	38.60	6.8
D	1.53	1.18	34.0	17.5	6 222	36.90	7.0
E	0.82	1.17	35.5	14.0	5 804	48.60	6.9
F	0.12	1.17	31.0	15.5	4 644	41.30	7.2
G	4.00	1.20	38.0	13.0	2 323	13.00	7.7
H	1.26	1.23	56.5	29.0	1 820	53.30	6.8
I	1.28	1.18	22.5	10.0	1 596	40.30	9.7

A. Compost de estiércol (CE) vacuno + restos de ciega de césped (CC); B. CE vacuno + restos de CE + IHPLUS®; C. CE ovinos + restos de CE + IHPLUS®; CE vacuno y carnero+ restos de CE + IHPLUS®; E. CE vacuno +restos de CC+ Biocarbón; F. CE vacuno + restos de CC + cachaza + restos de silo; G. CE + restos de CC+ Zeolita; H. Biochar enriquecido con IHPLUS®, I. Biochar.

Elaborado por los autores.

Se pueden utilizar diferentes formulaciones de biochar y compost enriquecido con IHPLUS®; aplicados a razón de seis o siete t/ha en cultivos varios y en el establecimiento de árboles.

Los microorganismos nativos IHPLUS® se distinguen por su capacidad disminuir el pH del biochar hasta valores cercanos a la neutralidad, y mejorar sus cualidades como abono. Husson *et al.* (2016) llamaron la atención sobre las condiciones óptimas para el crecimiento de la mayoría de las plantas, dependiendo de potencial redox (Eh) y pH en el suelo, que deben oscilar entre valores de 0.3 y 0.6 V y pH de 6 a 7. En este sentido, el biochar se caracteriza por un potencial redox que oscila entre 0.4 V y 0.5 V y valores de pH entre 9.6 y 10.4.

Cuando se enriquece con microorganismos nativos IHPLUS®, se mantiene el valor redox por encima de 0.3 V y el pH alcanza valores cercanos a la neutralidad.

En los cultivos de yuca (*Manihot esculenta*), habichuela y frijol (*Phaseolus vulgaris*), dolichos (*Lablab purpureus*), melón de agua (*Citrullus lanatus*), rábano (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) y en el establecimiento de piñón o jatrofa (*Jatropha curcas*) en vivero; las enmiendas en biochar inoculado con solución de IHPLUS® o biochar mezclado con compost enriquecido con IHPLUS®; en una proporción de biochar menor de 50%, tuvieron un comportamiento similar a la fertilización inorgánica (Pentón, 2019).

## Beneficios económicos, sociales y ambientales de los microorganismos eficientes

La tecnología de los microorganismos eficientes en Cuba trajo consigo beneficios e impactos económicos para las dos nuevas cadenas productivas que se generaron.

En el periodo del 2014 al 2018 la extensión a los campesinos liderada por la EEPF Indio Hatuey permitió alcanzar más de 500 escenarios donde se demostró el favorable impacto en el rendimiento de cultivos como el frijol, el maíz, el sorgo, diversas hortalizas y la producción de papa orgánica, así como un efecto significativo en la germinación de las semillas de maíz, ajonjolí, morera, frijol, pepino, habichuela, quimbombó, café, pino, entre otras; así como propágulos de yuca, boniato y morera, todo lo cual facilitó sustituir el uso de agroquímicos dañinos al ecosistema y a la salud humana. Al mismo tiempo, favoreció el crecimiento económico y el mejoramiento de la sostenibilidad ambiental de los ecosistemas. Las ganancias documentadas por su aplicación en la agricultura, ascienden a más de seis millones de pesos cubanos equivalentes a seis millones de dólares (teniendo en cuenta que a nivel estatal la tasa cambiaria del peso cubano con respecto al dólar es de 1 por 1). Además, por su contribución en la alimentación y salud de diferentes categorías de animales tales como cerdos, conejos y aves, principalmente, los ingresos superan los 44 millones de pesos cubanos (44 millones de dólares).

A partir del año 2013 y hasta el 2018 el Grupo Empresarial del laboratorio Biofarmacéutico (LABIOFAM) produjo 2 022.42 t de microorganismos eficientes en 12 plantas productoras, y las comercializó a diferentes entidades. Con base en la tecnología de la EEPF Indio Hatuey, se evaluó su uso combinado con otros bioproductos (bioplaguicidas, biofertilizantes, bioestimulantes, entomófagos) tales como *Trichoderma*, lo cual demostró su efectividad en el manejo de *Rhizoctonia* en cebolla y posturas de tomate, la actividad metabólica *in vitro* sobre *Rhizoctonia solani* y *Alternaria solani* y la incidencia sobre los estados inmaduros de la mosca blanca *Bemisia tabaco*. Se trabaja sobre la interacción con nematodos del género *Meloidogyne* y se realiza un grupo de acciones y manejos agronómicos encaminados a la preservación de los ecosistemas. También se trabajó con bioproductos y biofertilizantes en pepino (*Cucumis sativus* L.) (Catalá, 2019).

Desde el punto de vista social, la formación de capacidades asociadas a la extensión de esta tecnología dotó de conocimientos, habilidades, aptitudes y destrezas a los campesinos, lo que le confirió mayor autosuficiencia técnica y protagonismo en la solución de sus problemas. Al mismo tiempo, contribuyó a la elevación de su cultura ambiental con incidencia en sus resultados económicos y productivos.

El proceso de preparación y uso, constituyó un fenómeno sociocultural que favoreció la inclusión de todos los miembros de la familia, su desarrollo, la creación de nuevas fuentes de empleo en especial para mujeres, incrementos del acceso de los agricultores que contribuyó a la sustitución de importaciones en fertilizantes y plaguicidas.

Desde el punto ambiental, la tecnología no genera desechos tóxicos ni contaminantes y contribuye a controlar los olores en instalaciones de producción avícola, con un marcado descenso en los niveles de amoníaco en el interior de las naves y el ahorro de 32 bolsas/nave/semana de óxido de calcio. La aplicación de esta tecnología en los digestores

de biogás incrementa la cantidad de biogás producido, la disminución del tiempo de retención de la excreta dentro del biodigestor y el aumento en la eliminación de la carga orgánica.

En el tratamiento de residuales líquidos, se destaca la eliminación de microalgas que causaban constantes tupiciones en el sistema de riego y su aplicación en el lago del parque Josone, con el proceso de biorremediación, mejoraron las concentraciones de los parámetros de calidad del agua.

Como resultado de las actividades de extensión la tecnología se aplica en 15 provincias, 94 municipios, lo que representa que llegó al 56% de los municipios cubanos.

## Conclusiones

Los microorganismos nativos benéficos presentan efectos significativos en la producción y la salud, lo que repercute en la sostenibilidad del sector agropecuario. Por otra parte, representan una alternativa en el manejo agroecológico de sistemas agropecuarios que ayuda a mejorar la diversidad de microorganismos del suelo, regular las plagas y patógenos, además de potenciar el rendimiento de los cultivos.

## Referencias

- Antal, M.J. y Grønli, M. (2003). The art, science, and technology of charcoal production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 42(8): 1619-1640.
- Blanco, D.; Cepero, L.; Donis, F.; González, O.; García, Y.; Martín, G. J.; Suárez, J.; Ojeda, F.; Catalá, R.; Medina, R.; Díaz, M.; Fonte, L.; Ramírez, I.; Sánchez, S. y Miranda, T. (2012). IHPLUS®, un bioproducto de amplio uso agropecuario basado en microorganismos nativos. En: *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural. La experiencia del proyecto internacional BIOMAS-CUBA*. Eds: Jesús Suárez Hernández y Giraldo J. Martín Martín. 144 p.
- Blanco, D.; Ojeda, F.; Cepero, L.; Estupiñán, L.J.; Álvarez, L.M.; y Martín, G.J. (2017). Efecto del bioproducto IHPLUS® en los indicadores productivos y de salud de precebas porcinas. *Pastos y Forrajes*. 40 (3):201-205.
- Catalá, R. (2019). Efectos de los microorganismos eficientes con bioproductos y bioabonos como alternativas ecológicas para la producción *Cucumis sativus* L. en condiciones de organopónico. *Memorias V Convención Internacional Agrodesarrollo*. Eds: Dra. C. Mildrey Soca Pérez y MSc, Nayda Armengol López. Pp. 1352-1358.
- Díaz, M.; Pérez, Y.; González, J.; Castro, I.; Fuentes A. L.; Matos, M. y Sosa del Castillo, M. (2019). Efecto del IHPLUS® sobre el proceso de germinación de *Sorghum bicolor* L. (Moench). *Pastos y Forrajes*. 42 (1): 30-38.
- Hoyos, D.; Alvis, N.; Jabib, L.; Garcés, M.; Pérez, D. y Mattar, S. (2008). Utilidad de los microorganismos eficientes en una explotación avícola de Córdoba. Parámetros productivos y control ambiental. *Revista de Medicina Veterinaria de Córdoba*. 13 (2): 2-4.
- Husson, O.; Husson, B.; Brunet, A.; Babre, D.; Alary, K.; Sarthou, J. P.; Charpentier, H.; Durand, M.; Benada, J. y Henry, M. (2016). Practical improvements in soil redox potential (Eh) measurement for characterisation of soil properties. Application for comparison of conventional and conservation agriculture cropping systems. *Analytica Chimica Acta*. 906: 98-101.
- Montejo, I.L.; Lamela, L.; Arece, J.; Lay, María T. y García, D. (2017). Efecto de dietas no convencionales con microorganismos nativos en la cría porcina. *Pastos y Forrajes*. 40 (4): 308-314.
- Moore, P.A.; Daniel, T.C.; Edwards, D.R. y Miller, D.M. (1996). Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter. *Poultry Science*. 75: 315-320.
- Ojeda, F.; Blanco, D.; Cepero, L. e Izquierdo, M. (2016). Efecto de la inclusión de un biopreparado de Microorganismos eficientes (IHPLUS®) en dietas de cerdos en ceba. *Pastos y Forrajes*. 39(2): 119-124.
- Pentón, G. (2019). Nuevos abonos organominerales para la fertilización y la restauración del suelo. Informe anual de proyecto. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Programa Institucional. Código 10493. Anexo 6. 39 p.



- Priyadi, A. H.; Siagian, T. H.; Nisa, C.; Azizah, A.; Raihani, N. y Inubushi, K. (2005). Effect of soil type, applications of chicken manure and effective microorganisms on corn yield and microbial properties of acidic wetland soils in Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 51: 689-691.
- Ramírez, I. y Blanco, D. (2009). Estudio de la inclusión de microorganismos benéficos en el control de las emisiones de amoníaco presentes en las excretas avícolas en la Granja San Vicente de la provincia El Oro. Ecuador. Memorias de Congreso Agro-ciencia 2009. Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba. Pp. 220-226.
- Reyes, G. (2018). Aprovechamiento de residuos forestales en forma de biocarbón como alternativa agroecológica para la producción de madera de calidad de *Acacia mangium* Willd. Tesis presentada como requisito parcial para optar el título de doctor en Agroecología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias Bogotá D.C., Colombia. 264 p.
- Schmidt H.P. y Taylor, P. (2014). Kon-Tiki - the democratization of biochar production, the Biochar Journal, Arbaz, Switzerland. ISSN 2297-1114 [www.biochar-journal.org/en/ct/39](http://www.biochar-journal.org/en/ct/39). Version of 29<sup>th</sup>. (Consultado 27 noviembre 2014).
- Zakaria, Z.; Gairola, S. y Mohd, N. (2010). Effective Microorganisms (EM) Technology for Water Quality Restoration and Potential for Sustainable Water Resources and Management Shariff International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 2010 *International Congress on Environmental Modelling and Software Modelling for Environment's Sake*, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada David A. Swayne, Wanhong Yang, A. A. Voinov, A. Rizzoli, T. Filatova (Eds.). Disponible en: URL: <http://www.iemss.org/iemss2010/index.php?n=Main.Proceedings> (Consultado 26 abril 2019).



# Producción de cerdos al aire libre como estrategia productiva a escala familiar

Cecilia Soledad Carballo Sánchez<sup>1\*</sup>

Nandy Soledad Espino Martínez<sup>1</sup>

Ana Laura Vodanovich Possamai<sup>1</sup>

## Introducción

La carne de cerdo, luego de la aviar, es la más producida a nivel mundial, alcanza 96 millones de t en el primer cuatrimestre del 2020. El 38% de esta producción se sitúa en China<sup>2</sup>, país con los mayores niveles de consumo (USDA, 2020). Para satisfacer esta demanda elevada —con una enorme brecha entre países desarrollados y en desarrollo— y en aumento, el rubro porcino no es ajeno a la industrialización de la producción, que lleva ya varias décadas. Los sistemas intensivos en confinamiento son responsables de abastecer más del 60% de la carne consumida a nivel mundial (FAO, 2014), aunque no representan el sistema productivo predominante.

Este mayor grado de intensificación va acompañado de una elevada concentración de animales, el uso de grandes volúmenes de agua de limpieza, alta dependencia de insumos (raciones, genética, específicos veterinarios) y de capital tanto de inversión como de funcionamiento, características que los vuelven inviables para productores de pequeña y mediana escala. El gran volumen de efluentes que manejan y el efecto que esto genera sobre el medio ambiente (Maisonnave *et al.*, 2015), el uso masivo de antibióticos, el impacto sobre la salud de operarios (Casana, 2017) y fundamentalmente las condiciones de bienestar animal (Córdova *et al.*, 2016) son algunos de los cuestionamientos que en los últimos años tomaron fuerza respecto a estos sistemas. Parte de este escenario se explica por una nueva concepción de las formas de producción, que responden a preferencias y actitudes de los consumidores, quienes demandan alimentos que reflejen un modo de producción menos intensivo, alimentos saludables (Cicia *et al.*, 2016), que contemplen el bienestar animal (Del Campo *et al.*, 2014) y el menor impacto ambiental (Apostolidis y McLeay, 2019).

Uruguay es uno de los países con mayor consumo de carne *per cápita* del mundo (97.7 kg; INAC, 2019), la carne de bovino es la más consumida (58%). El consumo de carne de cerdo se sitúa en 16.4 kg por habitante por año (OPYPA, 2019), valor que duplica al registrado diez años atrás (INAC, 2015). La mejora en el producto ofrecido y el mayor precio de la carne vacuna en el mercado interno son algunos factores que explican este incremento (Lanfranco y Rava, 2014). Este aumento en la demanda se vio reflejado en el aumento de las importaciones que provienen fundamentalmente desde Brasil (OPYPA, 2019). El 77% de la carne de cerdo comercializada en el mercado interno es importada

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Garzón 780, Montevideo, Uruguay.

\* Autor de correspondencia: ceciscs@gmail.com

<sup>2</sup> Durante el 2019 la Peste Porcina Africana disminuyó en un 25% la producción de este país, modificando la comercialización de carne de cerdo a nivel mundial.

(INAC, 2019). Lo anterior, sumado a costos de producción elevados genera condiciones difíciles para el sector productivo, representado fundamentalmente por productores familiares (DIEA-MGAP, 2018). Estos logran mantenerse en la producción porcina gracias a su condición de rubro secundario y a la gran flexibilidad que otorga la cría bajo condiciones variadas tanto de alimentación como de alojamientos de mínima inversión (DIEA-MGAP, 2007; Errea *et al.*, 2013); en esta situación los sistemas de producción al aire libre aparecen como denominador común. Objetivo del presente capítulo que muestra la información generada en Uruguay sobre producción de cerdos al aire libre.

## Producción de cerdos al aire libre en Uruguay

La producción de cerdos al aire libre tiene sus orígenes en la propia domesticación del cerdo y se practica en todo el mundo, fundamentalmente en economías de subsistencia. Su prevalencia como sistema productivo llevó a la caracterización y a la generación de tecnologías propias en todo el mundo (Charneca *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2017). Uruguay, caracterizado por su ganadería a campo y con una fuerte base pastoril, con temperaturas que promedian los 17.5 °C y un régimen de precipitaciones anuales de 1 000 mm (INUMET, 2020) que permiten la producción de forrajes durante todo el año, no es la excepción.

Si bien la producción se extiende prácticamente en todo el país, existen regiones con mayor número de productores de cerdos (centro-sur, litoral-oeste, litoral-este), que responden a la concentración de la demanda, ubicación de plantas de faena y disponibilidad de subproductos. Según el último Censo General Agropecuario, en el año 2011 existían 8 080 explotaciones agropecuarias con cerdos (en su mayoría como rubro secundario; DIEA-MGAP, 2011), si bien el número de productores mantiene una tendencia a la baja en las últimas décadas, las existencias de animales permanecen constantes, ocurriendo —al igual que en otros rubros— un proceso de concentración de la producción.

En más del 90% de los predios el rodeo porcino no supera los 50 animales y utilizan la producción al aire libre en al menos una etapa del ciclo productivo, fundamentalmente en la cría (DIEA-MGAP, 2018). En estos sistemas, los rodeos en general pequeños, están caracterizados por la presencia de cruza indefinidas (figura 1), y la incorporación de genética mejorada no necesariamente redundante en la mejora de indicadores productivos o de calidad del producto, porque fallan los demás componentes del sistema.

Las instalaciones, entre las que predominan las parideras de campo (figura 2), construidas con materiales rústicos (DIEA-MGAP, 2007), determinan en muchos casos que las condiciones de bienestar, sanidad y manejo disten de las ideales para que los animales “mejorados” puedan expresar su potencial. Incluso al día de hoy se encuentran productores que no manejan ningún tipo de instalación para la cría, dependiendo la supervivencia de los lechones de las condiciones climáticas que se sucedan y de la capacidad de la cerda de refugiarse en condiciones naturales durante el parto y la lactancia. La principal causa de muerte de lechones durante la lactancia es el aplastamiento, asociado al frío y la humedad de las instalaciones.

El uso de raciones balanceadas en estos sistemas tiene amplia difusión, fundamentalmente en lechones, si bien en otras categorías es frecuente el uso de alimentos alternativos como forma de disminuir los costos de producción. Por las características de la producción pecuaria en Uruguay, las pasturas y los subproductos lácteos son los ali-

mentos mayormente utilizados como complemento tanto de concentrados como de otros subproductos (DIEA-MGAP, 2011). La genética y la alimentación son factores altamente influyentes en la aceptación del producto por parte de la industria (fijadora del precio), cada vez más exigente en términos de calidad del cerdo que llega a plantas de faena (rendimiento, cortes nobles, % de magro). Los productores que no logran adaptar sus sistemas a estas exigencias terminan muchas veces malvendiendo su producción.

Figura 1  
Productor de la zona de Castillos, departamento de Rocha  
junto a cerdas del plantel reproductor



Foto: Cecilia Carballo.



Figura 2  
Parideras de campo en la zona sur, departamento de Canelones



Foto: Nandy Espino.

La monta natural, sin detección de celo es el tipo de servicio más ampliamente difundido. Los servicios se planifican generalmente para lograr la concentración de partos en el mes de octubre, debido a la zafra de ventas que generan las fiestas de fin de año. El destete es una práctica habitual y permite sincronizar los celos; se maneja una duración de la lactancia que ronda los 50 días. Si bien algunos productores destetan a edades más tempranas, la gran mayoría no cuenta con instalaciones ni alimento acorde para lechones más exigentes. Desde el punto de vista sanitario, el rodeo nacional no presenta graves problemas, si bien se constatan deficiencias en la atención sanitaria de los predios, lo que sumado a otros problemas de manejo, ocasiona mermas en los resultados prediales. En este sentido, el proceso de asociativismo ocurrido en los últimos años facilitó el acceso a asistencia técnica profesional, a nuevos canales de comercialización y a la adquisición de insumos a mejor precio.

La concentración de la producción no sólo afecta a predios de escalas mayores, sino que también se evidencia en el aumento de los rodeos en predios familiares. Es así que el proceso de intensificación de la producción no sólo se da asociado a sistemas confinados. Dadas las condiciones actuales de mercado, el aumento del rodeo —y en consecuencia de la producción— es la forma que encuentran los productores para incrementar los ingresos prediales. Este crecimiento no se asocia a una mayor superficie destinada a la cría de cerdos, por lo que es frecuente observar sistemas de producción al aire libre con cargas animales mayores a las que pueden soportar. Esto acarrea pro-

blemas de manejo, sanitarios, pero sobre todo ambientales y de bienestar animal. La desaparición del tapiz vegetal que se observa en la figura 2, debido a las altas cargas y a la falta de rotación de potreros, es una característica común a muchos predios y uno de los primeros indicadores de un sistema ambientalmente erosionado. El deterioro es evitable si se le permite al suelo un tiempo prudencial de descanso para recuperar el tapiz vegetal (Monteverde *et al.*, 2011).

El estudio y la investigación sobre los sistemas porcinos a campo en Uruguay llevan más de 50 años. La gran heterogeneidad del sector primario representa un desafío para la generación de tecnologías dirigidas a pequeños y medianos productores, con el objetivo de que estos puedan alcanzar eficiencias productivas y económicas más interesantes, en donde los sistemas al aire libre cobran cada vez más interés a nivel mundial. A pesar de no ser una producción trascendente para la economía del país, tiene una importancia social invaluable, ya que es uno de los rubros que más fomentan el asentamiento de la familia rural en su predio. La Facultad de Agronomía (Universidad de la República) mantiene un sistema de producción de cerdos al aire libre, siendo uno de sus objetivos el estudio y la generación de tecnologías apropiadas para la producción familiar.

## El sistema propuesto por la Facultad de Agronomía

Para atender las características de la mayoría de los productores del país y pensado fundamentalmente para la producción familiar, se instaló en el año 1996 la Unidad de Producción de Cerdos (UPC), en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía (departamento de Canelones, zona sur). A la hora de diseñar el modelo productivo se consideraron algunos aspectos básicos, tales como los recursos disponibles en el predio y en la zona, instalaciones de bajo costo y manejo sencillo posible de ser sostenido con mano de obra disponible en el predio, que apunte a maximizar la productividad. Se consideró además el impacto ambiental y establecer condiciones de cría que minimicen factores de estrés en los animales (Barlocco y Vadell, 2011).

## Un sistema productivo diseñado para la producción familiar

Fue pensado como un sistema criador, en donde el objetivo comercial es la producción de lechones. Todos los procesos productivos se realizan a campo, en potreros de 1 500 m<sup>2</sup>. La alimentación se basa en el uso de raciones balanceadas en todas las categorías, con un fuerte componente pastoril que permite reducir los niveles de concentrado (Bell y Cracco, 2011).

Los cerdos poseen un comportamiento de pastoreo diferente a los bovinos, altamente selectivo, con hozado y mayor riesgo de compactación del suelo, lo que torna el manejo del pastoreo más complejo; esto, sumado a las propias características de las especies forrajeras utilizadas, hace que la rotación incluya tres años de pradera que considere especies compuestas y leguminosas, y un año de verdeos (en general gramíneas). El sistema mantiene los potreros con animales un 39% del tiempo, mientras que en el restante 61% están libres para permitir el rebrote o crecimiento inicial de la pastura, la preparación del suelo para implantación de nuevas especies, descanso por razones sanitarias o por condiciones climáticas inadecuadas (Monteverde *et al.*, 2011).

Este manejo permite mantener una producción de cinco cerdas por hectárea durante todo el ciclo productivo, en un predio dedicado a la cría, donde el producto final es la categoría lechón. La carga instantánea puede ser mayor en momentos puntuales del año, pues la oferta de forraje aumenta.

Se utiliza la paridera de campo Tipo Rocha (figura 3) en todas las categorías. Esta instalación, ampliamente difundida en todo el país, fue diseñada con los productores del departamento que le da nombre, Rocha. Construida en madera y chapa, puede adaptarse como paridera o como refugio de animales adultos fácilmente. Su condición de desarmable y móvil apunta a evitar partos consecutivos en un mismo lugar, su traslado (dentro o entre potreros) es uno de los manejos sanitarios realizados antes de cada parto. Por sus dimensiones (3 m<sup>2</sup>) permite alojar hasta tres animales adultos, una cerda con su camada o dos camadas de lechones en posdestete. Los resultados obtenidos demuestran que esta instalación brinda condiciones de bienestar a todas las categorías, tanto en invierno como en verano, si bien es fundamental durante la época estival el acceso a sombra (natural o artificial).

La figura 3 muestra un lote de dos cerdas gestantes con un refugio de campo. Una semana antes del parto, las cerdas son alojadas de forma individual en refugios que mantienen su frente cerrado para proteger del frío y la lluvia a los lechones, lo que permite la entrada y salida de la cerda y su camada a través de una abertura.

Las técnicas de manejo buscan respetar el comportamiento animal y brindar condiciones para que éstos puedan expresar su potencial (Barlocco, 2013). El servicio utilizado es la monta natural, se logran tasas de concepción que superan el 80% (Alesandri, 2016). Las cerdas completan la gestación en lotes de hasta tres, similares en tamaño para minimizar problemas de dominancia; una semana antes de la fecha prevista de parto son separadas y colocadas en potreros individuales.

Los lechones nacidos no se descolmillan, no se castran ni se descolan; tampoco es necesario el suministro de hierro por tratarse de un sistema a campo. La cerda y su camada permanecen juntos por 42 días, edad a la que se realiza el destete. Los lechones transcurren el posdestete en el mismo potrero en donde nacieron, hasta aproximadamente 20 kg, peso con el cual se destinan a la venta. Mientras que la cerda es llevada el mismo día del destete con el semental, por un período de 30 días.



Figura 3

Paridera “tipo Rocha” adaptada para categorías adultas en la unidad de producción de cerdos



Foto: Ana Vodanovich.

Si bien el sistema se caracteriza por la baja incidencia de problemas sanitarios, es necesario atender las parasitosis internas y externas; también las claudicaciones, que se presentan mayormente en verano, debido a que la falta de agua y el calor resecan el suelo, lo que produce una superficie firme y rugosa. Puntualmente es necesario el uso de antibióticos para revertir infecciones. El síndrome mastitis, metritis y agalactia (MMA) aparece con muy baja frecuencia, ya que el ejercicio que realizan las cerdas en este tipo de sistemas y el mantenimiento de una correcta condición corporal facilita y acelera el parto.

La elección de tipos genéticos adaptados al sistema constituye un pilar fundamental para su funcionamiento.

### ***El cerdo Pampa Rocha***

Es un recurso zoogenético propio de Uruguay que históricamente estuvo ligado a actividades agropecuarias desarrolladas por pequeños y medianos productores. Su origen radica en el este del país, zona caracterizada por extensos bañados y esteros, con una enorme población de palmeras (*Butiá capitata*) y buena capacidad de producir pasturas naturales (Rivas *et al.*, 2014). Es un cerdo de manto negro con seis puntas blancas (patas, hocico, punta de cola). Posee papada predominante, pescuezo corto y grueso, vientre pronunciado y jamones pequeños, orejas grandes y de tipo céltico (Vadell y Carballo, 2013).

Es un animal caracterizado por su docilidad, habilidad materna, rusticidad y adaptación al pastoreo; estas dos últimas características lo asocian fuertemente a la producción al aire libre. Las cerdas se destacan por su producción de leche (Monteverde, 2001) y longevidad productiva (Vadell *et al.*, 2010). En la figura 3 se puede visualizar una cerda Pampa Rocha (derecha).

Si bien es un tipo genético con excelentes características para la cría al aire libre, sus canales no son fácilmente aceptadas por la industria, debido a su conformación y engrasamiento. Esto llevó al cruzamiento indiscriminado del cerdo Pampa Rocha con otros tipos genéticos, encontrándose actualmente en un estado crítico desde el punto de vista poblacional. La conservación de este recurso dependerá de la capacidad de generar propuestas tecnológicas que lo contemplen, y de generar un valor agregado en los productos provenientes de este cerdo criollo.

En los últimos años se realizaron varios trabajos de evaluación de la carne de cerdo Pampa Rocha producida sobre pasturas, pudiéndose destacar las excelentes características para consumo humano (Carballo *et al.*, 2017; Mernies *et al.*, 2012). En este sentido la obtención de un producto diferencial, a partir de la utilización de un recurso genético criollo como el Pampa Rocha y un sistema de producción al aire libre sobre pasturas, podría representar una oportunidad promisoría para los productores familiares. Producir cerdos bajo estas condiciones y colocarlos en un nicho de mercado diferente al de la producción tradicional consiguiendo un mejor precio, permitiría mejorar los resultados económicos de estos sistemas y revertir la pérdida de productores en el sector.

El rodeo reproductor de la UPC tiene como base la utilización de esta raza, adaptada a la producción al aire libre y al pastoreo, que junto a la raza Duroc y Large White son utilizadas en esquemas de cruzamientos. Así se mejoran algunos indicadores productivos y reproductivos de interés (Vadell, 2007). Mientras que el cruzamiento simple de Duroc por Pampa Rocha se realiza con el objetivo de obtener una línea madre, la incorporación de Large White (u otras razas terminales) responde a la necesidad de mejorar características de crecimiento, conformación y engrasamiento (Barlocco *et al.*, 2007). La adaptación de estas razas y el correcto manejo del sistema permite manejar una edad de descarte elevada (actualmente 12 partos), sin perder productividad (Vadell *et al.*, 2010).

Luego de 24 años de funcionamiento de la UPC, durante los cuales el levantamiento de registros fue permanente, el sistema propuesto por la Facultad de Agronomía obtiene indicadores productivos satisfactorios (cuadro 1), con manejos replicables y adaptables (total o parcialmente) por los productores familiares.

Cuadro 1  
Indicadores reproductivos obtenidos en la unidad de producción  
de cerdos (UPC) de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República

Indicador	Cerdas Pampa Rocha	Cerdas F1 (Duroc x Pampa Rocha)
Lechones nacidos vivos	8.80	10.90
Lechones destetados	7.80	9.80
N° partos/año	2.02	2.10
Lechones destetados/año	15.76	20.58
Kg lechones destetados/año	228.60	298.10

Elaborado por los autores.



## Conclusiones

La pérdida de productores familiares se refleja no sólo en el ámbito productivo con la concentración de la producción, sino también en el ámbito socio-cultural, ya que con el abandono de la producción agropecuaria se produce muchas veces el desarraigo de la familia de la zona rural.

Los altos costos de producción, bajos márgenes económicos, el no poder hacer frente a los cambios tecnológicos que muchas veces no se adaptan a pequeños y medianos productores, sumado a la falta de reemplazo generacional, son algunos factores que llevan al abandono del rubro porcino.

Frente a este escenario parece imperioso la generación de tecnologías apropiadas para la producción familiar, que apunten a la mejora de los indicadores económico-productivos, que mejoren las condiciones de trabajo rural y permitan mantener el interés por la producción, con el objetivo de revertir o, al menos disminuir, la tendencia de las últimas décadas. La producción de cerdos al aire libre, tan difundida en nuestro país, permite a muchos productores mantenerse en el rubro. Pero es necesario generar propuestas que atiendan aspectos de bienestar animal, impacto ambiental y de calidad de producto, para que este sector más vulnerable pueda hacer frente a los cambios en las demandas y así valorizar el producto.

## Referencias

- Alesandri, D. (2016). Eficiencia reproductiva del plantel de cerdas de la Unidad de Producción de Cerdos de la Facultad de Agronomía. Factores que afectan la tasa de concepción. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo. 39 p.
- Apostolidis, C. y McLeay, F. (2019). To meat or not to meat? Comparing empowered meat consumers' and anti-consumers' preferences for sustainability labels. *Food Quality and Preference*. 77: 109-122.
- Barlocco, N. (2013). Producción de lechones en sistemas al aire libre. Una alternativa para productores familiares de pequeña y mediana escala. Editorial Hemisferio Sur. Uruguay. 96 p.
- Barlocco, N.; Carballo, C. y Vadell, A. (2007). Rasgos de comportamiento productivo y características de canal de tres biotipos de cerdos en condiciones de producción a campo. *Agrociencia*. Vol. Esp. IX Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos. Pp. 35-39.
- Barlocco, N. y Vadell, A. (2011). La Unidad de Producción de Cerdos. Producción de cerdos a campo. Aportes para el desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Editorial Departamento de Publicaciones de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. 10 p.
- Bell, W. y Cracco, P. (2011). El uso de pasturas en la cría de cerdos a campo. La experiencia de la UPC. Barlocco N, Vadell A. Producción de cerdos a campo. Aportes para el desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Departamento de Publicaciones de la Facultad de Agronomía. Uruguay. Pp. 39-43.
- Carballo, C.; Terevinto, A.; Barlocco, N.; Saadoun, A. y Cabrera, M.C. (2017). pH, drip loss, color, lipids and protein oxidation of meat from Pampa-Rocha and crossbreed pig produced outdoor in Uruguay. *Journal of Food and Nutrition Research*. 5(5): 342-346.
- Casana, C. (2017). El uso de antibióticos en la industria alimentaria y su contribución al desarrollo de resistencias. Determinantes de la diseminación de la resistencia de la Colistina. Tesis de grado. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid, España.
- Charneca, R; Freitas, A; Martins, J; Neves, J; Elias, M; Laranjo, M. Nunes, J. (2017). Alentejano and Bísaro pigs: tradition and innovation - The Treasure Project. Proceedings of the 11th International Symposium Modern Trends in Livestock Production. Serbia, October 11-13, 2017. Pp. 146-148.
- Cicia, G.; Caracciolo, F.; Cembalo, L.; Del Giudice, T.; Grunert, K. G.; Krystallis, A.; Lombardi, P.; Zhou, Y. (2016). Food safety concerns in urban China: Consumer preferences for pig process attributes. *Food Control*. 60: 166-173.

- Córdova, A.; Ruiz, C.; Xolalpa, V.; Méndez, M.; Huerta, R.; Villa, A.; Córdova, C.; Olivares, J.; Sánchez, P.; Guerra, E. (2016). *El bienestar animal en la producción porcina. Los poricultores y su entorno*. Vol.109 BM Editores. Ciudad de México. México. [http://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/bienestar\\_en\\_general/70-Bienestar\\_Porcina.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_general/70-Bienestar_Porcina.pdf) (Consultado 4 septiembre 2020).
- Del Campo, M.; Brito, G.; Montossi, F.; De Lima, J. S. y San Julián, R. (2014). Animal welfare and meat quality: the perspective of Uruguay, a “small” exporter country. *Meat Science*. 98(3): 470-476.
- DIEA-MGAP. (2007). Encuesta Porcina. <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/porcinos2006.pdf> (Consultado 7 enero 2020).
- DIEA-MGAP. (2011). Censo General Agropecuario. [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/ censo2011.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/censo2011.pdf) (Consultado 7 enero 2020).
- DIEA-MGAP. (2018). Anuario estadístico agropecuario 2017. [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/ diea-anuario2017web01a.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario2017web01a.pdf) (Consultado 8 enero 2020).
- Errea, E.; Ruiz, M. y Souto, G. (2013). Cadena porcina. Análisis de competitividad y temas tecnológicos prioritarios. Informe de consultoría. INIA. Montevideo. 104 p.
- FAO. (2014). Sistemas de producción. Departamento de agricultura y protección al consumidor. División de Producción y Sanidad Animal. [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr\\_productions.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_productions.html) (Consultado 9 septiembre 2020).
- INAC. (2015). Principales indicadores y determinantes del consumo de carnes en Uruguay. Cierre del año 2015 y 10 años: período 2006-2015. <https://www.inac.uy/innovaportal/file/13086/1/cierre-2015.pdf> (Consultado 7 setiembre 2020).
- INAC. (2019). Reporte mercado doméstico. Principales indicadores y determinantes del consumo de carnes - Año 2018. <https://www.inac.uy/innovaportal/file/17653/1/informe-consumo-mercado-domestico-2018.pdf> (Consultado 8 enero 2020).
- INUMET. (2020). Estadísticas climatológicas. <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas> (Consultado 15 enero 2020).
- Lanfranco, B. y Rava, C. (2014). Los cambios en los patrones de consumo de carnes en el mercado interno. Serie Técnica N° 218. INIA. ISSN: 1688-9266. 17 p.
- Maisonnave, R.; Millares, P. y Lamelas, K. (2015). Buenas prácticas de manejo y utilización de efluentes porcinos. Ministerio de Agroindustria Presidencia de la nación. Buenos Aires. Argentina. 53 p.
- Mernies, B.; Carballo, C.; Cabrera, MC.; Barlocco, N. y Saadoun, A. (2012). Ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* de cerdos Pampa Rocha y cruza con razas Duroc y Large White. *Veterinaria*. 48. 197 p.
- Monteverde, S. (2001). Producción de leche de cerdas criollas Pampas y Duroc en un sistema a campo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo. 57 p.
- Monteverde, S.; del Pino, A. y Lladó B. (2011). Cerdos a campo e impactos sobre el suelo. Producción de Cerdos a Campo. Aportes para el desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Facultad de Agronomía, Uruguay. Pp. 56 - 60.
- OPYPA. (2019). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Oficina de Programación y Política Agropecuaria. Cadena de carne de cerdo: situación y perspectivas. Anuario 2018. 668 p.
- Park, H.S.; Min, B. y Oh, S.H. (2017). Research trends in outdoor pig production - A review. *Asian-Australas J Anim Sci*. 30(9): 1207-1214.
- Rivas, M.; Jaurena, M., Gutiérrez, L.; Barbieri, R. (2014). Diversidad vegetal del campo natural de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick en Uruguay. *Agrociencia*. 18(2): 14-27.
- USDA. (2020). Livestock and Poultry: World Markets and Trade. [https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/73666448x/tq57pc63r/5d86pm455/livestock\\_poultry.pdf](https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/73666448x/tq57pc63r/5d86pm455/livestock_poultry.pdf) (Consultada 1 septiembre 2020)
- Vadell, A. (2007). Utilización de genotipos porcinos rústicos en sistemas de producción familia. IX Encuentro de Nutrición y Producción en animales Monogástricos. Montevideo, Uruguay. Pp. 71-75
- Vadell, A.; Barlocco, N. y Carballo, C. (2010). Prolificidad y longevidad productiva de cerdas Pampa Rocha en un sistema de producción al aire libre. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 17 (2): 149-153
- Vadell, A. y Carballo, C. (2013). Características identificatorias de la población de cerdos criollos Pampa Rocha. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 20(2): 74-76.

# Alimentos alternativos ensilados como fuente de energía para cerdos

Pedro Lezcano Perdigón<sup>1</sup> †

Walter Motta Ferreira<sup>2</sup>

Arelys Vázquez Peña<sup>1</sup>

Yaneisy García Hernández<sup>1\*</sup>

## Introducción

Según la FAO (2018) la población se incrementará para el 2050 hasta unos 9 500 millones de habitantes, se acentuará la competencia por los alimentos entre el hombre y los animales y por otra parte se incrementa la incidencia negativa del cambio climático para hacer la producción eficiente de alimento. Se conoce que los sistemas convencionales de alimentación para monogástricos se sustentan en la utilización de granos, fundamentalmente maíz y soya, que también se emplean en la alimentación humana y la fabricación de agro combustibles (etanol y biodiesel).

La situación anterior invita a buscar soluciones científicas en el área tropical y subtropical donde están ubicados la mayoría de los países en vías en desarrollo, los que, salvo raras excepciones, no son eficientes productores de soya y maíz para la alimentación animal, pero en algunos casos la competencia entre animales y humanos inclina la balanza hacia estos últimos. Sin embargo, en estos países la producción de caña de azúcar y sus derivados, tubérculos, raíces y forrajes proteicos es importante con altos rendimientos, lo cual puede paliar en gran medida, el déficit de los alimentos convencionales y reducir los costos de alimentación para producir carne y huevos para la población de estas regiones (Figueroa y Ly, 1990).

Los alimentos alternativos mencionados anteriormente, estudiados ampliamente por diversos autores con buenos resultados, tal es el caso de las melazas enriquecidas y la harina de yuca, son capaces de sustituir toda la energía que aporta el maíz de forma eficiente (Buitrago, 1990). Este capítulo tiene como objetivo mostrar algunos resultados alcanzados, en los últimos años, con los alimentos alternativos procesados y conservados por diferentes métodos, con potencialidad en el trópico y su comparación con los alimentos convencionales, así como el beneficio económico que se logra.

## Características generales de los alimentos alternativos en el trópico

La alimentación convencional se puede aplicar en la pequeña, mediana y alta escala de producción sin dificultad, ya que resulta fácil de trabajar con alimentos secos con adecuada mecanización; mientras que, la alimentación no convencional es propia de los pequeños y medianos productores por las diferentes formas físicas que pueden presentar los alimentos.

1 Instituto de Ciencia Animal, Apartado 24, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba.

2 Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG), Brasil.

† El colega falleció.

\* Autor de correspondencia: yaneisyg@ica.co.cu; yaneisyg@gmail.com

Cuadro 1  
Principales características de los tipos de alimentos

Alimentos convencionales	Alimentos alternativos
Son estables en su composición química y fácil de conservar.	Por su alto contenido de agua tienden a descomponerse rápidamente sino se tratan.
Poco viables de producir en el trópico como alimento animal por bajos rendimientos agrícolas.	Pueden alcanzar altos rendimientos agrícolas con menos insumos en comparación con los alimentos convencionales (caña de azúcar y sus derivados, tubérculos y raíces, forrajes proteicos y subproductos en general).
Alto aporte de proteínas, energía, vitaminas y minerales.	Son grandes portadores de energía y muy bajos en proteínas.
Bajo aporte de fibra en general.	Pueden aportar altos niveles de fibra (caña de azúcar, palmiche y forrajes) o niveles bajos (tubérculos y raíces).
Generan gran dependencia del mercado internacional.	Cuando se procesan pueden crear independencia alimentaria, aunque son más trabajosos que los alimentos convencionales.

Elaborado por los autores.

En Cuba, varios sistemas de alimentación no convencional se emplearon desde las décadas del 60 y 70 del pasado siglo, pero por diversas razones entre ellas la económica no se mantiene en la actualidad en gran escala. Este es el caso de la miel proteica industrial basada en la mezcla de crema torula y miel B aplicada comercialmente en un sistema para 100 000 animales en crecimiento-ceba.

Esta tecnología consistía en una mezcla de 70% crema torula y 30% miel B (36-38% MS y 16% de proteína bruta base seca) y garantizaba las necesidades de energía y proteína del cerdo en crecimiento-ceba. Sólo faltaba adicionar la premezcla de minerales-vitaminas para ajustar la fórmula a consumir diariamente. Uno de los principales inconvenientes de dicha tecnología consistió en su rápida descomposición al sobrepasar las 72 horas después de fabricada, lo cual se sigue asociando a ser un alimento líquido.

Otra tecnología muy aplicada en Cuba, en el siglo pasado, para la ceba porcina estuvo conformada por una mezcla de desperdicios procesados, procedente fundamentalmente de la cocina cubana y miel B, la cual recibió el nombre de pienso líquido terminado (PLT). Este sistema al igual que todos los anteriores era líquido, y pasadas las 72 horas comenzaba la descomposición del producto y el rechazo de los animales a consumirlo (Figuroa *et al.*, 2003). El primer método empleado en Cuba para preservar los alimentos alternativos que poseen mucha agua es el secado al sol o por medios artificiales, donde se puede emplear energía no renovable o renovable para lograr este fin.

En el caso del secado al sol, que es el más empleado nacionalmente, se aprovecha principalmente la época de seca que comprende los meses entre noviembre y abril; varios ejemplos pueden citarse como el empleado por Muñoz *et al.* (1987), llamado Solicaña y que consistió en secado al sol de la caña integral molida, para la elaboración de piensos para rumiantes; también el empleado por Lamazares *et al.* (1988), al secar tallos de caña limpios de paja y cogollo como alimento energético para cerdos; la saccharina rústica informada por Elías *et al.* (1990) y fabricación de pacas de heno para emplearlas

fundamentalmente en invierno como camas o alimento para rumiantes. Otras fuentes de energía como la yuca y boniato (*Manihot esculenta e Ipomomea batata*, respectivamente), también se procesaron para reducir su contenido de humedad, así como sus follajes donde se concentra la mayor cantidad de proteína en estos cultivos. Otros follajes proteicos como la Moringa (*Moringa oleífera*), la Morera (*Morus alba*) y la Titonia (*Tithonia diversifolia*) se procesaron con este objetivo en platos de asfalto o cemento (Mesa, 2017).

La harina de caña y la saccharina rústica demostraron que era factible emplearlas hasta 30% en la ración de las precebas porcinas, sustituyendo granos energéticos con la harina de caña y granos energéticos y proteicos al incluir la saccharina en la ración (cuadro 2).

Cuadro 2  
Composición química de la caña o saccharina rústica en forma de harina

Ingredientes (%)	Harina de caña	Saccharina rústica
Materia seca	90.1	89.5
Proteína bruta (N x 6.25)	2.4	11.1
Ceniza	4.0	4.6
Fibra cruda	26.0	26.5
Azúcares totales	66.0	58.6
Composición fibra		
Lignina	4.0	3.8
Celulosa	50.5	48.5
Hemicelulosa	50.0	47.6

Elaborado por los autores.

El ensilado es una técnica tradicional de preservación de forrajes para animales rumiantes conocida desde hace muchos años, lograda por medio de la fermentación láctica espontánea en condiciones anaeróbicas y en estado sólido. Las bacterias ácido lácticas epifíticas predominantes en el soporte sólido, fermentan los carbohidratos hidrosolubles del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a niveles entre 4.0-4.2 que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. Una vez que el material fresco se almacena, compacta y cubre para excluir el aire, queda preparado en espera de 45-60 días para ser empleado en animales rumiantes (Borreani *et al.*, 2018).

También la yuca ensilada por el método tradicional tapada con polietileno en silos bunker se empleó por diferentes autores con buenos resultados en cerdos en crecimiento y conejos en ceba (Silva *et al.*, 2008 y Oliveira *et al.*, 2011). Además, el ensilado de yuca producido, de forma artesanal, por los campesinos cubanos se utiliza satisfactoriamente en los sistemas de alimentación porcina desde hace una década (Almaguel *et al.*, 2010).

Los residuos pesqueros también se pueden conservar a través de la técnica de ensilaje para su uso en la producción animal, principalmente para la acuicultura. En este caso, la forma es similar, ocurre el proceso de transformación en estado sólido y comúnmente se producen ensilados químicos o biológicos, con alto valor proteico, después de transcurridos 30 días o más. La diferencia entre ensilados se fundamenta en la mezcla inicial de materias primas o sustratos y su consecuente proceso de transformación. Por ejemplo, en los primeros se pueden emplear ácidos inorgánicos y/o orgánicos (como áci-



do sulfúrico y ácido fórmico), de alto costo en el mercado internacional, mientras que en los segundos se emplean cultivos microbianos iniciadores que propician o aceleran el proceso fermentativo (Enes *et al.*, 1998; Llanes *et al.*, 2011).

A partir de los antecedentes anteriores y ante la necesidad que tiene el mundo tropical de buscar alternativas alimenticias y su posible transformación, se creó un nuevo alimento ensilado, principalmente para animales monogástricos que comprende la mezcla de miel B de caña de azúcar, tubérculos y raíces, crema *Saccharomyces* y vinazas procedentes de las destilerías de alcohol (Lezcano *et al.*, 2015).

## Alimento ensilado cubano (AEC). Una tecnología viable, económica y ambiental para la producción porcina

La presente tecnología consistió en generar el procedimiento para la obtención de un nuevo alimento, a partir de fuentes alternativas para la producción animal. El procedimiento es sencillo y consta de tres pasos fundamentales: moler la raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) o tubérculo de boniato (*Ipomomea batata*), mezclar homogéneamente todas las materias primas y ensilar esta mezcla a temperatura ambiente durante cinco días. Para esto la yuca o el boniato, ambos libres de impurezas y en el caso del boniato sin infestación con Tetuán (*Culas formicarius*), se muelen a tamaño de partículas de 2-4 mm para garantizar mayor superficie de contacto y facilitar el mezclado con el resto de las materias primas, proceso que dura de 10 a 15 minutos y posteriormente se envía a los tanques de fermentación (Lezcano *et al.*, 2015). La yuca y el boniato pueden ser aquellas que no son aptas para el consumo humano, lo cual contribuye a la reducción de la contaminación ambiental.

De los alimentos empleados se pueden hacer varias combinaciones: por ejemplo, la miel B con 75-80 °Brix puede ir de 20-40% en la mezcla, las raíces o tubérculos igualmente de 20-40% en la mezcla, la crema *Saccharomyces* se generalmente permanece fija al 30% y la vinaza 10%.

Sin embargo, independientemente de que cualquiera de las variantes anteriores se pueda emplear como alimento ensilado, su composición química varía en algunos indicadores según los estudios realizados por García *et al.* (2015) para este alimento (cuadro 3).

Cuadro 3  
Composición química de las variantes

Indicadores	Variante I	Variante II	Variante III	EE ±	P
Materia seca (%)	33.75 <sup>a</sup>	37.60 <sup>b</sup>	43.29 <sup>c</sup>	0.65	0.0001
Cenizas (%)	11.17	11.59	11.18	0.23	0.41
Proteína bruta (%)	9.66	10.01	8.35	0.40	0.06
Fibra bruta (%)	2.21 <sup>b</sup>	1.29 <sup>a</sup>	1.20 <sup>a</sup>	0.22	0.03
pH	3.78 <sup>a</sup>	3.94 <sup>b</sup>	4.19 <sup>c</sup>	0,02	0.0001
°Brix	21.00	25.00	29.00	2.58	0.17

<sup>a,b,c</sup> Valores con letras distintas por fila difieren por prueba de Duncan (P<0.05).

Variante I: 20% miel B y 40% Boniato. Variante II: 30% miel B y 30% Boniato. Variante III: 40% miel B y 20% boniato. Elaborado por los autores.

La materia seca se incrementa en la medida que aumenta el nivel de miel B y disminuye el boniato, ya que este último aporta sólo 25% de materia seca y la miel B 75.0%, la ceniza y la proteína bruta no difieren significativamente, y aunque la fibra bruta sí difiere, los valores son tan bajos que no afectan la digestibilidad y el aprovechamiento de los nutrientes que aporta el ensilado, el pH aumenta y esto permite que los animales incrementen el consumo voluntario, lo cual se observó en las pruebas realizadas, ya que la variante que se aplica nacionalmente es la variante I por la simple razón de ahorrar miel destinada a la producción de alcohol.

La crema *Saccharomyces cerevisiae* es un subproducto proteico de bajo contenido energético, que si no se le da un uso adecuado puede constituir un serio contaminante del medio ambiente. Por lo que, su utilización en la alimentación contribuye a atenuar dicho efecto. Su combinación con mieles de caña y otras fuentes la estudiaron varios autores en la especie porcina (Almazán *et al.*, 1982; Figueroa, 1995; Pazo *et al.*, 2012).

La vinaza, otro de los ingredientes que se emplean en la obtención del alimento ensilado, se genera en Cuba como residual de la producción de alcoholes y aguardientes, a partir de la fermentación de las mieles de caña de azúcar. Este desecho industrial se caracteriza por un alto contenido de ácidos orgánicos, que le confieren pH entre 3.5 y 4.0 con aproximadamente 93% de agua, 2% de compuestos inorgánicos (potasio, calcio, sulfatos, cloruros, nitrógeno, fósforo), 5% de compuestos orgánicos y demanda química de oxígeno (DQO) entre 60 y 80 kg/m<sup>3</sup> (Pérez *et al.*, 2008). Debido a estas características se considera un desecho líquido muy agresivo que provoca serios problemas ambientales donde se vierte.

Su tratamiento es complejo y, debido a la presencia de numerosos compuestos de interés, se estudiaron diferentes alternativas de reutilización, como pueden ser alimento animal alternativo, aditivo alimentario y fertilizantes para los cultivos agrícolas (Sarria y Serrano, 2010; Hidalgo *et al.*, 2012; Mora *et al.*, 2013).

La tecnología del AEC se puede aplicar en la pequeña, mediana y alta escala de producción, además, gracias a sus resultados ganó credibilidad, utilidad y sustitución de alimento importado. Por ello, se autorizó la construcción de la primera planta industrial con capacidad para producir 45 t/8 horas en el central Héctor Molina, municipio San Nicolás de Bari, provincia Mayabeque. Esto permitió realizar varias pruebas básicas y de comportamiento animal en cerdos en crecimiento-ceba; dichas pruebas se realizaron en centros de investigación y unidades de producción de las provincias Mayabeque y Habana, donde se alcanzaron ganancias de peso entre 700 y 850 g/día cuando se sustituyó hasta el 66% de la ración en animales en crecimiento ceba, que fueron de 20 a 100 kg de peso vivo.

También se debe destacar que las ganancias medias diarias y las conversiones alimenticias informadas son comparables a las logradas con dietas convencionales, si se considera que estos cerdos se criaron en condiciones colectivas a razón de ocho animales/corral. Este trabajo se complementó con el estudio de las canales y la composición química de la carne y no encontraron diferencias significativas con respecto a la composición en dietas tradicionales.

En relación con la calidad sanitaria del alimento ensilado, se tomaron muestras durante varios meses en diferentes momentos del proceso de producción y los análisis microbiológicos se realizaron en el Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP). Se demos-

tró la inocuidad del alimento y su empleo en elevado número de animales, sin riesgos para los animales ni para la población que consume la carne de cerdo (cuadro 4).

Cuadro 4  
Resultados de los análisis microbiológicos del alimento ensilado

Lotes	Conteo total bacterias, (UFC/g)	Coliformes, (UFC/g)	Conteo total hongos, (UFC/g)	Salmonella
1	5.0 x 10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	2.0 x 10 <sup>3</sup>	Negativo en 25 g
2	4.0 x 10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	2.5 x 10 <sup>3</sup>	Negativo en 25 g
3	5.0 x 10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	2.0 x 10 <sup>3</sup>	Negativo en 25 g
4	2.1 x 10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup>	1.4 x 10 <sup>3</sup>	Negativo en 25 g
5	2.0 x 10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	2.4 x 10 <sup>3</sup>	Negativo en 25 g
6	4.0 x 10 <sup>4</sup>	10 <sup>2</sup>	2.4 x 10 <sup>3</sup>	Negativo en 25 g

Elaborado por los autores.

Otra consideración consiste en las diferencias que existen entre los ensilajes tradicionales, que fueron creados en países templados para animales rumiantes basados en pastos y forrajes ensilados anaeróbicamente en estado sólido, donde se producen altos niveles de AGV y ácido láctico, sin necesidad de adicionar ácidos; este proceso necesita de 45-60 días para poder ser utilizado en los animales, dicha tecnología tomó fuerza en los países tropicales ante la escases de alimento en la época de seca.

A partir de los resultados anteriores el Ministerio de Economía y Planificación (MEP) de Cuba autorizó la construcción de 10 nuevas plantas industriales anexas a centrales azucareros, que disponen de destilerías de alcohol y el alimento ensilado sea aplicado en miles de animales en todo el país.

Es de señalar que la tecnología del Alimento Ensilado Cubano se utiliza a lo largo y ancho del país desde el 2012, en miles de animales, debido a su flexibilidad productiva, económica, social y ambiental, y la sustitución de importaciones, al ser producida en las diferentes escalas productivas.

Otras fuentes de carbohidratos son ensiladas con excelentes resultados en cerdos en crecimiento-ceba como es el caso de la papa china (*Colocasia esculenta* L) que sustituye al maíz totalmente con elevadas ganancias de peso vivo (Caicedo *et al.*, 2017; Caicedo *et al.*, 2018; Sánchez *et al.*, 2018).

Al alimento ensilado cubano (AEC) se le otorgó la patente mediante la resolución 2013-0121 (Lezcano *et al.*, 2016) y representa la experiencia cubana en el aporte de un nuevo método de transformación y preservación de los alimentos alternativos.

El ensilado líquido que se logra (Lezcano *et al.*, 2014; 2015; 2017) presenta las siguientes ventajas:

1. Fácil de producir en la pequeña, mediana y alta escala.
2. Tiempo de conservación prolongado después de producido.
3. Calidad sanitaria del producto donde no proliferan microorganismos como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Treponema* y *Coccidia*.
4. Aprovecha residuales, productos y subproductos no aptos para el consumo humano.
5. Es una tecnología que se puede ejecutar en toda la zona tropical.
6. Es económicamente viable y amigable con el medio ambiente para producir carne de cerdo por esta vía.

## Conclusiones

Existen métodos factibles y eficaces para el procesamiento de alimentos alternativos en el trópico, que se pueden realizar en pequeña, mediana y gran escala, además, permiten su conservación y empleo eficiente en la alimentación animal como es el caso del alimento ensilado cubano (AEC).

## Referencias

- Almaguel, R.E.; Piloto, J.L.; Cruz, E.; Rivero, M. y Ly, J. (2010). Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento ceba, alimentados con ensilado enriquecido de yuca (*Maniot esculenta*). *Rev. Comp. Prod. Porcina*. 17: 247-252.
- Almazán, O.; Klibansky, M. y Otero, M.A. (1982). *Producción de proteína unicelular a partir de subproductos de la industria azucarera*. Editorial Científico-Técnica. La Habana. 74 p.
- Borreani, G.; Tabaco, E.; Schidt, R.J.; Holmes, B.J. y Muck, R.E. (2018) Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101: 3952-3979.
- Buitrago, J.A. (1990). *The use of cassava in animal feeding*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 446 p.
- Caicedo, W.; Rodríguez, Lezcano, P.; Ly, J.; Vargas, J.; Uvidia, H.; Valle, S. y Florez, L. (2017). Characterization of antinutrients in four silage of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) for pigs. Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 51 (1): 79-83.
- Caicedo, W.; Vargas, J.C.; Uvidia, H.; Samaniego, E.; Valle, S. y Flores, L. (2018). Effect of taro tubers (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) silage on the productive performance of commercial pigs. Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 52(2): 187-191.
- Elías, A.; Lezcano, O.; Lezcano, P.; Cordero, J. y Quintana, L. (1990). Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico en la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (saccharina). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 24: 1-13.
- Enes, M.L.; Batista, I.; Nout, R.; Rombouts, F. y Houben, J. (1998). Lipid and protein changes during the ensilage of blue whiting (*Micromesistiuspoutassou* (Risso) by acid and biological methods. *Food Chem*. 63: 97-102.
- FAO. (2018). El futuro de la alimentación y la agricultura: Vías alternativas hacia el 2050. <http://www.fao.org/3/CA1553ES/ca1553es.pdf> (Consultado 2 septiembre 2020).
- Figueroa, V. (1995). La suplementación proteica en las dietas no convencionales para cerdos. *Rev. Comp. Producción Porcina*. 2(3): 11-27.
- Figueroa, V.; García, A. y Alemán, E. (2003). Evaluación del potencial de desperdicios procesados en la ceba de cerdos. Instituto de Investigaciones Porcinas. Habana, Cuba. 2 p.
- Figueroa, V. y Ly, J. (1990). *Alimentación porcina no convencional*. Diversificación, GEPLACEA, PNUD. La Habana, Cuba. 215 p.
- García, Y.; Sosa, D.; Rodríguez, R.; Boucourt, R.; Scull, I.; Núñez, O.; Orta, Y.; Lezcano, P. y Vázquez, A. (2015). Efecto de la sustitución parcial del boniato por miel B en las características del alimento ensilado para cerdos. En: V Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba. Disponible en <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/efecto-sustitución-parcial-boniato-t39525.htm>

- Hidalgo, K.; Lezcano, P. y Hernández, L.E. (2012). Evaluación de la vinaza de destilería como aditivo en crías porcinas. *Rev. Comp. Prod. Porcina*. 19(2): 104-107.
- Lamazares, E.; Lezcano, P.; Elías, A. y Baldes, E. (1988). Sustitución parcial de cereales por harina de caña de azúcar para precebas porcinas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 22:173-175.
- Lezcano, P.; Berto, D.; Bicudo, S.; Curcelli, F.; Gonzáles, P. y Valdivie, M. (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(3): 41-47.
- Lezcano, P.; Vázquez, A.; Bolaños, A.; Piloto, J.L.; Martínez, M. y Rodríguez, Y. (2015). Ensilado de alimentos alternativos, de origen cubano, una alternativa técnica, económica y ambiental para la producción de carne de cerdo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 49(1): 65-69.
- Lezcano, P.; Vázquez, A.; Rodríguez, A.; García, Y.; Boucourt, R.; Sosa, D.; Rodríguez, Y. y Pérez, O. (2016). Procedimiento de obtención de un alimento ensilado para la producción animal. Patente. 2013-0122, Resolución 4155/2016.
- Lezcano, P.; Martínez, M.; Vázquez, A. y Pérez, O. (2017). Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical areas. Cuban experience. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 51:1-10.
- Llanes, J.; Bórquez, A.; Alcaino, J. y Toledo, J. (2011). Composición físico-química y digestibilidad de los ensilajes de residuos pesqueros en el Salmón del Atlántico (*Salmo aalas*). *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 45(4): 417-422.
- Mesa, O. (2017). Alimentación de pollitas de reemplazo y gallinas ponedoras con harinas de follaje de Moringa. M.Sc. Tesis, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 50 p.
- Mora, L.M.; Hidalgo, K.; Vázquez, Y. y Olivares, H.R. (2013). Utilización de vinazas de destilería concentrada en la alimentación de cerdos en ceba. *Rev. Comp. Prod. Porcina*. 20(4): 214-217.
- Muñoz, E.; Michelena, J.B.; González, R.; Espinosa, J.L.; Enríquez, A.V.; Alfonso, F.; González, R. y Fraga, C. (1987). *Solicaña. Un nuevo producto de la caña de azúcar integral para elaborar piensos*. Folleto. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 10 p.
- Oliveira, A.F.G.; Scapinello, C.; Martins, E.N.; Jobim, C.C.; Monteiro, A.C. y Figueira, J.L. (2011). Efeito de dietas semi-simplificadas formuladas con subproductos de mandioca ensilados o unáo sobre o desempenho e características de carcasa de coelhos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 33(1): 59-64.
- Pazo, A.; Balbis, Y.; Lezcano, P.; Castro, M. y Ly, J. (2012). Levadura *Saccharomyces* y harina de yuca para cerdos en crecimiento y ceba. Rasgos de comportamiento. *Rev. Comp. Prod. Porcina*. 19(1): 28-32.
- Pérez, I.; Garrido, N. y Ramil, M. (2008). Tratamiento de efluentes de la industria alcoholera. Ventajas y desventajas. *Revista Ingeniería Química*. 455: 148-153.
- Sánchez, J.; Caicedo, W.; Aragón, E.; Andino, M.; Bosques, F.; Viamonte, M.I. y Ramírez, J. (2018). La inclusión de la *Colocasia esculenta* (papa china) en la alimentación de cerdos en ceba. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 19(4): 1-5.
- Sarria, P. y Serrano, C. (2010). *Valor nutricional de la Vinaza. Generada en la Producción de Alcohol Carburante de Caña de Azúcar*. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 17 p.
- Silva, M.A.A.; Furlan, A.C.; Moreira, I.; Paiano, D.; Scherer, C. y Martin, E.N. (2008). Avaliação nutricional de silage de raíz de mandioca conteudo soja integral para leitõesna fase inicial. *Rev. Bras. Zootec.* 37(8): 1441-1449.



# Macrófitas: alternativa alimenticia en la acuicultura de recursos limitados (AREL)

Daniel Leonardo Cala Delgado<sup>1\*</sup>

Jefferson Yunis Aguinaga<sup>2</sup>

## Introducción

La acuicultura superó el suministro de pescado para consumo humano aportado por la pesca de captura en ambientes naturales a partir del año 2014 (FAO, 2016). La producción total de pescado cultivado en producciones acuícolas aumentó del 50% de 1980 al 63% en 2012 (Prabu *et al.*, 2019). En el 2016 la acuicultura generó 106 millones de toneladas, representando USD 243 billones de dólares. Este crecimiento está relacionado al interés por el consumo de productos con mayores valores nutricionales (Lucas *et al.*, 2019).

Suramérica se conoce por las producciones de tilapia (*Oreochromis* sp.), trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y especies nativas de cada país, que en muchos casos se exportan a Norte América y Europa, pero no se logra alcanzar su pleno potencial en la piscicultura, donde se implementan principalmente sistemas extensivos y semi-intensivo (Valladão *et al.*, 2016).

Colombia produce aproximadamente 100 mil toneladas de organismos acuáticos, principalmente de tilapia, y es a su vez el mayor exportador de filete de esta especie para los Estados Unidos. La clasificación colombiana de la acuicultura se establece mediante Ley 13 de 1990 Estatuto General de Pesca, esta puede ser según el medio, acuicultura marina o continental y puede dividirse en extensiva, semi-extensiva o intensiva. No se contempla la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL).

## Acuicultura de Recursos Limitados (AREL)

La FAO reconoce dos tipos de pequeños productores acuícolas, entre los que se incluyen la Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMyPE) y la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL), que según Flores-Nava (2013) corresponde a “la actividad que se practica sobre la base de autoempleo; sea de forma exclusiva o complementaria, en condiciones de carencia de uno o más recursos que impiden su auto-sostenibilidad productiva y la cobertura de la canasta básica familiar en la región que se desarrolle”.

Los programas gubernamentales a nivel mundial impulsan la piscicultura para diversificar los productos de origen animal y que en zonas rurales se fortalezca la seguridad alimentaria. Inicialmente estas producciones se denominaron “Acuicultura rural”, posteriormente en el año 1990 se designó el nombre de “Acuicultura rural de pequeña escala”

1 Grupo de Investigación en Ciencias Animales de la Universidad Cooperativa de Colombia, Centro de Acuicultura da Universidade Estadual Paulista – CAUNESP.

2 Investigador del Laboratorio de Sanidad Acuícola, IMARPE – Instituto del Mar Peruano.

\* Autor de correspondencia: daniel.cala@campusucc.edu.co

(ARPE) y es lo que hoy se conoce como Acuicultura de Recursos Limitados (AREL). Pero el auge y rápido crecimiento de la acuicultura comercial e industrial, impidieron el desarrollo y limitaron las producciones pequeñas a los subsidios políticos, enfocando estas al auto sustento alimenticio.

En la acuicultura rural es común la integración de otras producciones pecuarias, la FAO denomina este tipo de cultivos como sistemas integrados agropiscícolas con peces, esta se enfoca en la producción, gestión integrada y uso conjunto de acuicultura, agricultura y ganadería, con énfasis en la producción de organismos acuáticos (Yang *et al.*, 2003). Una combinación implementada es la producción de gallinas ponedoras con tilapia (*Oreochromis* sp.), se ubican los gallineros cerca o encima de los estanques para aprovechar los subproductos, los cuales funcionan como fertilizantes por contener nutrientes (nitrógeno y fósforo) que mejora la producción primaria en la columna de agua y posteriormente servirán como fuente de proteína para los peces. Estas prácticas traen efectos positivos en la reducción de los factores de conversión alimenticia (Balbuena *et al.*, 2011); sin embargo, es necesario que las prácticas de manejo acuícola se evalúen y tengan aproximación sistemática, no sólo considerando al recurso hídrico y el cuerpo de agua, además se debe tener en cuenta los vínculos con el resto de las actividades agropecuarias de la explotación (Nhan *et al.*, 2007).

Se reporta que los acuicultores AREL y AMyPE representaban en América Latina el 85% de las producciones acuícolas (Morales y Morales, 2006). En Colombia más del 90% de los productores corresponden a estas categorías (Roca-Lanao, 2018) y aportan el 30% de la producción nacional (Flores-Nava, 2014). En el año 2011 se realizó el diagnóstico del estado de la acuicultura de recursos limitados en Colombia, donde se reporta que el departamento con mayor presencia de este tipo de producciones es el Cauca, se estima que existen 5 013 granjas con características AREL.

Las ventajas de estos sistemas de producción acuícola son los bajos costos de inversión y mantenimiento que se reducen a la adquisición de alevinos y en algunos casos el alimento balanceado.

Tiene aspectos poco favorables y a lo largo del tiempo mantiene sus aspectos técnicos: espejos de agua de tamaños limitados, sin tecnificación, producciones bajas e intermitentes, sin control productivo y sanitario, por lo general dependen de aportes económicos del gobierno para su sostenibilidad (Flores-Nava, 2012), esto se convierte en una desventaja que impide producciones constantes.

Aunado a lo anterior, la alimentación y acceso a alimentos balanceados a precios competitivos son percibidos por los actores como limitantes del desarrollo de estos sistemas productivos, pues ocupan el segundo lugar en importancia, después de mejorar la tecnología de cultivo. La alimentación en la acuicultura representa aproximadamente el 60% de los costos de producción (Blanco, 2018), sin embargo, Flores-Nava (2013) indica que la suplementación alimenticia con alimentos balanceados puede repercutir en el 85% de los costos directos de las producciones AREL y propone el remplazo obligatorio por alimentos artesanales elaborados por los propios acuicultores e insumos alternativos como macrófitas, subproductos industriales, agrícolas o de las mismas producciones piscícolas, se convierten en una alternativa para disminuir el impacto de la suplementación alimenticia en los costos productivos.

## Alternativas para la alimentación acuícola

### *Macrófitas: plantas acuáticas con potencial nutricional*

Las plantas en los medios acuáticos son una comunidad biótica, ya sea las que se desarrollan en las periferias de los cuerpos de agua, en áreas subacuáticas o las estrictamente acuáticas, pueden estar sumergidas, emerger, o flotar en el agua (Carranco *et al.*, 2002). Estas plantas tienen efectos negativos en algunas regiones del mundo cuando invaden ecosistemas acuáticos y forman densas esteras en cuerpos de agua, ya que disminuyen el movimiento hídrico, obstruyen canales de riego, perjudicando con efectos nocivos la ictiofauna y reducen los valores de oxígeno disuelto. Sin embargo, estas plantas con un adecuado manejo pueden ser usadas de diferentes formas. Un ejemplo es la suplementación de dietas para bovinos con *Lemna gibba* que puede ser alternativa a los granos y alimentos balanceados, con la ventaja de reducir las emisiones de metano ruminal, siendo una estrategia ecológica para disminuir costos de producción (Tirado-Estrada *et al.*, 2018).

En el mundo se registran 2 614 especies de macrófitas, de las cuales 984 se encuentran en América, se distribuyen desde el norte de México hasta el centro de Argentina. En Colombia, algunas de estas macrófitas sirven como alimento para los capibaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) especialmente *Eichhornia azurea*, *Heteranthera limosa* y *Lemna minor*. Los niveles de contenido proteico de las plantas del género *Lemna* sp se reportan desde 6.8% a 39.4% cuando son colectadas en sistemas de tratamiento de aguas residuales. Otra familia de plantas acuáticas presentes en las sabanas inundables de la Orinoquia es la saliniacea, a esta pertenece el género *Azolla*, las harinas de estas macrófitas pueden presentar hasta 20.6% de proteína cruda (Brouwer *et al.*, 2019); las diferencias composicionales radican en las condiciones ambientales, si es un espacio natural o un cultivo controlado y a los métodos de extracción de principios (Brouwer *et al.*, 2018). La composición bromatológica y rendimiento productivo de estas plantas dependen de la fase de crecimiento, densidad de siembra, concentración de minerales y salinidad del agua, temperatura y exposición a la luz solar.

*Lemna minor* es utilizada como alimento para patos domésticos (duckweed significa maleza para patos) y los resultados en aumento de peso y producción de huevos fueron comparables al suplemento proteínico usual, con la ventaja de presentarse una disminución del 25% en los costos de alimentación (Men *et al.*, 2002). También la lenteja de agua fue utilizada en México con el fin de alimentar cerdas gestantes y lechones, reemplazando la proteína proveniente de torta de soya en un 80%, con muy buenos resultados en producción. En la Universidad de Illinois realizaron estudios con proteína concentrada de plantas de la familia *Lemnaceae* en alimentos balanceados para cerdos, dando resultados en digestibilidad general de aminoácidos semejante a la harina de pescado (Rojas *et al.*, 2014). Para la alimentación de peces, el uso de macrófitas tiene gran interés y buenos resultados (Soñta *et al.*, 2019). Algunas plantas empleadas son *Lemna minor* y *Azolla* sp., estas pueden ser usadas de diferentes formas, algunos estudios reportan suministro de las plantas en fresco, sin ningún proceso (de Souza *et al.*, 2008) y en harina, para lo cual se debe realizar su secado (Magouz *et al.*, 2020).

En un ensayo realizado por investigadores del Instituto de Acuicultura de los Llanos y La Universidad del Magdalena, Colombia, donde se reportaron resultados de la

evaluación del desempeño zootécnico de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), en sistemas extensivos y condiciones de laboratorio, donde los peces fueron alimentados con *L. minor* y *A. filiculoides*, obtuvieron mejores resultados en crecimiento los animales alimentados con raciones que contenían estas plantas y un 23% más de peso con respecto a los peces que se les suministró alimento comercial (Cruz-Velásquez *et al.*, 2014).

Estudios en tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) suplementada con la lenteja de agua (*L. minor*) mostraron un mayor crecimiento, al compararlas con tilapias que se les proveyó de alimento comercial (Uddin *et al.*, 2007). Esto demostró que los *green-pellets* o concentrados alternos se convierten en una buena opción para reemplazar los alimentos comúnmente usados en la piscicultura.

### **Caracterización bromatológica de *Lemna minor* y *Azolla sp.***

El estudio composicional de materias primas alterativas permite conocer las características nutricionales y, por ende, la inclusión de estos en dietas de alimentación animal (García *et al.*, 2020). Para la caracterización bromatológica y composición de las macrófitas, se describe a continuación la metodología planteada:

#### **Colecta de las plantas**

Las plantas fueron colectadas en verano e invierno de forma manual y al azar, cada lugar de muestreo fue de 1m<sup>2</sup> de área. Las plantas se limpiaron de impurezas ajenas al material objeto de estudio y se realizó una muestra de cada planta (figura 1) y fueron colocadas en recipientes plásticos (figura 2) para su posterior traslado al lugar de procesamiento. El secado fue al sol durante 48 horas, bajo bastidores y con ayuda de un molino de pines (malla 1 mm) se obtuvo material en polvo que se almacenó en bolsas plásticas herméticas y fueron enviadas al laboratorio de alimentos de la Universidad Industrial de Santander en la ciudad de Piedecuesta, Departamento de Santander, Colombia, con el fin de evaluar la composición bromatológica de cada planta, colectadas en diferentes temporadas climáticas.

#### **Evaluación calidad de agua**

De cada punto donde se colectaron las plantas se evaluaron los parámetros de calidad del agua (cuadro 1), se registraron de forma individual por cada planta y en cada temporada. Los parámetros evaluados fueron la saturación (%) y concentración (ppm) del oxígeno disuelto y temperatura mediante sonda YSI DO200A<sup>®</sup>, el potencial de hidrogeno (pH), sólidos totales disueltos TDS (ppm) fueron medidos usando pHmetro Hanna HI991300<sup>®</sup>, el amonio siguiendo metodología de Solorzano (1972), nitrito y nitrato con la metodología de Golterman (1978). Los parámetros de calidad de agua pueden observarse en el cuadro 1. El oxígeno disuelto, tanto en concentración como en saturación, se puede encontrar en niveles inferiores a los recomendados para la sobrevivencia de organismos acuáticos que requieren de este elemento en cantidades mínimas de 3 ppm.

Los estudios realizados en arroyos de Uruguay, donde existían poblaciones de macrófitas, tuvieron saturación de oxígeno promedio de 17.6%, ello demostró que la presencia de plantas acuáticas que cubren la superficie reduce este importante gas en los ambientes acuáticos. En cuerpos hídricos donde existen macrófitas, la temperatura tiende a reducirse en temporadas de verano, a pesar de la intensidad lumínica y radiación, las macrófitas impiden el ingreso de los rayos solares a la columna de agua, evitando el aumento de temperatura.



Figura 1  
Recolección manual de macrófita *Lemna minor* y *Azolla* sp.



Foto: Daniel Leonardo Cala Delgado.

Figura 2  
*Lemna minor* almacenada en recipientes plásticos para ser transportada



Foto: Daniel Leonardo Cala Delgado.



**Cuadro 1**  
Parámetros de calidad de agua donde fueron colectadas las macrófitas

Parámetros	Unidad	Verano		Invierno	
		<i>Azolla</i>	<i>Lemna</i>	<i>Azolla</i>	<i>Lemna</i>
Oxígeno disuelto	ppm	0.50	0.30	1.70	1.10
Oxígeno disuelto	%	20.10	21.00	31.00	28.00
Temperatura	°C	26.50	27.00	25.00	25.50
pH		6.30	5.80	6.80	6.50
TDS		36.00	76.00	21.00	67.00
Amonio	ppm	0.25	0.30	0.20	0.25
Nitrito	ppm	0.25	0.20	0.00	0.00
Nitrato	ppm	123.00	110.00	0.00	0.00

\*TDS: Sólidos totales disueltos. Elaborado por los autores.

### Análisis bromatológico

La humedad se determinó por medio de secado en estufa, siguiendo la metodología descrita en la norma internacional 925.10. Para determinar la ceniza se realizó en un horno hasta peso constante siguiendo la norma internacional AOAC 923.03. La proteína analizada por medio de metodología de Kjeldahl, procedimiento interno validado GOMEPL.01. La determinación de grasa se realizó por extracción con solvente en equipo *soxhlet* siguiendo la norma internacional AOAC 920.85. La fibra cruda se llevó a cabo siguiendo el método AOAC 978.10. Los carbohidratos totales y el valor calórico fueron calculados matemáticamente según resolución 333 del 2011 del ministerio de protección social.

La dificultad para el uso de harinas de macrófitas es que en su estado vegetal estas plantas tienen altos contenidos de agua, la humedad para *Lemna* sp. fue de 94.6% y para *Azolla* sp. de 96.1%, resultados que concuerdan con lo reportado por Carranco *et al.* (2002). La harina de *Azolla* sp., mayor cantidad de humedad que la harina de *Lemna* sp., tanto para la temporada de invierno como la de verano (cuadro 2).

**Cuadro 2**  
Composición bromatológica de *Azolla* sp. y *Lemna minor*

Parámetros	Unidad	Verano		Invierno	
		<i>Azolla</i>	<i>Lemna</i>	<i>Azolla</i>	<i>Lemna</i>
Humedad	%	13.01	10.52	13.20	10.76
Humedad en fresco	%	96.10	94.60	96.00	94.50
Ceniza	%	27.88	20.20	25.90	12.29
Grasa	%	2.47	3.66	2.05	2.87
Proteína (N x 6.25)	%	23.53	29.93	22.10	28.45
Fibra	%	16.43	11.47	19.23	13.82
Carbohidratos totales	%	33.11	35.69	41.30	45.63
Valor calórico	%	248.79	295.45	256.20	322.11

Elaborado por los autores.

### Elaboración artesanal de alimento

Normalmente en la preparación de alimentos para animales se inicia con la evaluación bromatológica de las materias primas, posteriormente un profesional especializado en nutrición realiza el balance, teniendo en cuenta las exigencias de cada especie. En el caso de la elaboración artesanal de alimento para AREL, esto posiblemente no sea necesario; sin embargo, se pueden usar aproximaciones de la composición nutricional de los productos encontrados en la literatura e intentar un balance.

Para peces el parámetro más importante es la proteína, ésta debe tener perfiles de aminoácidos similares a los perfiles que se encuentran en el músculo de los mismos. Comúnmente, en su elaboración es necesario incluir núcleo de materias primas usadas en los alimentos comerciales, incluyendo harina de arroz, harina de maíz, torta de soya y además premezcla de vitaminas y minerales.

Después de la recolección, secado, molido y de conocer los valores bromatológicos e identificación de las materias primas, se procede a realizar un cálculo aproximado de las cantidades que se van a usar en la elaboración de los alimentos. En los siguientes cuadros se propone la formulación de alimento para 1 000 peces conteniendo *Azolla* sp. (cuadro 3) y *Lemna minor* (cuadro 4), este alimento es para todo el ciclo de producción, se discriminan las cantidades totales de materias primas en kg para cada fase y para cada insumo, por diferentes porcentajes de proteína y por cada presentación del producto.

Cuadro 3

Formulación de alimento conteniendo harina de *Azolla* sp., para ciclo completo (levante y engorde) de 1 000 peces (cantidades en kg/materia prima usada)

Proteína cruda (%)	40	40	34	30	24	20	Total/ insumo
Semanas	1 *	4	8	14	20	30	
Insumo (kg)							
Harina de sangre	2.80	9.45	16.06	23.75	16.94	11.24	80
Harina de azolla	1.78	6.01	13.04	25.33	31.05	33.21	110
Harina de arroz	1.42	4.81	13.73	31.67	39.52	49.94	141
Harina de maíz	1.07	3.61	10.29	23.75	39.52	49.94	128
Harina de pescado	0.50	1.68	3.43	6.33	4.23	3.75	19
Sebo	0.49	1.66	3.43	6.89	8.33	8.74	29
Afrecho de trigo	1.42	4.81	13.73	31.67	47.99	49.94	149
Torta de soya	2.14	7.22	10.29	20.58	19.76	12.49	72
Fosfato bicálcico	0.21	0.72	1.17	2.22	1.41	1.25	6.9
Premezcla vitamínica	0.07	0.24	0.55	1.11	1.69	1.00	4.6
Total/etapa (kg)	11.9	40.2	85.72	173.3	210.4	221.5	743

\*Alimento es en harina.

Elaborado por los autores.

Cuadro 4

Formulación de alimento conteniendo harina de *Lemna minor* para ciclo completo (levante y engorde) de 1 000 peces (cantidades en kg/materia prima usada)

Proteína cruda (%)	40	40	34	30	24	20	Total/insumo
Semanas	1*	4	8	14	20	30	
Insumo (kg)							
Harina de sangre	2.55	8.63	16.17	27.41	11.68	6,57	73.02
Harina de <i>Lemna</i>	1.89	6.38	13.27	26.02	33.38	32,86	113.80
Harina de arroz	1.51	5.11	12.63	34.69	47.29	49,30	150.53
Harina de maíz	1.51	5.11	7.58	34.69	47.29	65,73	161.91
Harina de pescado	0.60	2.04	2.53	3.47	2.78	3,29	14.71
Sebo	0.45	1.51	3.47	6.77	7.93	7.89	28.01
Afrecho de trigo	0.91	3.06	16.42	20.82	27.82	32.86	101.89
Torta de soya	2.18	7.35	9.48	15.61	27.82	18.73	81.17
Carbonata de Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fosfato bicálcico	0.23	0.77	1.26	2.60	2.78	2.96	10.60
Premezcla vitamínica	0.08	0.26	0.38	1.21	1.67	1.31	4.91
Total/etapa (kg)	11.90	40.22	83.19	173.30	210.44	221.50	740.55

\*Alimento es en harina.

Elaborado por los autores.

Posterior a definir las cantidades que se van a usar por materia prima, se deben seguir algunos pasos (figura 3):

1. Es importante pesar las cantidades establecidas por cada materia prima.
2. Mezclar todos los ingredientes durante 10 minutos en porciones de 10 kg y verificar la homogeneidad de la mezcla.
3. Agregar agua para humedecer la mezcla, la cantidad debe ser equivalente al 35% del peso total, esto quiere decir que para 10 kg es necesario 3.5 litros de agua, suministrada lentamente y mezclado al mismo tiempo para que permitan la humedad total de las harinas.
4. Esta masa se mantiene aproximadamente una hora expuesta al aire para disminuir los niveles de humedad.
5. Con la ayuda de molinos de carne automáticos o manuales, se realiza la formación de granos tipo pellet.
6. Los pellets son expuestos al sol por 48 horas, si es posible bajo estructuras similares a la casa Elba donde se seca el cacao, con el fin de reducir la humedad un 9%, lo que aumentará la vida útil del alimento artesanal.

Figura 3  
Proceso básico para la elaboración artesanal de alimento  
para Acuicultura de Recursos Limitados (AREL)



Foto: Daniel Leonardo Cala Delgado.

## Aspectos a tener en cuenta

Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Almacenar el alimento preferiblemente en ambientes aireados, para evitar la presencia de hongos, que perjudiquen los peces.
- Los recipientes de almacenamiento deben tener tapa, reduciendo la posibilidad de plagas que contaminen el alimento.
- Se debe usar el alimento durante los 15 días posteriores a la preparación.
- Si se observa algún cambio en el comportamiento y desempeño zootécnico es importante considerar la suplementación con alimento balanceado.
- No utilizar ingredientes de origen animal producto de mortalidades, sin conocer la causa de la muerte.

Actualmente esta tecnología se está implementando por tres asociaciones en Colombia en el Departamento de Arauca; la asociación piscícola el vergel (Asovergel), conformada por 93 pequeños productores de tilapia roja bajo el sistema biofloc, la asociación de mujeres cabeza de familia y microempresarias del Municipio de Arauca (ASOMUAR), donde más de 50 mujeres en pequeñas producciones crían especies nativas de manera tradicional, y la tercera es la asociación de mujeres productivas ASOGIRETH ubicadas en el Municipio de Arauca en las veredas Mate piña, los Arrecifes y los Caballos que, mediante la caja de compensación familiar de Arauca, recibieron un curso corto en producción de alimentos alternativos para la acuicultura. Estas asociaciones lograron reducir un 20% la compra de alimento comercial, utilizando la técnica propuesta en este documento, además utilizan productos agrícolas que no se consiguen comercializar, para la realización de alimentos alternativos usados en piscicultura.

## Conclusiones

Los alimentos alternativos pueden ser realizados por cualquier productor, utilizando materias primas disponibles en sus predios, sin embargo, no se recomienda remplazar al 100% el alimento balanceado comercial; lo que se plantea es un suplemento o reemplazo par-

cial, no mayor al 20%, de esta forma se evitan pérdidas zootécnicas que se pueden ver reflejadas en inviabilidad económica de los sistemas productivos.

## Referencias

- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. (2012). Official methods of analysis of AOAC International (19th ed.). Gaithersburg: AOAC International. 700 p.
- Balbuena, D.; Ríos, V.; Flores, A. y Meza, J. (2011). *Manual para el extensionista en acuicultura*. MAG y FAO, Paraguay. <http://www.fao.org/3/a-as828s.pdf> (Consultado 10 de enero 2020).
- Roca-Lanao, B.; Mendoza-Ureche, R. y Manjarrés-Martínez, L. (2018) *Producción de la acuicultura en el área monitoreada por el SEPEC durante el período agosto-diciembre de 2018*. [http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletines-2018/Boletin\\_produccion\\_acuicultura\\_area\\_monitoreada\\_SEPEC\\_agosto\\_diciembre\\_2018.pdf](http://sepec.aunap.gov.co/Archivos/Boletines-2018/Boletin_produccion_acuicultura_area_monitoreada_SEPEC_agosto_diciembre_2018.pdf) (Consultado 10 de enero 2020)
- Blanco, C. (2018). Evaluación del desempeño zootécnico y calidad de agua en alevinos de cachama (*Piaractus brachypomus*) suplementados con *Lemna minor*. *Revista Colombiana de Zootecnia*. 4(8): 46-47.
- Brouwer, P.; Schlupepman, H.; Nierop, K.G.; Elderson, J.; Bijl, P.K.; van der Meer, I. y van der Werf, A. (2018). Growing *Azolla* to produce sustainable protein feed: the effect of differing species and CO<sub>2</sub> concentrations on biomass productivity and chemical composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98(12): 4759-4768.
- Brouwer, P.; Nierop, K.G.; Huijgen, W.J. y Schlupepman, H. (2019). *Aquatic weeds as novel protein sources: Alkaline extraction of tannin-rich Azolla*. *Biotechnology Reports*. 24, e00368.
- Cruz-Velásquez, Y.; Kijora, C.; Agudelo-Martínez, V. y Schulz, C. (2014). Inclusion of fermented aquatic plants as feed resource for Cachama blanca, *Piaractus brachypomus*, fed low-fish meal diets. *Orinoquia*. 18: 229-236.
- Flores-Nava, A. (2013). *Diagnóstico de la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y de la Acuicultura de la Micro y Pequeña Empresa (AMYPE) en América Latina*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/as235s/as235s.pdf> (Consultado 13 de enero 2020).
- Flores-Nava, A. (2014). *Acuicultura de pequeña escala y recursos limitados en América Latina y el Caribe. Hacia un enfoque integral de políticas públicas*. Red de acuicultura de las Américas. FAO. 94 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Roma: Editorial FAO. 224 p.
- García, M.V.; Milani, M.S. y Ries, E.F. (2020). Production optimization of passion fruit peel flour and its incorporation into dietary food. *Food Science and Technology International*. 26(2): 132-139.
- Golterman, H.L.; Clymo, R.S. y Ohnstad, M. A. M. (1978). Method for chemical analysis of fresh waters-Blackwell Sci. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, Reino Unido. Pp. 116-121.
- Lucas, J.S.; Southgate, P.C. y Tucker, C.S. (2019). *Aquaculture: Farming aquatic animals and plants*. John Wiley & Sons. San Antonio, USA. 642 p.
- Magouz, F.I.; Dawood, M.A.; Salem, M.F. y Mohamed, A.A. (2020). The effects of fish feed supplemented with *Azolla* meal on the growth performance, digestive enzyme activity, and health condition of genetically-improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Annals of Animal Science*. 20(3): 1029-1045.
- Men, B.X.; Ogle, B. y Lindberg, J.E. (2002). Use of duckweed as a protein supplement for breeding ducks. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 15(6): 866-871.
- Méndez-Martínez, Y.; Pérez, Y.; Verdecia, D.M.; Cortés-Jacinto, E.; Cevallos-Falquez, O. F. y Romero, O. (2019). Efecto de la inclusión de harina de *Azolla filiculoides* en el crecimiento y supervivencia de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Cuban Journal of Agricultural Science*. 53(3): 289-298.
- Merino, M.C.; Bonilla, S.P. y Bages, F. (2013). *Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia*. Diseño y edición RM GRÁFICOS. Bogotá, Colombia. 160 p.
- Morales, V. y Morales, R. (2006). *Síntesis Regional del Desarrollo de la Acuicultura en América Latina y el Caribe 2005*. FAO Circular de Pesca No. 1071/1. FAO-Roma. 197 p.
- Nhan, D.K.; Phong, L.T.; Verdegem, M.J.; Duong, L.T.; Bosma, R.H. y Little, D.C. (2007). Integrated freshwater aquaculture, crop and livestock production in the Mekong delta, Vietnam: determinants and the role of the pond. *Agricultural systems*. 94(2): 445-458.



- Prabu, E.; Rajagopalsamy, C.B.T.; Ahilan, B.; Jeevagan, I.J.M.A. y Renuhadevi, M. (2019). Tilapia—an excellent candidate species for world aquaculture: a review. *Annual Research and Review in Biology*. 1-14. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052>
- Rojas, O.J.; Liu, Y. y Stein, H.H. (2014). Concentration of metabolizable energy and digestibility of energy, phosphorus, and amino acids in lemna protein concentrate fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*. 92(11): 5222-5229.
- Solórzano, L. (1969). Determination of ammonia in natural water by the phenol-hypochlorite method. *Limnology and Oceanography*. 14: 799-801.
- Soñta, M.; Rekiel, A. y Batorska, M. (2019). Use of duckweed (Lemna l.) in sustainable livestock production and aquaculture—a review. *Annals of Animal Science*. 19(2): 257-271.
- Souza de, S.M.G.; de Oliveira, D.; dos Santos, C.V.; Gomes, M.E.C. y Esteves, K.D. (2008). Desempenho e conversão alimentar de juvenis de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentadas com *Azolla filiculoides* e ração com baixo teor lipídico. *Semina: Ciências Agrárias*. 29(2): 459-464.
- Tirado-Estrada, G.; Ramos-Mijangos, L.M.; Miranda-Romero, L.A.; Tirado-González, D. N.; Salem, A.Z.M.; Mlambo, V.; Medina-Cuellar, S.E., Gonzales-Reyes, M. y Pliego, A.B. (2018). Potential impacts of dietary *Lemna gibba* supplements in a simulated ruminal fermentation system and environmental biogas production. *Journal of Cleaner Production*. 181: 555-561. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.120>
- Valladão, G.M.R.; Gallani, S.U. y Pilarski, F. (2018). South American fish for continental aquaculture. *Reviews in Aquaculture*. 10(2): 351-369.
- Uddin, M.N.; Rahman, M.S. y Shahjahan, M. (2007). Effects of duckweed (*Lemna minor*) as supplementary feed on monoculture of GIFT strain of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Progressive Agriculture*. 18(2): 183-188.



# Desafíos de la quesería artesanal caprina: situación del sector y posibles enfoques tecnológicos para su solución

Lucía Grille Peés<sup>1\*</sup>

Álvaro González Revello<sup>1</sup>

Dario Hirigoyen<sup>2</sup>

Omar Zoratti<sup>3</sup>

Sebastián Ezequiel Palmero<sup>3</sup>

María Luisa Gómez<sup>3</sup>

## Introducción

A pesar de que en las últimas décadas la producción de leche caprina tuvo un aumento de forma sostenida y actualmente ocupa el tercer lugar en niveles de producción a nivel mundial, este tipo de producción tiene un lugar incipiente en la mayoría de los países de América Latina. En muchos de estos países los productos derivados caprinos son utilizados básicamente para el autoconsumo por parte de los productores y sus familias. En estos sistemas la información en el área socio-productiva y económica es escasa, así como la investigación en las áreas de producción primaria, calidad de leche y productos lácteos. Generar información que se aplique a los sistemas lecheros caprinos familiares es clave para garantizar la sustentabilidad de los emprendimientos.

Una de las principales limitantes que enfrentan los productores caprinos desde hace décadas (y que se mantiene hasta el día de hoy) es la colocación y venta de sus productos para mantener rentable su sistema productivo, consecuencia de las características estacionales de su producción.

Además, en este sector existe desconocimiento de las características de la materia prima utilizada en la elaboración de los derivados lácteos. Específicamente en el caso de los productores queseros, en relación a las propiedades de coagulación de la leche, así como de las potencialidades de sus rodeos para la elaboración de estos productos.

Por lo tanto, este capítulo tiene como objetivos en primer lugar resaltar la importancia de la implementación de la congelación en cuajadas y quesos terminados (metodología poco difundida en la región), como posible solución al problema de la falta de la continuidad en la producción de quesos caprinos en productores artesanales y, por ende, el sostenimiento de mercados comerciales estables.

1 Departamento de Ciencia y Tecnología de la Leche, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Uruguay.

2 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) La Estanzuela, Ruta 50 km 11, Colonia, Uruguay.

3 Cátedra de Producción Animal II, Grupo de Estudios Dirigido "Grupo Caprinos", Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral, Argentina.

\* Autor de correspondencia: lgrille@gmail.com

En segundo lugar, describir y resaltar los beneficios de la incorporación del análisis de las propiedades de la coagulación de la leche (PCL) en la rutina de calidad de leche mediante una herramienta de fácil acceso por parte de los productores queseros.

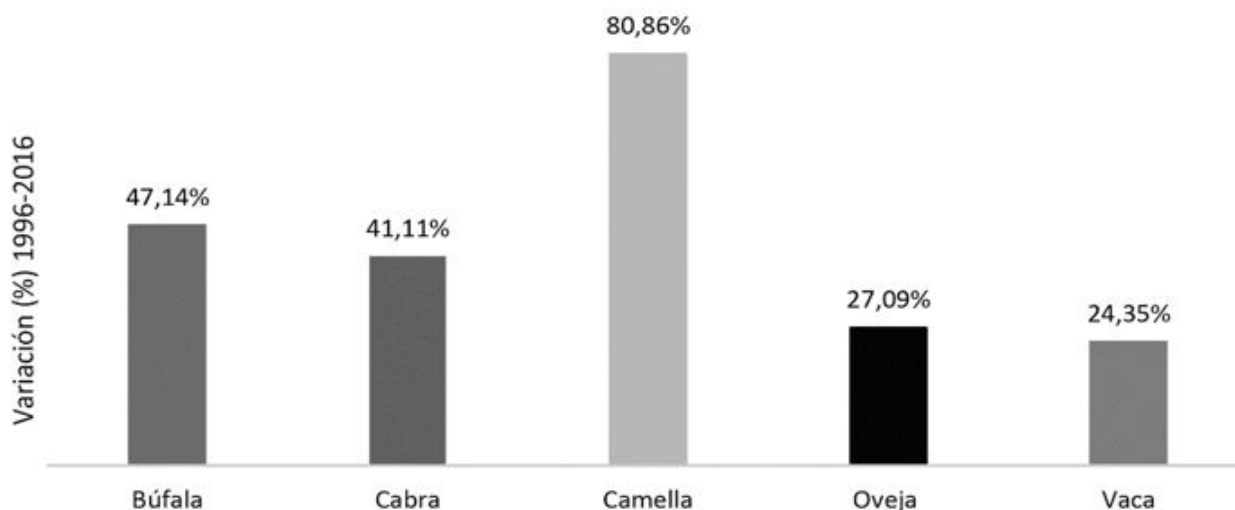
Dicha herramienta otorgaría indicadores de fácil interpretación sobre la aptitud quesera de la leche (mediante las propiedades de coagulación), lo que mejora la eficiencia de los rodeos a un costo/beneficio justo. La información será brindada por él o los laboratorios calificadoros de la leche en el esquema de habilitación por parte de la autoridad sanitaria regente.

## Situación de lechería caprina en el mundo

Según FAOSTAT (2018), en el año 2016 la población caprina ascendía a mil millones de cabras, lo cual representó un aumento del 16.5% en 10 años del stock mundial. Precisamente, la evolución que se produjo tanto en África como en Asia, donde las variaciones fueron del 37.62% y 11.43% respectivamente, fue la causa principal de los incrementos en el stock, sobre todo porque estos continentes concentran el 94% de los caprinos del mundo, cualquier cambio es suficiente para impactar en las existencias globales. Aproximadamente un 20% de las existencias caprinas, se crían para la producción de leche. Asimismo, en muchos casos se realiza como actividad secundaria dentro de un sistema de producción de carne caprina (realizando el ordeño de excedentes luego del destete de los cabritos), o incluso en el marco de otra actividad con más visibilidad como el tambuco bovino.

La producción de leche de cabra al año 2016 se encontraba en los 15.3 millones de t, representando un 2% del total de la leche producida a nivel mundial, proporción que parece pequeña en comparación con la de leche de vaca (83%) o búfala (14%). Dicha contribución se incrementó ampliamente en los últimos años (FAOSTAT, 2018), debido al aumento del stock caprino lechero (al doble que el bovino) (figura 1) y no al aumento de la productividad por animal, la que se mantuvo estable.

Figura 1  
Evolución del stock lechero de diferentes especies para el período 1996 - 2016



FAOSTAT, 2018.

En el último año registrado hubo una brusca caída en la producción de leche (-10% en 2016 respecto de 2015), en parte debido a la caída de los precios de venta en los principales países que comercializan leche de cabra y sus derivados (Francia, Italia, Grecia y España). El stock de cabras lecheras se mantuvo relativamente constante respecto del año anterior, lo cual permitiría una rápida recuperación de los niveles de producción cuando la situación del mercado se vuelva favorable (Ghibaudi *et al.*, 2018).

La mayor parte de las cabras lecheras (91.7%) se crían en Asia (52.1%) y África (39.6%), con un número menor en Europa (4.3%) y América (4.0%), mientras que Oceanía presenta una población de poca significancia (menos del 0.1%). Al analizar los datos a nivel mundial, se puede observar que para el año 2016, el 64% de las cabras lecheras se encontraban produciendo en países clasificados como de bajos ingresos y con déficit alimentario (FAOSTAT, 2018). Justamente la rusticidad de estos animales y su capacidad de adaptación a diversos ambientes, resulta de gran importancia en la lucha contra la mala nutrición y da una oportunidad para el desarrollo económico de las áreas rurales de estos países.

## Situación del sector lácteo caprino en Argentina y Uruguay

### *En Argentina*

Las existencias caprinas se estimaron en 4 720 674 al 2015 (MINAGRI, 2015). A diferencia de los ovinos, cuyo stock disminuyó abruptamente en las últimas décadas, los caprinos se mantuvieron. Cerca del 70% está constituido por cabras criollas puras o cruza, que habitan en zonas de contexto crítico, concentrándose mayoritariamente en el Centro-Norte y Noroeste del país. Si bien estos animales presentan gran rusticidad y adaptación a sistemas de producción marginales no se especializaron en producciones lecheras/carniceras, por lo que no logran alcanzar los niveles de producción de países con razas especializadas y en ambientes más favorables. Los establecimientos caprinos en Argentina, realizan un manejo extensivo caracterizado por escasa infraestructura, inadecuado manejo sanitario, reproductivo y alimentario, con una alta proporción de ramoneo.

La cría caprina se desarrolla en forma de subsistencia y se orienta primariamente a la producción de carne mediante la obtención del cabrito lechal, que se suele faenar entre los 1.5 a tres meses, con 10-14 kg de peso vivo. En estos sistemas, suelen ordeñarse algunas cabras luego del destete para elaborar “quesillo” ya sea para consumo propio o para venta en zonas turísticas.

El tambo caprino como actividad comercial es de origen reciente. Surge hacia mediados de la década del 80 con dos emprendimientos, uno en la provincia de Santiago del Estero y otro en la provincia de Río Negro. Posteriormente surgieron en otras zonas, llegando más recientemente a la cuenca de abasto de Buenos Aires.

Actualmente existe un fuerte incremento en el desarrollo de sistemas de producción más especializados en lechería. Uno de los casos que destaca, es el de la cuenca lechera del Río Dulce (Santiago del Estero), desarrollada en el área de riego del río y que comprende cerca de 60 tambos. Sus productores, si bien tienen escasos recursos, comercializan su producción por canales formales a queserías emplazadas en la zona. El tamaño medio de los hatos es de 45 cabras, utilizándose principalmente la raza Anglo Nubian.



Comercialmente, los establecimientos van desde la venta de leche fluida a elaboradores, hasta la integración completa de la cadena llegando directamente al consumidor final. En cuanto a los productos, se observa un mayor grado de especialización, con la participación de “quesos de cabra genéricos” con algún aditivo. Se elaboran varios tipos de queso como sardo de cabra, o camembert, así como también quesos que en su lugar de origen se elaboran específicamente con leche de cabra y son aún más apreciados (Chevrotin, Sacre Coeur, Cendre y Crottin). Sin embargo, más allá del nivel de desarrollo que tiene la cadena en esta zona, el volumen de queso que se comercializa es bajo y sus productos de amplio desconocimiento por parte de la población en general (Correa y Deza, 2009).

### *En Uruguay*

Al igual que en Argentina, el rubro caprino se asocia a producciones familiares de bajos recursos, donde la subsistencia prima sobre la competitividad. Al mismo tiempo, esta condición de producción condujo a que la especie y el sistema productivo recibiera poca atención, y que existieran pocos estudios científicos al compararlo con otras especies lecheras.

En relación con datos más recientes, en 1990 el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), realizó la primera importación de cabras lecheras provenientes del sur de Argentina.

En 1992 se concreta la segunda introducción desde Brasil, conformándose dos plantales de raza Anglo Nubia y Saanen. En 1991 en el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) se llevaron a cabo prácticas tendientes a obtener productos derivados de la leche ovina y caprina en la planta de la Sociedad de Fomento Rural de Durazno (Ganzábal *et al.*, 2003).

En 1994 se implementa el Proyecto de Producción de Leche Caprina del CCU (Centro Cooperativista del Uruguay) apoyando el desarrollo de la lechería caprina del Uruguay.

En 1999 se crea la Red Capra de Facultad de Veterinaria - Universidad de la República, con el fin de prestar asesoramiento a los productores y financiar en parte ciertas investigaciones. Por medio de la red, los productores asociados reciben un servicio de control lechero oficial cuantitativo y cualitativo, directivas sobre mejora genética de sus rebaños, manejo y control reproductivo, inseminación artificial, transferencia de embriones, monitoreo y control parasitario.

A partir del 2001 comienzan a visualizarse más de 20 emprendimientos comerciales en al menos seis departamentos del interior del país junto a la capital (Canelones, San José, Maldonado; Lavalleja, Colonia y Montevideo), nucleados en la Sociedad Uruguaya de Criadores de Cabras (SUCC) que junto al apoyo tecnológico de Facultad de Veterinaria, La Red Capra, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Facultad de Agronomía, y analítica laboratorial de COLAVECO, contribuyen a establecer un escenario de desarrollo para enfrentar los desafíos futuros (Hirigoyen, 2021, sin publicar).

Según datos preliminares, se evidencia un crecimiento moderado del stock caprino de 8 065 animales distribuidos por todos los departamentos del país (SNIG, 2019). La mayor concentración en 2011 se registraba en los departamentos del sur, orientándose hacia la producción lechera la modesta cifra de 1 017 ejemplares que a la fecha permanece casi incambiada. Sin embargo, la producción en este período tuvo un crecimiento importante en litros de leche, alcanzando producciones de hasta 420 l/animal/año, sobre superficies

inferiores a 120 ha, según datos otorgados por la SUCC, sobre un grupo de 30 predios asociados a la organización.

En Uruguay impera un sistema de cría semiextensivo, con pastoreo de praderas naturales o implantadas y una estabulación nocturna donde los animales pasan la noche en galpones o corrales techados. En esos sitios los animales reciben una suplementación de ración al igual que durante los ordeños (en total entre 200 y 300 g/día/animal). Generalmente estos establecimientos son de pequeña extensión y emplean regularmente mano de obra familiar. Tradicionalmente la cría de cabras se basa en la producción de cabritos de 45-60 días de vida para venta. Por otro lado, los capones y cabras adultas se orientan al consumo familiar y la venta, quedando entre un 5 y 10% de esas explotaciones dedicadas a la producción de leche, que se destina a la elaboración de quesos de tipo fresco para consumo de un mercado que viene en alza.

En su gran mayoría son pequeñas unidades productivas familiares (UPF), de tipo minifundista que tiene una disponibilidad precaria en relación con la tenencia de la tierra, mano de obra netamente familiar, escasa capacidad de inversión, sin acceso a créditos, con deficiencias estructurales. Las UPF con orientación caprina lechera dirigen su función a la producción de leche, que la emplean en fabricar yogures (natural, con frutas y descremados) y varios tipos de quesos (puros o mezclados con leche de vaca, ahumados, duros para rallar, en aceite de oliva, madurados en vino, crema de untar, entre otros). En estos sistemas la carne es un producto secundario.

Las UPF caprinas integran el segmento de queseros artesanales del Uruguay, son aquellos que, según establece la normativa, elaboran productos con la leche producida exclusivamente en el establecimiento (Decreto 65/003, 2011). Esta segmentación abarca a toda persona física o jurídica que elabora queso artesanal en forma individual, familiar o asociativa exceptuando la producción masiva que implique instalaciones y procesos industriales. Son establecimientos habilitados por la autoridad sanitaria de lácteos, del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP).

A pesar del marco jurídico, el sector artesanal tiene un alto grado de informalidad, producto entre otros, de las dificultades económicas de la mayor parte de los productores para cumplir con las exigencias legales. En relación a esto, desde el año 2004, se viene trabajando a través de políticas públicas y participación de privados, para contribuir al desarrollo de la quesería artesanal en general y de los caprinos en particular, para lograr su adaptación a las condiciones higiénico-sanitarias exigidas por las normas vigentes, aspecto que posibilita su inserción en el circuito formal del sistema, en materia de sanidad animal e inocuidad de alimentos. En este sentido, muchos productores demuestran su preocupación por apuntar a la mejora de la calidad e integrarse al sector “formal”, lo que los lleva a incorporar tecnología y a innovar. Un ejemplo es el desafiarse a participar en las catas nacionales e internacionales de quesos, destacándose varias de las elaboraciones uruguayas en dichos concursos.

Las virtudes de la leche caprina y sus derivados (quesos finos, fermentados, leche fresca, dulce de leche, entre otros) junto a una creciente demanda en el país de un porcentaje importante de niños alérgicos a las proteínas de la leche bovina, propician y auguran un mejor desarrollo de la caprinocultura en el país y en la región.

Los biotipos de cabras imperantes de razas especializadas como Pardo Alpina y Saanen son las que, junto a criollas, predominan en Uruguay (figura 1). Las cabras se ordeñan una a dos veces al día y dan producciones medias a altas que alcanzan los promedios de 3 a 4 l/día/animal alcanzando producciones de 400 a 600 l de leche por lactancia.

Las explotaciones suelen establecer límites definidos y separados de las instalaciones, teniendo corrales pequeños de aparte y zonas techadas algunas veces precarias. Los sistemas de alimentación tienen bases forrajeras con pastoreos de alfalfa y praderas implantadas de leguminosas y gramíneas, algunos administran concentrados en invierno. Todos los animales están identificados con caravanas que siguen las normativas de trazabilidad nacional. Los cabritos son criados por la madre hasta los 8-12 kg de peso vivo, momento en el que son destetados y luego alimentados a concentrados, pasturas frescas y henolajes. El ordeño es casi siempre mecanizado sobre tarimas, efectuándose la higiene de ubre, el despunte y en algunos casos el sellado de pezón. Pocos tambos tienen tanque de leche refrigerado y en la mayoría de los predios se acostumbra a congelar la leche.

La reglamentación en Uruguay establece que las queserías artesanales tengan al menos dos ambientes independientes, siendo óptimo disponer de tres salas: elaboración, salmuera y maduración. Estas divisiones se basan en preceptos higiénicos, logísticos y tecnológicos, debiendo mantener espacios con diferentes temperaturas y humedades para llevar a cabo cada proceso. La sala de elaboración debe permitir un trabajo cómodo, disponiendo de tinajas de cuajado de preferencia en acero inoxidable, mesadas de moldeo y espacios para prensado cuando corresponda. La fuente de calor últimamente fue regulada, impidiendo el uso directo de leña en la sala. En los últimos años se impulsó la reconversión de los sistemas de generación de vapor a sistemas de agua caliente, debido a que se demostró que estos sistemas mejoran la seguridad y salud ocupacional, demandan menores consumos de energía y disminuyen los tiempos de operación y horas trabajadas (LATU, 2017).

Dentro de los espacios previamente señalizados es importante disponer de un área básica de laboratorio para medir acidez y cualquier otra prueba de calidad a la leche o durante la elaboración. Es relevante contar con un sitio con pileta y canilla para el lavado y sanitización de los utensilios. La sala de salmuera contará con depósitos para la misma y espacios para efectuar la carga y descarga del líquido preparado, así como el tratamiento de rejuvenecimiento o cambios de las salmueras. La sala de maduración debe contar con estanterías desarmables que puedan ser limpiadas cada vez que se requiera.

En términos generales, para todos los ambientes se requieren pisos que faciliten la limpieza con pendientes de al menos 1.5% para facilitar el escurrido de las aguas de lavado, residuos y escurrimientos de sueros con sus finos. Las paredes deberán ser de mampostería lisa lavable, con altura de al menos 1.80 m y con ángulos sanitarios. Los techos impermeables y la luminaria estanca que cumpla con los requisitos de la industria alimentaria de protección sanitaria. Las aberturas deberán disponer de mosquiteros y en las puertas bandejas sanitarias para limpiarse el calzado.

En resumen, los principios básicos que se deben seguir en una quesería artesanal son condiciones de higiene óptima (piso, paredes lavables, desagües, techo adecuado, entre otros), ventanas y puertas con mosquiteros y fuente de calor que no sea a fuego directo de leña.

Figura 2  
Rodeo caprino



Foto: María Luisa Gómez.

## Características de la leche caprina

La leche de cabra se define como el producto originado del ordeño completo, ininterrumpido, en condiciones de higiene, de cabras saludables, bien alimentadas y descansadas. Es un alimento que se destaca por su alto valor nutritivo, dado que presenta los elementos necesarios para la nutrición humana. La leche caprina presenta algunas diferencias en sus componentes con respecto a la bovina; posee glóbulos grasos más pequeños, mayor concentración de ácidos grasos de cadena media (AGCM) (Grille *et al.*, 2013a) y en relación con las proteínas, presenta menor concentración de  $\alpha$ S1 caseína. Estas características le otorgan mayor digestibilidad y capacidad buffer. A pesar de no tener diferencias en el contenido de aminoácidos con otras especies (bovinos, ovinos), el hecho de que la leche caprina tenga mayor velocidad de digestión facilita la absorción de los aminoácidos esenciales (Verruk *et al.*, 2019). Por otro lado, se demostró que la baja concentración de  $\alpha$ S1 caseína presente en esta especie sería la causa de mayor tolerancia (40 a 100%) en pacientes alérgicos a la leche bovina (Ballabio *et al.*, 2011).

La leche de cabra es superior a la de vaca en la mayoría de los ácidos grasos esenciales de cadena corta, media y larga, así como en las proporciones de ácidos poliin-



saturados y monoinsaturados (Clark y García, 2017). Los AGCM, a pesar de ser parte de la fracción de ácidos grasos saturados, no estarían asociados al riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares mientras que, por el contrario, presentan algunos beneficios para la salud humana. Se describió que los AGCM, al ser metabolizados pueden limitar y disolver los depósitos de colesterol sérico, vinculándose con disminución de enfermedades coronarias, fibrosis quística y cálculos biliares (Alferez *et al.*, 2001). Otra característica interesante es que estos ácidos grasos tienden a proporcionar energía en vez de contribuir a la formación de tejido adiposo. Por otro lado, algunos de ellos como el butírico (C4), capríco (C6) caprílico (C8) y cáprico (C10) les dan las características sensoriales particulares a los quesos de esta especie (Park *et al.*, 2017).

Con respecto a los carbohidratos, la leche de cabra contiene 0.2 a 0.5% menos lactosa que la leche de vaca. Una característica interesante es que reúne más oligosacáridos (de tres a nueve monosacáridos) de composición similar a los de la leche humana, que llegan al intestino grueso sin ser digeridos y pueden actuar como prebióticos, trayendo beneficios para la salud (Verruk *et al.*, 2019).

Por todo esto, la leche caprina al ser un alimento completo, muy digestible y contener compuestos “saludables” como oligosacáridos y péptidos bioactivos, es considerado un alimento recomendado para niños, adultos mayores, madres que amamantan, personas con desordenes gástricos o intolerancia a la leche de vaca (Hodgkinson *et al.*, 2018; Pulina *et al.*, 2018). En países con limitado acceso a la leche bovina y de bajos recursos, es utilizada para cubrir deficiencias nutricionales (continente asiático). Además, por sus características organolépticas particulares, está presente en países desarrollados, con importante presencia en productos industrializados (FAOSTAT, 2018; Pulina *et al.*, 2018).

## Conservación de la leche caprina mediante la congelación

La congelación sigue siendo uno de los tratamientos más utilizados, simples y efectivos para la conservación de alimentos por largos períodos, aún ante la emergencia de nuevas tecnologías. Al ser utilizada como método de conservación, extiende la vida útil en alimentos altamente perecederos como la leche y algunos productos lácteos. Generalmente, durante la elaboración de quesos, es aplicable en tres etapas: congelación de la leche, la cuajada o el queso en las primeras etapas de maduración (Nuñez, 2016) y adicionalmente puede congelarse y almacenarse luego de madurado.

A nivel predial la congelación de la leche caprina es una herramienta comúnmente utilizada para mantener productos durante todo el año. Además, es necesario para el pequeño productor contar con una metodología de conservación que le permita acopiar leche, debido al pequeño número de animales y bajos volúmenes de producción.

La leche congelada se usa comúnmente para superar estas limitaciones, permitiendo el almacenamiento durante días, hasta alcanzar un volumen compatible con la producción, o meses, con el objetivo de resolver el problema de la estacionalidad o corta lactancia (Sepe y Argüello, 2019; Tribst *et al.*, 2019). Tan extendido es el uso de la congelación de la leche caprina que hay países como Brasil y Uruguay, que la incluyen en su legislación como método de conservación, describiendo metodología o exigencias para su correcta utilización (Normativa 37, 2000; Decreto 65/003, 2011).



Sin embargo, la congelación de la leche presenta algunas desventajas relacionadas a alteraciones en la calidad, propiedades fisicoquímicas, de composición y sensoriales. Si bien la congelación rápida y la descongelación lenta son ventajosas, los cambios que se producen durante el ciclo de congelación-descongelación pueden conducir a la desestabilización de proteínas y grasas. Los efectos negativos más frecuentes son: floculación de las proteínas, alteraciones en el sistema coloidal e inestabilidad fisicoquímica, lo que lleva a una separación de grasa y coagulación proteica, e incluso en algunos casos aumentan los ácidos grasos libres con la consecuente elevación de los valores de acidez de la leche (Guimarães, 1993). Los cristales de hielo formados durante la congelación (especialmente a velocidades de congelación lentas) atrapan los glóbulos grasos, causando daños irreversibles en su estructura, con la consiguiente desestabilización de la emulsión y la coalescencia de los glóbulos después de la descongelación (Zhang *et al.*, 2006).

El equilibrio mineral también puede verse afectado por la congelación, cambiando la concentración de calcio soluble debido a la formación de una solución saturada de calcio durante la cristalización del agua (Kljajevic *et al.*, 2016). La aparición de defectos del sabor, en particular, el sabor oxidado, se ve favorecido por los daños en la membrana del glóbulo de la grasa de la leche causados por los cristales de hielo. Este proceso de oxidación de los lípidos afecta la calidad de los productos con disminución de la vida útil, lo que repercute negativamente en el rendimiento y la calidad de los productos lácteos como queso y yogur (Wendorff, 2001).

Los estudios realizados sobre la congelación de leche de cabra y su efecto sobre la calidad son poco concluyentes. Benedet y Carvalho (1996), expresan que este procesamiento no provoca grandes modificaciones en el sabor ni en el olor de la leche, aunque puede ocurrir una floculación de las proteínas, perjudicando la apariencia y aceptación del producto (De Andrade *et al.*, 2008).

Por nuestra parte, un estudio realizado en Uruguay en un establecimiento caprino, donde se congeló leche de cabra durante seis meses, indicó que no se afectó la composición ni las características fisicoquímicas de la leche (Grille *et al.*, 2013 b). Sin embargo, estos estudios se centraron en aspectos de calidad de la leche fluida, sin evaluar el efecto producido por la congelación sobre las propiedades de coagulación de la leche, esenciales para elaborar subproductos como yogur y quesos (ver siguiente sección). En este sentido, Kljajevic *et al.* (2016) mostraron que las propiedades de coagulación de la leche caprina (tiempo de coagulación y firmeza de la cuajada) no se alteraron significativamente durante el almacenamiento congelado (60 días), sugiriendo que las propiedades de la leche caprina para la elaboración de queso tampoco se verían afectadas.

Por otra parte, la congelación también es utilizada para la conservación de la cuajada y del queso en las primeras etapas de maduración. En este sentido Núñez (2016) indica que, dados los cambios ocurridos en la leche durante la congelación, sería preferible la congelación de la cuajada, destacando además que el costo de congelar leche es varias veces superior al de congelar la cuajada obtenida. Este proceso fue utilizado con éxito durante décadas en países como Francia.

En cuanto a la congelación como método de conservación en quesos ya madurados, varios autores la describen como una práctica común a nivel industrial, utilizada desde hace algunos años (Andic *et al.*, 2011; Park y Young, 2013). En tal sentido, diversos

estudios hechos en quesos elaborados con leche de diferentes especies (bovina, ovina y caprina) reportaron diferencias en el efecto de la congelación de acuerdo con la especie estudiada o el tipo de queso elaborado. Por ejemplo, en quesos bovinos algunos autores indicaron efectos sobre la textura, sabor y proteólisis en diferentes niveles, que dependen del tipo de queso, duración y velocidad de congelado (Verdini y Rubiolo, 2002 a y b).

En relación a la congelación de quesos de cabra, la información sigue siendo escasa y aún se conoce poco sobre los efectos de dicha tecnología en la calidad de los quesos, sobre todo a largo plazo. La información recopilada en quesos de origen bovino no siempre es extrapolable a los de origen caprino, debido principalmente a las diferencias de composición (fracciones de la caseína) (Verruk *et al.*, 2019). Por ese motivo el estudio de la congelación y el almacenamiento a largo plazo de la leche, cuajada y quesos caprinos fueron objetivo de algunas investigaciones relacionadas principalmente a la calidad de los quesos luego del descongelado (Van Hekken *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2006). Estos autores describen que la congelación no afectaría la calidad fisicoquímica ni organoléptica de los mismos. En este sentido, tanto al evaluar las propiedades reológicas en quesos blandos como algunos ácidos grasos libres (relacionados a la calidad sensorial) en queso mozzarella, no se observaron efectos negativos luego de la congelación.

En referencia a la duración del almacenamiento en congelación de los quesos, es un tema de preocupación y el centro de algunos estudios. Así, se reportó que el almacenamiento de quesos de leche caprina congelados es factible por hasta seis meses sin deterioro de la calidad del producto (Van Hekken *et al.*, 2005). Adicionalmente, Park y Young (2013) no observaron ningún efecto negativo importante en la aceptación del consumidor al congelar queso Monterey Jack de leche de cabra a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante un periodo de cinco años. Por el contrario, Andic *et al.* (2011), informaron efectos negativos sobre la calidad organoléptica al congelar queso Motal (por ejemplo, aumento de ácidos grasos libres).

En resumen, la congelación es una metodología difundida a nivel de los productores lecheros de pequeños rumiantes, que atiende las problemáticas cotidianas de conservación. Por lo que es conveniente profundizar los estudios sobre el efecto de la congelación de leche, así como en cuajadas y quesos caprinos para cada caso en particular. Dado que según la mayoría de los estudios disponibles, podría ser una herramienta útil a ser aplicada en estos productos, con mínimos efectos sobre la calidad.

## Propiedades coagulativas en leche de cabra

Debido al crecimiento de la producción de leche y queso de cabra a nivel mundial, cualquier esfuerzo para promover la investigación científica en este campo resulta útil para mejorar la calidad de la leche y sus productos, así como los aspectos económicos vinculados a la industria lechera (Vacca *et al.*, 2018). Por ello, se reportó un aumento continuo de hallazgos científicos relacionados con los productos lácteos de esta especie, centrándose en el estudio de los polimorfismos de las proteínas y sus relaciones con la composición de la leche y las propiedades de coagulación (Vacca *et al.*, 2014).

En relación a esto y en el caso específico de los productores elaboradores de quesos, el conocimiento relacionado al proceso de coagulación de la leche es de gran relevancia por ser una de las etapas indispensable en su elaboración. Esta puede ser lograda enzimáticamente con la formación de un gel, como consecuencia de cambios fi-

sicoquímicos que tienen lugar en las micelas de caseína en combinación con un proceso de agregación de estas (Fox *et al.*, 2016).

Las propiedades de coagulación de la leche (PCL), son estudiadas con un especial interés en explotar su potencial tecnológico para mejorar la eficiencia en los productos lácteos industrializados (Jöudu *et al.*, 2008; De Marchi *et al.*, 2009). Se espera que la leche que coagula rápidamente y presente una alta firmeza en la cuajada resulte en un mayor rendimiento, con una composición más deseable y perdiendo menos componentes en el suero en comparación con la que coagula tardíamente o presenta baja firmeza de la cuajada (Wedholm *et al.*, 2006).

Tradicionalmente, tres rasgos o parámetros vinculados a la coagulación de la leche son estudiados: el tiempo de coagulación (RCT, min); la velocidad de endurecimiento del coágulo o cuajada (k20) y la firmeza de la cuajada a los 20 o 30 minutos luego de la adición de la enzima (a20-a30, mm) (Beux *et al.*, 2017). En este sentido, el análisis de la PCL, a través de estos parámetros y otros, predice la aptitud de la leche para la elaboración de queso (Bittante *et al.*, 2012). Una amplia gama de técnicas se utilizan para medir la PCL, basadas en principios de mecánica, vibración, ultrasonido, térmicos e instrumentos ópticos. Dentro de los más conocidos se encuentran el Formagraph y Optigraph (Leitner *et al.*, 2011). Optigraph es un sistema (hardware y software) que permite caracterizar la capacidad de la leche para coagular mediante la medición óptica en la región NIR (espectroscopia de infrarrojo cercano). Calcula en tiempo real todos los parámetros necesarios para el proceso del queso: tiempo de coagulación, firmeza de la cuajada, velocidad de agregación (Optigraph - Manual del Usuario - AMS France, 2008). Las PCL están influenciadas por factores genéticos como la especie y la raza (Vacca *et al.*, 2018).

La estimación de la PCL constituye una herramienta rápida, sencilla y económica que brinda información sobre la aptitud de la leche para la elaboración de quesos tanto en bovinos como caprinos (De Marchi *et al.*, 2009; Inglingstad *et al.*, 2014). En esta última especie adquiere aún más importancia, dado que la mayoría de la leche producida de esta especie puede destinarse a la elaboración de quesos como ocurre en Uruguay. Sin embargo, la literatura existente sobre la PCL de cabra se limita a un pequeño número de estudios dirigidos a una sola raza, mientras que las comparaciones entre varias razas son limitadas a un establecimiento, representadas por un pequeño número de cabras muestreadas o evaluadas en muestras de leche a granel (Thomann *et al.*, 2008; Leitner *et al.*, 2016).

En el caso de las granjas caprinas (en su mayoría caracterizadas por ser UPF de bajos recursos), contar con laboratorios cooperativos que trabajen en asociatividad con los productores para brindar asistencia permanente, es una forma de trabajo exitosa con el fin de abordar las problemáticas y colaborar en la solución de los principales problemas del sector, lo cual facilita los saltos tecnológicos para lograr la subsistencia y progreso de los mismos.

Para estimar las PCL se requieren equipos sencillos, de bajo mantenimiento y costo operativo, que ofrezca un servicio mediante un método que requiere mano de obra medianamente calificada, con bajo costo operante, sin más insumo que el cuajo utilizado en cada granja. Por tanto, incluir este ensayo en la rutina mensual de la analítica de calidad de leche, aportaría información útil a los queseros artesanales para estimar el potencial de su rodeo y maximizar así su producción, con mínimos costos adicionales. El hecho de dispo-

ner de la herramienta centralizada permite escalar los análisis y ofrecer junto al resultado composicional del control lechero otros parámetros específicos de tecnología quesera.

En Uruguay el estudio de las PCL de cabra es de gran interés en el sector productivo y la comunidad científica. En particular nuestro equipo de investigación realizó la puesta a punto del análisis de las PCL de cabra utilizando la técnica instrumental con Optigraph (Grille *et al.*, 2017). Mediante valoraciones previas y siguiendo los procedimientos desarrollados para leche bovina por Hirigoyen *et al.* (2015), el trabajo se realizó en un rodeo comercial de 30 cabras de las razas Saanen y Pardo Alpina. Muestras de leche individual representativas de todo el ordeño, fueron analizadas en cuanto a su composición y PCL, según los parámetros de RCT, a20 y a30.

Los resultados mostraron que la leche de los animales Saanen presentaron mayor tiempo de coagulación que los de la raza Pardo Alpina. Al analizar las correlaciones entre los parámetros de coagulación y de composición, se observó que cuanto más altos fueron los valores de materia grasa, menores tiempos de coagulación y que a mayor porcentaje de la fracción proteica (proteína total, verdadera y caseína) fueron mayores los parámetros de firmeza de la cuajada. Por último, se observó que a mayor RCS (recuento de células somáticas), mayores tiempos de coagulación fueron obtenidos. Por lo que se concluyó que las variables de capacidad coagulativa mostraron diferencias entre razas y presentaron correlación con las variables de composición, pH y RCS. Sería interesante profundizar los estudios sobre el efecto de la congelación en las PCL de la leche, utilizada como materia prima para la elaboración de quesos caprinos. Pues ambas tecnologías son de gran utilidad para mejorar algunas problemáticas específicas de los productores queseros artesanales caprinos de pequeña escala.

## Conclusiones

La congelación de la cuajada y quesos caprinos podría ser una herramienta que permitirá a los productores extender la vida útil de sus productos, y con ello mantener una oferta continua durante todo el año y mayores posibilidades de conseguir mercados más estables. Conocer las PCL resulta de gran utilidad para los pequeños productores que deseen mejorar el rendimiento y la calidad del producto elaborado, seleccionar individuos o direccionar la producción de la leche obtenida (leche fluida o quesos).

Este trabajo constituyó el primer acercamiento a la metodología por nuestro equipo, permitiendo conocer las propiedades de coagulación de la leche de esta especie en las condiciones de cría de Uruguay. El Optigraph resultó ser una herramienta rápida y sencilla para evaluar las PCL de cabra en este tipo de establecimientos. El equipo fue instalado y validado en un laboratorio de servicios con cercanía a los grupos de productores, a manera de incentivar su desarrollo.

## Referencias

- Alfárez, M.J.M.; Barrionuevo, M.; López-Aliaga, I.; Sanz-Sampelayo, M.R.; Lisbona, F.; Robles, J.C. y Campos, M.S. (2001). Digestive utilization of goat and cow milk fat in mal absorption syndrome. *J. Dairy Res.* 68(3): 451-461.
- AMS France (2008). Optigraph - Manual del Usuario, Frepillon. 30 p.
- Andic, S.; Tuncurk, Y. y Javidipour, I. (2011). Effects of frozen storage and vacuum packaging on free fatty acid and volatile composition of turkish motal cheese. *Food Sci. Technol. Int.* 17(4): 375-394.



- Ballabio, C.; Chessa, S.; Rignanese, D.; Gigliotti, C.; Pagnacco, G.; Terracciano, L.; Fiocchi, A.; Restan, P. y Caroli, A. M. (2011). Goat milk allergenicity as a function of  $\alpha$ s1-casein genetic polymorphism. *J. Dairy Sci.* 94(2): 998-1004.
- Benedet, H.D. y Carvalho, M.W. (1996). Caracterização do leite de cabra no estado de Santa Catarina, Brasil. *Ciencia Tecnol Alime.* 16(2): 116-119.
- Beux, S.; Pereira, E.A.; Cassandro, M.; Nogueira, A. y Waszczynskyj, N. (2017). Milk coagulation properties and methods of detection. *Cienc. Rural.* 47(10): 1-8.
- Bittante, G.; Penasa, M. y Cecchinato, A. (2012). Invited Review: Genetics and modeling of milk coagulation properties. *J. Dairy Sci.* 95(12): 6843-6870.
- Clark, S. y García, M.B.M. (2017). A 100-year review: Advances in goat milk research. *J Dairy Sci.* 100(12): 10026-10044.
- Correa, A. y Deza, C. (2009). Lechería Caprina. Análisis de Cadena de Valor: "Una Mirada integral de los factores que afectan al sector". SAGPyA- UNC. Mercolactea 2009. SanFrancisco, Córdoba. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_caprina/leche\\_caprina/12-lecheria.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/12-lecheria.pdf) (Consultado 18 diciembre 2019).
- De Andrade, P.V.D.; De Souza, M.R.; Penna, C.F.A.D.M. y Ferreira, J.M. (2008). Características microbiológicas e físico- químicas do leite de cabra submetido à pasteurização lenta pós-envase e ao congelamento. *Cienc Rural.* 38(5): 1-7.
- Decreto 65/003. Habilitación de Queserías Artesanales. (2011). [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/4i\\_manualhabilitaci25c325b3nyrefrendaci25c325b3ntambosyqueser25c325adasartesanales.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/4i_manualhabilitaci25c325b3nyrefrendaci25c325b3ntambosyqueser25c325adasartesanales.pdf) (Consultado 12 diciembre 2019)
- De Marchi, M.; Fagan, C.C.; O'Donnell, C.P.; Cecchinato, A.; Dal Zotto, R.; Cassandro, M; Penasa, M. y Bittante, G. (2009). Prediction of coagulation properties, titratable acidity, and pH of bovine milk using mid-infrared spectroscopy. *J. Dairy Sci.* 92(1): 423-432.
- FAOSTAT. (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations database. <http://faostat3.fao.org/home/E>. (Consultado 18 diciembre 2019).
- Fox, P.F.; Guinee, T.P. Cogan, T.M. y McSweeney, P.L.H. (2016). Fundamentals of cheese science. Ed. Springer. Second Edition. USA. 771 p.
- Ganzábal, A.; Ruggia, A. y de Miquelerena, J.M (2003). Cría de cabras en Uruguay. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9932/1/Ganzabal-A.-2003.-Cria-de-cabras.pdf>. (Consultado 28 noviembre 2019).
- Ghibaudo, M.; Simonetti, L.; Ponce, V.; De Lima A.; Feoli, E.; Flor, S. y López, C. (2018). Introducción a la lechería caprina. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.* 5(4):50-60.
- Guimarães, M. (1993). Avaliação da estabilidade físico-química de leite caprino congelado durante a estocagem comercial. MSc (Vet) thesis, Federal University of Minas Gerais, Brazil.
- Grille, L.D.; Carro, S.B.; Escobar, D.V.; Bentancor, L.; Borges, A.; Cruz, D. y González, S. (2013a). Evaluación de la calidad higiénico sanitaria y de composición de leche de cabra en un rebaño de la raza Saanen. *Innotec.* 8: 52-59.
- Grille, L.; Carro, S.; Escobar, D.; Fros, C.; Cousillas, G.; Lazzarini, F.; Borges A. y González, S. (2013b). Efecto de la congelación de leche caprina sobre la estabilidad oxidativa, calidad higiénico sanitaria y de composición en un rebaño de la raza Saanen. *Innotec.* 8: 60-66.
- Grille, L.; Varela, C.; Varela, F. y Hirigoyen, D. (2017). Capacidad coagulativa de la leche de cabra: diferencias entre razas y numero de lactancias. Jornadas Uruguayas Buiatría XLV, Paysandú, Uruguay. Pp:197-200.
- Hirigoyen, D. (2021). Registros existentes el laboratorio COLAVECO. Análítica de leche individual y colectiva realizada durante 5 años (1999-2004), en apoyo a REDCAPRA dando un respaldo técnico a dicho sector durante la primera fase de su desarrollo en Uruguay (datos s/publicar).
- Hirigoyen, D.; De los Santos R.; Rodríguez, G.; Espino, F.; Barca, J. y Constantin, M. (2015). Valoración de las propiedades coagulativas de la leche de vaca, mediante Optigraph. Jornadas Uruguayas Buiatría XLIII, Paysandú, Uruguay. Pp: 262-265
- Hodgkinson, A.J.; Wallace, O.A.M.; Boggs, I.; Broadhurst, M. y Prosser, C.G. (2018). Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child in vitro digestion conditions. *Food Chem.* 245: 275-281
- Inglingstad, R.A.; Steinshamn, H.; Dagnachew, B.S.; Valenti, B.; Criscione, A.; Rukke, E.O.; Devold, S.B.; Skeie, G.E. y Vegarud, G.E. (2014). Grazing season and forage type influence goat milk composition and rennet coagulation properties. *J Dairy Sci.* 97(6): 3800-3814.
- Jõudu, I.; Henno, M.; Kaart, T.; Püssa, T. y Kärt, O. (2008). The effect of milk protein contents on the rennet coagulation properties of milk from individual dairy cows. *Int Dairy J.* 18(9): 964-967.
- Kljajevic, N.V.; Jovanovic, S.T.; Miloradovic, Z.N.; Macej, O.D.; Vucic, T.R. y Zdravkovic, I.R. (2016). Influence of the frozen storage period on the coagulation properties of caprine milk. *Int Dairy J.* 58: 36-38.



- LATU (Laboratorio Tecnológico del Uruguay). (2017). Desarrollo de la quesería artesanal en Uruguay Proyecto de reconversión de los generadores de vapor irregulares a calderas de agua caliente. [https://catalogo.latu.org.uy/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=2356](https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2356) (Consultado 2 diciembre 2019).
- Leitner, G.; Lavon, Y.; Matzrafi, Z.; Benun, O.; Bezman, D. y Merin, U. (2016). Somatic cell counts, chemical composition and coagulation properties of goat and sheep bulk tank milk. *Int Dairy J.* 58: 9-13.
- Leitner, G.; Merin, U. y Silanikove, N. (2011). Effects of glandular bacterial infection and stage of lactation on milk clotting parameters: Comparison among cows, goats and sheep. *Int Dairy J.* 21(4): 279-285.
- MINAGRI. Ministerio Agricultura (2015). Distribución de existencias caprinas por categoría - Marzo 2015. <http://www.senasa.gob.ar/cadena-animal/caprinos/informacion/informes-y-estadisticas> (Consultado 12 diciembre 2019).
- Núñez, M. (2016). Existing Technologies in Non-cow Milk Processing and Traditional Non-cow Milk Products. In: *Non-Bovine Milk and Milk Products*. Editores Tsakalidou, E y Papadimitriou, K. Ed. Elsevier. London, UK. Pp: 161-165.
- Normativa 37/2000. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite de Cabra. (2000). Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, Brasil: 10pp. <https://sidago.agrodefesa.gov.br/site/adicionaispropios/protocolo/arquivos/408781.pdf> (Consultado 12 diciembre 2019).
- Park, Y.; Gerard, P.D. y Drake, M.A. (2006). Impact of frozen storage on flavor of caprine milk cheeses. *J Sens Stud.* 21(6): 654-663.
- Park, Y. y Young, W. (2013). Effect of 5 years long-term frozen storage on sensory quality of Monterey Jack caprine milk cheese. *Small Ruminant Res.* 109(2-3): 136-140.
- Park, Y.W.; Jeanjulien, C. y Siddique, A. (2017). Factors affecting sensory quality of goat milk cheeses: A Review. *J Adv Dairy Res.* 5(185):1-9.
- Pulina, G.; Milán, M. J.; Lavín, M.P.; Theodoridis, A.; Morin, E.; Capote, J.; Thomas, A.H.D.; Francesconi, G. y Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *J Dairy Sci.* 101(8): 6715-6729.
- Sepe, L. y Argüello, A. (2019). Recent advances in dairy goat products. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 32(8): 1306-1320.
- SNIG. Sistema Nacional de Información Ganadera. (2019). Datos Preliminares basados en la Declaración Jurada de Existencias DICOSE. <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/indicadores-basados-en-la-declaracion-jurada-> (Consultado 2 diciembre 2019).
- Thomann, S.; Brechenmacher, A. y Hinrichs, J. (2008). Strategy to evaluate cheesemaking properties of milk from different goat breeds. *Small Ruminant Res.* 74(1-3): 172-178.
- Tribst, A.A.L.; Falcade, L.T.P.; Ribeiro, L.R.; Leite Júnior, B.R. de C. y Oliveira, M.M. (2019). Impact of extended refrigerated storage and freezing/thawing storage combination on physicochemical and microstructural characteristics of raw whole and skimmed sheep milk. *Int Dairy J.* 94: 29-37.
- Vacca, G. M.; Dettori M. L.; Piras G.; Manca F.; Paschino P. y Pazzola M. (2014). Goat casein genotypes are associated with milk production traits in the Sarda breed. *Anim. Genet.* 45: 723-731.
- Vacca, G.M.; Stocco, G.; Dettori, M.L.; Pira, E.; Bittante, G. y Pazzola, M. (2018). Milk yield, quality, and coagulation properties of 6 breeds of goats: Environmental and individual variability. *J Dairy Sci.* 101(8): 7236-7247.
- Van Hekken D.L.; Tunick, M.H. y Park, Y.W. (2005). Effect of frozen storage on the proteolytic and rheological properties of soft caprine milk cheese. *J Dairy Sci.* 88(6): 1966-1972.
- Verdini, R.A. y Rubiolo, A.C. (2002a). Effect of frozen storage time on the proteolysis of soft cheeses studied by principal component analysis of proteolytic profiles. *J Food Sci.* 67(3): 963-967.
- Verdini, R.A. y Rubiolo, A.C. (2002b). Texture changes during the ripening of Port Salut Argentino cheese in 2 sampling zones. *J Food Sci.* 67(5): 1808-1813.
- Verruck, S.; Dantas, A. y Prudencio, E.S. (2019). Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *J Funct Foods.* 52: 243-257.
- Wedholm, A.; Larsen, L. B.; Lindmark-Månsson, H.; Karlsson, A. H. y Andrén, A. (2006). Effect of protein composition on the cheese-making properties of milk from individual dairy cows. *J Dairy Sci.* 89(9): 3296-3305.
- Wendorff, W. L. (2001). Freezing qualities of raw ovine milk for further processing. *J Dairy Sci.* 84: E74-E78.
- Zhang, R.H.; Mustafa, A.F.; Ng-Kwai-Hang, K.F. y Zhao, X. (2006). Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. *Small Ruminant Res.* 64(3): 203-210.

# Estrategias nutricionales para intensificar la producción ovina en predios familiares

María Helena Guerra Bernadá<sup>1\*</sup>

## Introducción

La producción ovina es un rubro en el que se obtienen productos como carne, lana y leche, se adapta bien a sistemas familiares de pequeña escala. Se entiende como productor/a familiar a toda persona física que cumple con las condiciones de mano de obra principalmente familiar, residir en la explotación o máximo 50 km de distancia y obtener su principal ingreso de la actividad y/o cumplir la jornada laboral en la explotación (Sganga *et al.*, 2014). Para mejorar la competitividad del rubro en sistemas familiares, la incorporación de tecnologías de bajo costo y de fácil aplicación es primordial. Si bien la elección de una raza o biotipo juega un papel importante, un adecuado manejo nutricional permite expresar ese potencial genético, optimizando la producción.

La suplementación estratégica en momentos claves como pre-servicio, el peri-parto, en la recría y engorde de corderos, demostró ser una buena estrategia nutricional para mejorar el desempeño productivo, optimizando el beneficio económico de los sistemas de producción ovina. Sin embargo, esta tecnología no es adoptada en forma satisfactoria por los productores. Esto estaría determinado principalmente por la dificultad operativa de implementar la suplementación diaria de alimentos, debido a la diversidad de tareas a realizar en los predios familiares, que dificultan la adopción de una actividad extra. Tecnologías de fácil aplicación como alimentación diferencial del cordero lactante Creep Feeding y Creep Grazing, utilización de comederos de libre acceso (auto-alimentación) permiten incrementar la productividad de los animales favoreciendo recrias más eficientes e ingreso más rápido a la etapa reproductiva o faena. Estas alternativas además permiten mejorar la calidad y reducir horas de trabajo familiar. En este capítulo haremos referencia a estas tecnologías en el suministro de alimento.

## Suplementación de ovinos

### *Importancia de la suplementación en la majada*

El objetivo de la suplementación es evitar pérdida de peso durante el periodo invernal, por tanto, disminuir la tasa de mortalidad (Villa, 2010), como pérdidas embrionarias en ovejas gestantes, disminución de la calidad y cantidad de carne. En cambio, en sistemas intensivos como el engorde de corderos en un sistema de producción de carne, el objetivo es

<sup>1</sup> Departamento de Producción Animal y Pasturas. Estación Experimental de la Facultad de Agronomía (EEFASS) - Salto (Uruguay).

\* Autor de correspondencia: mhguerra@unorte.edu.uy

aumentar las ganancias de peso, así como la terminación para la faena, ejemplo producción de cordero pesado (cordero diente de leche (dL), 35-40 kg PV).

Por lo tanto, cada etapa fisiológica existe una demanda de nutrientes a ser cubierta, esto determinará la expresión del potencial productivo del animal y por ende del sistema como un todo.

La suplementación puede ser estratégica, momentos críticos fisiológicos; coyunturales de baja disponibilidad de forraje por ambiente adverso; o estructurales donde la suplementación forma parte de la dinámica diaria productiva.

Estas propuestas tecnológicas fueron uno de los pilares fundamentales en la intensificación de estos sistemas por ser biotipos prolíficos, de mejor habilidad materna, mejora en la cantidad y calidad de la pastura ofertada y la incorporación de la suplementación. Todo esto con el objetivo de una mayor eficiencia reproductiva de la oveja, así como del crecimiento de los corderos para aumentar la producción por unidad de área.

### *Suplementación en pastoreo*

La suplementación en condiciones de pastoreo permite dimensionar de forma diferente la utilización de los recursos forrajeros máxime cuando estos son escasos, área limitada o de baja calidad. La implementación del suministro de alimento se hace pesada en predios familiares por la dinámica del suministro diario, así como de los costos en tiempo mano de obra, además del alimento. Sin embargo, existen tecnologías de manejo que permiten optimizar el recurso humano y el suministro de la alimentación, así como la posibilidad de usar alimentos como granos y subproductos de la zona de influencia permite abaratar costos.

### *Formas de suministro del alimento*

La suplementación puede diferir en la frecuencia de suministro. Se destacan la suplementación diaria en cantidad fija (Blasina *et al.*, 2010), suplementación infrecuente que consiste en proveer igual cantidad total en una base semanal, pero con diferentes intervalos entre días de suministro (cada 48 o 72 horas), aportar lunes a viernes sin suministro sábado y domingos (Lagomarsino *et al.*, 2014, Luzardo *et al.*, 2014); suplementación con sistema de autoalimentación restringido, recargas a fecha fija con cantidad de suplemento objetivo (Rovira y Velazco 2012a,b,c,d), y suplementación con sistema de autoalimentación *ad libitum*, con o sin limitador de consumo (Henderson *et al.*, 2015).

### *Suplementación en comederos de auto-alimentación*

Existen diferentes métodos para limitar el consumo de suplemento en sistemas de autoalimentación, donde la cantidad de suplemento disponible para el animal es elevada. Estos métodos pueden ser mecánicos (forma y funcionamiento del comedero), físicos (inclusión de fibra larga en el suplemento) y químicos (agregado de compuestos químicos en el suplemento, como el cloruro de sodio NaCl) (Henderson *et al.*, 2015). En ovinos en la última década en Uruguay se comenzó a incorporar esta metodología de suplementación.

### *Utilización del cloruro de sodio*

Debido a la existencia de limitantes metabólicas para la cantidad de sal que el rumiante puede comer, el cloruro de sodio (NaCl) puede usarse como limitante del consumo de alimentos altamente palatables (Rich *et al.*, 1976).

Thomas *et al.* (2007) determinaron que por encima de 10% de NaCl en la dieta habría un descenso marcado y progresivo del consumo de materia seca equivalente a un umbral de consumo de sal de 120 a 200 g/a/día para corderos. Asimismo, Villa *et al.* (2007) en corderas de 30 kg de peso vivo, suplementadas con grano de cebada con 0, 10, 20 y 30% de sal, registraron un consumo de suplemento decreciente, ingiriendo 414, 384, 279 y 170 g/a/día confirmando la eficiencia de la sal como limitador de consumo.

Entre 150 y 200 g/animal/día estarían en el límite de la capacidad para procesar y eliminar la sal del organismo (Masters, 2007). Dentro de estos límites, ovejas preñadas con una mezcla de 25% NaCl y 75% de harina de semilla de girasol, consumieron entre 38 y 105g NaCl/a/día y no registraron efectos negativos (Weir y Miller, 1953). También en corderos, Meyer *et al.* (1955) reportaron un descenso en el consumo al incrementar la sal en la ración de 0.7 a 12.8% (1.53 y 1.40 kg/a/día, respectivamente).

Existe una variación individual entre animales a la tolerancia al consumo de altos niveles de sal (Rovira y Velazco, 2012a), siendo los ovinos más adaptables a los excesos que los bovinos.; existen trabajos que reportan consumo de suplementos con aportes de sal desde 10% a 30% en dónde los ovinos no presentan síntomas de toxicidad, sin regular el consumo. Así que es conveniente observar el comportamiento ingestivo de los animales para evitar posibles intoxicaciones. Es muy importante para que este sistema funcione, que los animales tengan agua de bebida disponible de calidad, y sombra a una distancia prudente para minimizar la permanencia de los animales cerca del comedero, evitando problemas de acumulación de heces y orina que contaminan los suelos.

### ***Restricción del consumo limitación del acceso al suplemento***

La base fundamental en este sentido es que los animales tengan cierta dificultad al acceso del suplemento. En este caso esa inestabilidad y riesgo de toxicidad por exceso de cloruro de sodio no sería problemático. En la figura 1 se observa un modelo de comedero, donde la regulación se realiza con la mayor o menor abertura vertical y horizontal, regulando la salida del alimento, por ende, restringiendo la accesibilidad por parte del animal.

Figura 1

Comederos de auto alimentación con restricción al acceso de alimento con abertura horizontal y vertical, comederos Modelo CTM, Trinidad, E.



Estación Experimental Facultad de Agronomía - Universidad de la República, Salto, Uruguay.  
Fotos: María Elena Guerra.



En un ensayo realizado en la EEFAS (Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto, Salto-Uruguay) durante el año 2015, con recría de corderos Merino Australiano, comparando la restricción del consumo con cloruro de sodio y restricción por estructura de comedero, este último permitió regular el consumo próximo a los esperado (1% del PV) (cuadro1); el consumo diario del suplemento con sal fue un 0.4% del PV inferior al esperado, mientras que el consumo restringiendo el acceso fue 0.83% del PV. Las ganancias medias diarias no difirieron estadísticamente ( $p>0.05$ ), aunque las diferencias fueron agrónomicamente importantes, registrándose en el tratamiento con restricción en el acceso ganancias de 62.0 g/a/día, mientras que en los animales con suplementación con sal como el testigo sólo a pasturas las ganancias fueron de 45.4 y 43.6 g/a/día respectivamente. Es de destacar que la regulación con restricción de acceso al alimento permitió una estabilidad en el consumo diario, recargándose los comederos cada seis días (objetivo cada siete días), sin embargo, cuando la restricción fue el cloruro de sodio, el tiempo de recarga de los comederos variaba entre tres a cuatro días (Alvez y Machado, 2017).

Cuadro 1  
Consumo promedio (g/a/d) durante período de evaluación (28 enero-14 abril)

Consumo	<sup>1</sup> Real	<sup>2</sup> Esperado
Suplementación con Sal	0.113	0.266
Suplementación sin Sal	0.234	0.255

<sup>1</sup> Consumo Real: cantidad de suplemento ofrecido - cantidad de alimento rechazado.

<sup>2</sup> Consumo Esperado: cantidad ofrecida, calculado como el 1% del PV.

Elaborado por la autora.

### *Alimentación preferencial del cordero (creep feeding/creep grazing)*

La alimentación preferencial del cordero lactante, conocida como Creep Feeding (CF) (figura 2), permite que el cordero que se encuentra al pie de su madre pueda acceder libremente a un concentrado o creep grazing (CG) (figura 3), pastura de mayor valor nutritivo que el que consume su madre. El concentrado se suministra en lugares donde los corderos tienen fácil acceso, pero éste queda fuera del alcance de las ovejas. Para ello se utiliza una portera especial (puerta o creep), que permite que los corderos puedan pasar hacia el alimento de mejor calidad cuantas veces quieran e impide el paso a las ovejas, que quedan pastoreando en el potrero (Banchemo *et al.*, 2006). Bianchi y Fierro (2014), en trabajos realizados con la modalidad de creep-feeding, sobre campo natural suplementando con maíz o sorgo a partir de los 60 días de edad con un peso vivo inicial de 20 kg y durante 92 días. Obtuvo ganancias diarias de  $158 \pm 93$  g/d en corderos nacidos únicos y  $122 \pm 48$  g/d en corderos nacidos mellizos, mientras que corderos sin acceso a suplemento obtuvieron una ganancia de  $119 \pm 43$  g/d y  $82.6 \pm 50$  g/d, respectivamente. El consumo de alimentos sólidos durante la etapa lactal, permite un desarrollo precoz del rumen, mejor aprovechamiento de los nutrientes Dee y Magee (2018), lo que permite mayores ganancias diarias, pudiéndose realizar destetes más tempranos.



Figura 2  
Modelo CMT con corral anexo para *Creepfeeding*



Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto, Universidad de la República, Uruguay.  
Foto: Anthony Burton.

Figura 3  
Modelo de *Creep grazing* Unidad de Ovinos de INIA La Estanzuela



Banchero *et al.*, 2006.

## Conclusiones

Las técnicas de suplementación presentadas en este trabajo, son adaptables a las diferentes situaciones productivas desde sistemas familiares, de poca escala a sistemas extensivos y permiten mejorar la eficiencia productiva, económica y la competitividad del rubro.

Tanto los comederos de auto-alimentación como las estructuras, pueden construirse dentro de las comunidades para abaratar los costos y adaptarlos al número de animales que se suplementarán.

## Referencias

- Álvez, A. y Machado, F. (2017). Autoalimentación para la suplementación en la recría estival de corderos destetados en pasturas naturales sobre basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
- Banchero, G. Montossi, F. y Ganzabal, A. (2006). Alimentación estratégica de corderos: La experiencia del INIA en la aplicación de las técnicas de alimentación preferencial de corderos en el Uruguay. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria, INIA Serie Técnica 156. 30 p.
- Bianchi, G y Fierro, S.A. (2014). Calendario práctico de producción ovina. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 208 p.
- Blasina, M.; Piñeyrúa, A. y Renau, M. (2010). Evaluación del sistema de autoconsumo para la suplementación invernal de terneras sobre pasturas naturales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 104 p.
- Dee Fails, A. y Magee, A. (2018). .Anatomy and Physiology of Farm Animals. Eighth Edition. Wiley Blackwell. 593 p.
- Guoyao, W. (2017). Principles of Animal Nutrition. CRC Press Taylor and Francis Grup. 801p.
- Henderson, A.; Iribarne, I.y Silveira. M.B. (2015). Evaluación del sistema de autoconsumo para la suplementación de terneros de destete precoz pastoreando praderas durante el verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
- Lagomarsino, X.; Soares De Lima, J. y Montossi, F. (2014). Uso eficiente de la mano de obra; suplementación invernal infrecuente de terneros sobre praderas. *Revista INIA*. 37: 25-31.
- Luzardo, S.; Cuadro, R.; Lagomarsino, X.; Montossi, F.; Brito, G. y La Manna, A. (2014). Tecnologías para la intensificación de la recría bovina en el Basalto. Suplementación infrecuente sobre campo natural y pasturas mejoradas en Basalto. In: Berretta, E. J.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 217. Pp. 71-91.
- Masters, D. (2007). Salty diets. (en línea). s.l., CRC Salinity Factsheet. 2 p. Disponible en [http://www.saltlandgenie.org.au/\\_literature\\_23892/PP\\_-\\_Salty\\_Diets\\_-\\_How\\_much\\_salt\\_can\\_sheep\\_eat](http://www.saltlandgenie.org.au/_literature_23892/PP_-_Salty_Diets_-_How_much_salt_can_sheep_eat) (Consultado 14 agosto 2017)
- Meyer, J.H.; Weir, W.C.; Ittner, N.R. y Smith, J.D. (1955). The influence of high sodium chloride intakes by fattening sheep and cattle. *Journal of Animal Science*. 14: 412-418.
- Rovira, P. y Velazco, J. (2012a). Análisis integrado de los experimentos. In: Rovira, P. J.; Velazco, J. L. eds. Suplementación de bovinos en pastoreo, autoconsumo. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 199. Pp. 57-62.
- Rovira, P. y Velazco, J. (2012b). Antecedentes. In: Rovira, P. J.; Velazco, J. L. eds. Suplementación de bovinos en pastoreo; autoconsumo. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 199. Pp. 4-11.
- Rovira, P. y Velazco, J. (2012c). Comparación de la suplementación diaria o en autoconsumo en el desempeño productivo de novillos sobre praderas. In: Rovira, P. J.; Velazco, J. L. eds. Suplementación de bovinos en pastoreo; autoconsumo. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 199. Pp. 33-42.
- Rovira, P. y Velazco, J. (2012d). Efecto del método de entrega de la ración en el desempeño productivo de novillos sobre praderas. In: Rovira, P. J.; Velazco, J. L. eds. Suplementación de bovinos en pastoreo; autoconsumo. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 199. Pp. 51-56.
- Sganga, F.; Cabrera, C.; Gonzalez, M. y Rodríguez, S. (2014). Producción Familiar Agropecuaria uruguaya y sus Productores Familiares a partir de los datos del Censo General Agropecuario y el Registro de

- Productores Familiares. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/portal/afiledownload.aspx?2,10,821,O,S,0,10981%3BS%3B1%3B76> (Consultado 18 febrero 2020).
- Thomas, D.; Blache, D.; Revel, D.; Norman, H.; Vercoe, P.; Durmic, Z.; Digby, S.; Mayberry, D.; Chadwick, M.; Sillence, M. y Masters, D. (2007). The impact of high dietary salt and its implications for the management of livestock grazing saline land. (en línea). In: Agribusiness Livestock Updates (2007, Perth). Proceedings. Canberra, CSIRO. s.p. Consultado 16 set. 2016. Disponible en [https://www.academia.edu/22074596/The\\_impact\\_of\\_high\\_dietary\\_salt\\_and\\_its\\_implications\\_for\\_the\\_management\\_of\\_livestock\\_grazing\\_saline\\_land](https://www.academia.edu/22074596/The_impact_of_high_dietary_salt_and_its_implications_for_the_management_of_livestock_grazing_saline_land)
- Villa, M. (2010). Suplementación de ovinos. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_ganaderia35\\_suplementacion\\_ovina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia35_suplementacion_ovina.pdf)
- Villa, M.; Buratovich, O. y Ceballos, D. (2007). Uso de sal común (NaCl) como limitador del consumo de suplemento invernal en corderas. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27(1): 76-78.
- Weir, W.C. y Miller, R.F.Jr. (1953). The use of salt as a regulator of protein supplement intake by breeding ewes. *Journal of Animal Science*. 12: 219-225.



# Cactus forrajero (*Opuntia spp.* y *Nopalea spp.*): base de la alimentación de rumiantes en el semiárido

Marcelo de Andrade Ferreira<sup>1\*</sup>

Juana Catarina Cariri Chagas<sup>2</sup>

Gláucia Sabrine de Oliveira Moraes<sup>3</sup>

Carolina Corrêa de Figueiredo Monteiro<sup>4</sup>

Luciano Patto Novaes<sup>5</sup>

Robert Emilio Mora-Luna<sup>6</sup>

## Introducción

El semiárido del noreste brasileño tiene como principal característica frecuentes períodos de sequía, que pueden ser caracterizados tanto por la ausencia, escasas, poca frecuencia y limitada cantidad de lluvias, como por la simple distribución poco favorable de las precipitaciones durante el periodo lluvioso. No es rara la sucesión de años de sequía. El semiárido representa 53.10% del territorio del Noreste, lo que corresponde a 882 081 km<sup>2</sup>. La precipitación media anual varía de 500 a 1 000 mm, con grandes extensiones por debajo de 700 mm. Las características del medio ambiente condicionan fuertemente a la sociedad regional a sobrevivir principalmente de actividades económicas asociadas a la agricultura y ganadería.

Es justamente de la conjugación del medio ambiente adverso con la actividad económica, casi dependiente de la naturaleza, que emerge la extrema vulnerabilidad de este sistema productivo, sujeto a virtuales colapsos ante condiciones climáticas desfavorables para la producción. Esta situación es agravada por la baja aplicación de tecnología, asistencia técnica, crédito agropecuario y las características edafoclimáticas del semiárido (Martins *et al.*, 2009). De ahí, en parte, deriva la fragilidad de la economía regional.

La población del semiárido aún es predominantemente rural, con gran número de pequeños establecimientos o unidades de producción familiar, donde sobresale la explotación pecuaria (ovinos, bovinos y caprinos); en función de su menor vulnerabilidad a la sequía, respecto a las explotaciones agrícolas, constituyen unos de los principales factores de fijación del hombre a la tierra, así como de generación de empleo y renta.

1 Departamento de Zootecnia. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Recife, Brasil.

2 Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden.

3 Programa de Doutorado em Zootecnia – UFRPE. Recife, Brasil.

4 Departamento de Zootecnia. Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). Santana do Ipanema, Brasil.

5 Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Río Grande do Norte (UFRN). Natal, Brasil.

6 Decanato de Investigación. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal, Venezuela.

\* Autor de correspondencia: marcelo.aferreira@ufrpe.br



Las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida dificultan la producción de forraje en cantidad, limitando el área de los establecimientos rurales y el desempeño productivo de los rebaños. Algunas especies se destacan por la capacidad de producción y adaptación a las condiciones de estrés hídrico, además de sus cualidades nutritivas, como por ejemplo el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*), sorgo (*Sorghum bicolor* (L). Moench) y algunas especies nativas como *Manihot glaziovii* (*maniçoba*). Sin embargo, cuando se considera el ciclo fenológico de estas especies nativas, presentan severa estacionalidad productiva en los periodos de sequía, debido a la ausencia principalmente de agua y nutrientes. Adicionalmente, no son cultivadas racionalmente y son poco utilizadas.

Las variedades de buffel más recomendadas son: Americano, Biloela, Gayndah y Aridus. Su establecimiento normalmente es realizado por semilla sexual (70 semillas/m lineal) y espaciamiento de 1.0 × 0.5 m, con producción de 5 000-6 000 kg MS/ha/año. Sin embargo, la baja precipitación y alta temperatura influyen negativamente en la disponibilidad de forraje para la actividad pecuaria (Coutinho *et al.*, 2015).

En consideración de que la capacidad de carga de las pasturas (nativas o cultivadas) en regiones semiáridas es baja, el cultivo de sorgo u otro forraje para almacenamiento, en función de la inestabilidad pluviométrica y la falta de datos agronómicos para los pastos nativos se convierten en cultivos de riesgo, por lo tanto, el cactus forrajero (familia Cactaceae) sería el cultivo más indicado.

Debido a sus características morfológicas, las especies de cactus forrajero (*Opuntia* spp. y *Nopalea* spp.), plantas MAC (metabolismo ácido de las crasuláceas), poseen los requisitos para soportar los rigores del clima y las especificidades físico-químicas de los suelos de las zonas semiáridas. En condiciones de sequía, en diferentes localidades del semiárido Pernambucano, Lira (2017) demostró que es posible alcanzar productividades de 400 a 600 t materia verde cada dos años (o 20 a 30 t materia seca/año, con 10% como un valor promedio de materia seca).

El mayor potencial productivo del cactus forrajero se alcanza en regiones cuya temperatura promedio oscila entre 16.1 y 25.4 °C; con máximas entre 28.5 y 31.5 °C, y mínimas variando de 8.8 a 20.4 °C. La amplitud térmica está situada entre 10.0 y 17.2 °C. El rango ideal de precipitación se ubica entre 368.4 y 812.4 mm, sin embargo, puede ser cultivado con 200 mm. El establecimiento del cactus usualmente es realizado en el tercio final del periodo seco, ya que, al iniciar el periodo lluvioso, los campos ya estarán establecidos y la cosecha se realiza cada dos años.

El espaciamiento utilizado va depender de la variedad de cactus a ser cultivada. Recientemente se recomendó el cultivo más denso como la forma de obtener alta productividad. Rego *et al.* (2014) obtuvieron producción de 582 t materia verde/ha/2 años, utilizando 50 000 plantas/ha y espaciamiento de 2 × 0.1 m. La fertilización de establecimiento consistió en 500, 150, 50, 40 y 40 000 kg/ha, respectivamente de superfosfato simple, urea, cloruro de potasio y estiércol bovino. Este último se aplicó nueve meses después.

Entre las características del cactus forrajero se encuentran su alto contenido de agua (89.00 ± 3.67%), pudiendo cubrir las necesidades de este nutriente en vacas en lactación, además de su alto contenido de carbohidratos no fibrosos y nutrientes digestibles totales, con valores de 50 a 61 y 65%, respectivamente. El cactus forrajero tiene gran

aceptabilidad por los animales, y se suministra luego de ser procesado en una máquina forrajera específica, de forma que expone su mucílago, facilitando la adhesión de partículas de otros alimentos, cuando es ofrecido como ración total mezclada, aunque también puede ser ofrecido en forma de ingredientes separados. Algunos sistemas menos tecnificados aun, procesan el cactus usando corte con cuchillas. Por otra parte, el cactus forrajero tiene una baja concentración de fibra detergente neutro (29%), razón por la cual debe ser suministrado junto con una fuente de fibra físicamente efectiva, para evitar trastornos metabólicos.

Una opción de fuente de fibra sería el sorgo, por reunir innumerables características de adaptación a ambientes con lluvias irregulares y alta temperatura, además de tener la capacidad de producción de granos y material fibroso de alta calidad. El cultivar más recomendado es “Ponta Negra”, su establecimiento, manejo y momento de cosecha siguen las recomendaciones indicadas por Regitano Neto *et al.* (2016) para esta variedad.

Otras fuentes de fibra con las que puede asociarse el cactus forrajero son el pasto elefante (*Cenchrus purpureus Schumach.*) y el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). En el primer caso, su principal ventaja es la alta producción de materia seca por unidad de superficie (20-40 t MS/ha/año), mientras que el bagazo, en función de su alta disponibilidad, es ampliamente utilizado. Comprado en gran cantidad en las regiones azucareras y alcohólicas más cercanas, el bagazo es almacenado en galpones o incluso al aire libre, y se ofrece a los animales en la forma que viene de la industria después de la molienda de la caña, sin necesidad de otro procesamiento. El heno de Tifton (*Cynodon spp var. Tifton*) sería la fuente de fibra más indicada para asociarse con el cactus forrajero, en el caso de la alimentación de becerras, por ser utilizado en pequeña cantidad la mayoría de las veces, y comprado en el mercado local.

Para el presente capítulo se planteó como objetivo presentar un modelo físico de producción de bovinos lecheros en regiones semiáridas con dietas basadas en cactus forrajero, para ello se busca utilizar lo mínimo posible de insumos externos, principalmente de alimento concentrado, así como disminuir la dependencia de forrajes producidos en el propio sistema de producción en función del riesgo provocado por las variabilidades climáticas, en especial la pluviosidad, y preservar la vegetación nativa (*caatinga*).

## Ganadería de leche

En el desarrollo del razonamiento aquí descrito, fueron utilizados los datos de Oliveira *et al.* (2016), quienes hicieron un levantamiento y evaluación de los perfiles tecnológicos, zootécnicos y socioeconómicos en los sistemas de producción de ganado leche (no experimentales), de tal forma que identificaron y cuantificaron los indicadores de referencia para dichos sistemas (cuadro 1), para contribuir con la sustentabilidad y competitividad de la actividad pecuaria de leche en la región del *Agreste* (zona de transición entre la Mata Atlántica y zona semiárida) del estado de Pernambuco, Brasil. A pesar de utilizar la información obtenida en ese estado, la propuesta se aplica para todo el semiárido brasileño que tiene condiciones similares a las descritas por Oliveira *et al.* (2016).

La región del *Agreste* Pernambucano, es la principal zona lechera del estado, y se especializa en la producción de leche con reducción del número de productores y aumento de la productividad por animal. La producción regional es caracterizada por pequeños

y medianos productores, en su mayoría en la práctica de la agricultura familiar (83.33%), predominio del grado de sangre  $\frac{3}{4}$  Holstein/Cebú (HC), y baja adopción de ordeño mecánico (13.89%), de medidas de control financiero (13.89%), de registro de producción de leche (19.44%) y de inseminación artificial (33.33%), indicando la necesidad de gerenciamiento de esas propiedades.

**Cuadro 1**  
Valores promedio de indicadores estructurales y técnicos  
de sistemas de producción de leche en el *Agreste* de Pernambuco

Indicadores estructurales	
Producción anual de leche (l/año)	73 659.74
Producción diaria de leche (l/día)	201.81
Área total (ha)	37.22
Nº de vacas en lactación	15.50
Total de vacas	23.17
Indicadores técnicos	
Productividad/vaca en lactación (l/día)	11.86
Productividad por vaca (l/día)	8.61
Relación vacas en lactación/total de vacas	72.01
Relación vacas en lactación/total del rebaño	35.51
Nº de vacas en lactación/área	0.50
Producción de la tierra (l/ha/año)	2 263.13
Producción de la mano de obra (l/día/hombre)	76.78

Adaptado de Oliveira *et al.* (2016).

Algunas prácticas de manejo en los sistemas estudiados llaman la atención, como suplementación con forrajes secos (100%), cultivo de cactus forrajero (89%), 81% utilizan pasto como recurso fibroso en la época de lluvia y 100% ofrecen concentrado todo el año. Como en la mayoría de los sistemas no existe registro de la producción de leche, queda claro que no existe una visión empresarial de la actividad productiva, aun siendo ella en su mayoría, familiar. En el cuadro 2 se proponen algunos puntos de referencia de la producción animal, en diferentes escenarios de tasa de remuneración de capital invertido.

**Cuadro 2**  
Puntos de referencia de la producción animal y de la tierra  
en sistemas de producción de leche en el *agreste* de Pernambuco  
en cuatro escenarios de tasas de remuneración del capital invertido (4, 6, 8 y 12% al año)

Puntos de referencia	Rentabilidad del capital invertido (% al año) *			
	4	6	8	12
Producción de leche/vaca/día	13.40	13.90	14.50	15.00
Producción de leche/ha/año	3 617.70	4 018.00	4 418.00	5 475.00
R\$/litro de leche	0.99	1.00	1.02	1.04
US\$/l de leche <sup>1</sup>	0.19	0.19	0.19	0.20

\*Incluyendo la tierra. R\$: Real Brasileiro. US\$: Dólar de los Estados Unidos de América.

<sup>1</sup>Cotización del dólar el 2 de septiembre de 2020: 1.00 US\$ = 5.27 R\$

Elaborado por los autores.

## Simulación de un sistema físico de producción basado en cactus forrajero

### Rebaño estabilizado

De acuerdo con los coeficientes técnicos abajo señalados, fue proyectado el rebaño estabilizado.

### Coeficientes técnicos utilizados

- Área utilizada para producción de leche: 30 ha
- Producción por vaca = 15 l/día (cuadro 2)
- Producción de leche/ha/año = 5 475 l/ha/año (cuadro 2)
- Producción/año = 164 250 l
- Intervalo entre partos: 13 meses
- Período de lactación: 11 meses
- Intervalo parto-concepción: 120 días
- Vacas en lactación: 30 vacas
- 1° parto: 27 meses
- Tasa de reposición: 20%

Basado en los datos del cuadro 3, y de los resultados de investigación donde el cactus forrajero fue la base de la dieta en diferentes categorías del rebaño lechero, fue hecha una simulación en un sistema físico de producción de leche. La productividad de la tierra (l/ha/año) y del animal (l/vaca/día) fueron aquellas que presentaron mayor correlación con la rentabilidad. Fue considerada una tasa de remuneración de capital de 12% (cuadro 2).

Cuadro 3  
Composición y proporción de animales en relación al total de cabezas en un rebaño estabilizado\*

Categoría	Cabezas	% en relación al rebaño
Vacas en lactación	30.0	42.3
Vacas secas	5.0	7.0
Becerras		
0 a 2 meses	3.0	4.2
2 a 6 meses	5.0	7.0
Novillas		
6 a 12 meses	8.0	11.3
12 a 18 meses	8.0	11.3
18 a 27 meses	12.0	16.9
Total	71.0	100.0

\*Para producción de 5 475 l/ha/año en 30 ha con una productividad de 15 l/vaca/día, son necesarias un total de 30 vacas en lactación (cuadro 2).

Nota: Fue considerado un margen de seguridad, debido a que en los sistemas de producción el resultado encontrado en la investigación difícilmente se repetiría, excepto bajo las mismas condiciones experimentales (Goetsch, 2014).

Elaborado por los autores.

### Recría

La fase de recría, que se extiende desde el destete hasta la primera cubrición, es menos compleja que la fase de cría, sin embargo, no por eso exige menor atención de los productores de leche. En la práctica, existen diferentes combinaciones de recursos fibrosos y concentrados que pueden ser empleados en la alimentación de los animales después del destete, resultando en diferentes tasas de ganancia de peso. En consecuencia, la edad al primer parto puede variar de 24 hasta 34 meses, o más. Sin embargo, todos estos sistemas pueden resultar en vacas produciendo cantidades satisfactorias de leche, por lo que todos ellos deben ser considerados “normales”.

Al considerar la propiedad como un todo, es importante minimizar los costos de cría de las novillas de reemplazo. Un camino efectivo para esto es reducir la edad al primer parto adoptando un plano de alimentación que, de forma económica, permita que ellas alcancen el peso a la pubertad y al primer servicio lo más temprano posible (cuadro 4). En la presente simulación fue considerada una edad al primer parto de 27 meses.

Cuadro 4

Edad, peso y ganancia de peso en las diferentes fases de desarrollo de novillas mestizas

Edad (meses)	Peso (kg)	Ganancia diaria (kg/día)
Nacimiento	30	-
06	130	0.55
12	229	0.55
18 (cubrición)	328	0.55
27 (parto)	470	0.55

Elaborado por los autores.

### Becerras de 2 a 6 meses (100 a 172 kg)

Es escasa la literatura de trabajos utilizando cactus forrajero para esta categoría. Barros *et al.* (2018), evaluaron los efectos de la sustitución de heno de Tifton 85 (*Cynodon spp* var. Tifton 85) sobre el desempeño de becerras con peso inicial de 100 kg, durante 84 días. La relación forraje:concentrado fue de 50:50. Los datos se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5

Consumo de nutrientes, ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) de novillas mestizas

Ítem	Niveles de sustitución del heno de Tifton 85 por cactus* (% en la MS)			
	0	33	66	100
Consumo de MS (kg/día)	4.50	4.52	4.25	3.65
Consumo de PB (kg/día)	0.65	0.64	0.59	0.50
Consumo de NDT (kg/día)	2.95	2.81	2.97	2.50
CA (kg de MS/kg de ganancia)	5.70	5.90	5.30	4.40
GDP (kg/día)	0.79	0.76	0.81	0.83

\**Opuntia stricta* Haw.

MS: materia seca. PB: proteína bruta. NDT: nutrientes digestibles totales.

Elaborado por los autores.



Se observó disminución del consumo de materia seca, proteína y energía, sin embargo, la ganancia de peso fue semejante para todos los niveles de sustitución. La conversión alimenticia fue sensiblemente mejorada con la inclusión de cactus en sustitución al heno. Eso pudo ser debido al mayor aporte de carbohidratos no fibrosos presentes en el cactus que son digeridos más rápido, proporcionan menor incremento calórico y mayor producción de proteína microbiana. Para efecto del cálculo se consideró la dieta con 66% de sustitución para prevención de cualquier problema de desorden nutricional como diarreas y acidosis, en virtud de la gran proporción de cactus utilizada, y una ganancia de peso 0.6 kg/día.

### *Novillas de 6 a 12 meses (172 a 262 kg)*

Cruz (2018) realizó un trabajo con novillas mestizas con peso promedio 170 kg, estableciendo una dieta basal con 13% de proteína bruta, con base de cactus (54%), caña de azúcar (42%) y urea + sal mineral (4%), así como cuatro tratamientos: sin concentrado, 0.4; 0.8 y 1.2 kg de concentrado/novilla/día. Los resultados se encuentran en el cuadro 6. El concentrado también presentaba 13% de proteína bruta.

Cuadro 6

Desempeño de novillas mestizas de acuerdo con la cantidad de concentrado ofrecida

Ítem	Niveles de suplementación con concentrado (kg/día)			
	0	0.40	0.80	1.20
Consumo de MS (kg/día) <sup>1</sup>	3.40	3.17	3.10	3.04
GDP (kg/día)	0.55	0.70	0.70	0.80

MS: materia seca. GDP: ganancia diaria de peso.

<sup>1</sup>54% cactus (*Opuntia stricta* Haw) en la MS de la dieta.

Cruz (2018).

El experimento tuvo una duración de 84 días, considerando una ganancia de peso de 0.7 kg/día, permite inferir que a los 12 meses de edad los animales alcanzarían un peso corporal de 270 kg, consumiendo apenas 0.4 kg/día de concentrado. El consumo observado fue de 3% del peso corporal.

### *Novillas de 12 a 18 meses (262-330 kg) y novillas de 18 a 27 meses (330 a 470 kg)*

En la presente simulación, las novillas serían cubiertas o inseminadas a los 18 meses de edad con peso de 330 kg, y el parto a los 27 meses con 470 kg de peso corporal. Se considera que deberían ganar en este periodo 208 kg o 0.46 kg/día, se utilizaron los datos de Pessoa *et al.* (2017) como base de la alimentación en este periodo (cuadro 7). El consumo de materia seca promedio fue de 3.3% del peso corporal.

**Cuadro 7**  
**Proporción de cactus, bagazo de caña y urea, tipo de suplemento y ganancia diaria de peso (GDP) de novillas mestizas**

Cactus* (%)	Bagazo (%)	Urea (%)	Suplemento <sup>1</sup>	GDP (kg/día)
64.0	30.0	4.0	Afrechillo	0.60
64.0	30.0	4.0	Harina de soya	0.72
64.0	30.0	4.0	Harina de algodón	0.84
64.0	30.0	4.0	Semilla de algodón	0.75
64.0	30.0	4.0	Sin suplemento	0.43

<sup>1</sup> 1 kg/día.

\**Opuntia ficus indica* Mill.

Adaptado de Pessoa *et al.* (2017).

Comparado a otros experimentos que utilizaron recursos fibrosos tradicionales como la caña de azúcar, el desempeño de las novillas puede ser considerado alto (0.43 kg/día), sin la utilización de concentrado en la dieta. Como la proporción de cactus fue la misma para todos los tratamientos, se pudiera usar cualquiera de los suplementos, dependiendo del precio de mercado de cada uno de ellos en el momento de su utilización.

### *Vacas en lactación*

Fue considerado un intervalo entre partos del orden de los 13 meses, un periodo seco de dos meses y consecuentemente un periodo de lactación de 11 meses (47 semanas). En Brasil, el intervalo entre partos se ubica por encima de 14 meses (Borges *et al.*, 2015). La reducción ideal sería a 12 meses, sin embargo, es difícil de alcanzar esta reducción a mediano y corto plazo. Como el periodo seco ideal es de dos meses, no sería económico secar la vaca tres meses antes del parto, por lo que resulta en un periodo de lactancia de 11 meses. Fue adoptada una tasa de remuneración de capital de 12% (cuadro 2), o sea, una productividad de la tierra de 5 475 l/ha/año con una producción media por vaca en lactación cerca de 15 l/día. Como fueron estipuladas 30 ha para producción de recursos forrajeros, se necesitarían 30 vacas en lactación en un rebaño estabilizado. En el cuadro 8 fueron extraídos datos de la literatura (Pereira *et al.*, 2016) de modelos de curva de lactación (Wood, 1967) de vacas mestizas Holstein × Gyr con producciones en lactación de 4 900 kg y estimadas las producciones medias cada 28 días (cuatro semanas), la producción acumulada y las producciones medias considerando las siguientes fases:

- Parto al pico - 8 primeras semanas;
- 8 a 24 semanas;
- 24 a 36 semanas y
- 36 a 47 semanas.

Para efecto de la simulación y selección de las dietas, fueron utilizadas producciones medias correspondientes a cada fase (16.0; 15.7; 14.2 y 12.8 l/día).

**Cuadro 8**  
Distribución de la lactancia en semanas y producción de leche diaria

Lactancia (semanas)	0 a 8	8 a 24	24 a 36	36 a 47
Producción (l/día)	16.0	15.7	14.2	12.8

Elaborado por los autores.

### *Vacas del parto al pico – 0 a 8 semanas*

En esta fase fue considerada la depresión en el consumo de materia seca. Después del parto, la producción de leche y el consumo de alimentos aumentan. Sin embargo, la proporción en el aumento de la producción de leche es mayor que el aumento de consumo de materia seca (NRC, 2001). De esa forma una dieta de mejor calidad fue considerada para compensar el menor consumo comprobado en ese periodo y propiciar la producción de 16.0 kg/día sin generar pérdidas de peso más severas (cuadro 9). La producción promedio de leche fue de 20.4 kg/día.

Para efecto de la estimación para esta categoría animal será utilizada una proporción de 50.1% de cactus en la dieta. En función de los problemas relacionados al consumo de materia seca mencionados anteriormente, se deberá proveer un recurso fibroso de mejor calidad.

**Cuadro 9**  
Proporción de ingredientes y desempeño de vacas en lactación

Proporción de ingredientes en la MS (%)			Desempeño		Referencia
Cactus	Recurso fibroso*	Concentrado	Consumo de MS (kg/día)	Producción de leche (kg/día)	
49.20	20.00	30.80	16.0 (3% PC)	20.50	Cavalcanti <i>et al.</i> (2008)
51.00	27.85	21.15	16.5 (3% PC)	20.35	Oliveira <i>et al.</i> (2007)

MS: materia seca. PC: peso corporal.

\*Heno de Tifton (*Cynodon* spp var. Tifton).

Elaborado por los autores.

### *Vacas en lactación – 8 a 24 semanas*

En este período ocurre el máximo consumo de materia seca y deberá ocurrir la cobertura/inseminación de la vaca para que el intervalo entre partos no se extienda mucho del ideal que es de 12 meses. Serán consideradas las dietas para proporcionar entre 15 y 16 l de leche/día (cuadro 10).

Para esta categoría será considerada una proporción promedio de 48.5% de cactus en la dieta, ya que no hubo efecto de los diferentes recursos fibrosos tanto en el consumo de materia seca como en la producción de leche. La producción promedio de leche fue de 16.8 kg/día.

**Cuadro 10**  
**Proporción de ingredientes y desempeño de vacas en lactación**

Ítem	Recurso fibroso		
	Bagazo de caña	Pasto elefante <sup>1</sup>	Ensilaje de sorgo
% en la MS	24.10	28.00	25.60
Cactus (% en la MS)	50.05	47.00	48.40
Concentrado (% en la MS)	25.85	25.00	26.00
Consumo de MS (kg/día)	17.8 (3.2% PC)	18.7 (3.2% PC)	18.0 (3.2%PC)
Producción de leche (kg/día)	16.00	17.60	16.90

<sup>1</sup>(*Cenchrus purpureus* Schumach.) Marrone.

MS: materia seca. PC: peso corporal.

Adaptado de Silva (2006).

### ***Vaca en lactación – 24 a 36 semanas y 36 a 47 semanas***

En este período de lactación el consumo de nutrientes es suficiente para que la vaca produzca y acumule reservas corporales (grasa) para la próxima lactación. Para el periodo de 24 a 36 semanas serán consideradas dietas que proporcionen una producción de 14 y 15 kg de leche/día (cuadro 11). En ese caso será considerada una proporción promedio de 47.43% de cactus en la dieta y un consumo de materia seca por el orden de 2.8% PC. La producción promedio de leche estimada fue de 14.5 kg/día.

**Cuadro 11**  
**Proporción de ingredientes y desempeño de vacas en lactación**

Ítem	Recurso fibroso	
	Ensilaje de sorgo	Pasto elefante
% en la MS	37.89	37.00
Cactus (% en la MS)	44.67	50.00
Concentrado (% en la MS)	17.44	13.00
Consumo de MS (kg/día)	13.06 (2.7% PC)	14.40 (2.9% PC)
Producción de leche (kg/día)	14.00	15.00

MS: materia seca. PC: peso corporal.

Adaptado de Araújo *et al.* (2004) y Rocha Filho (2012).

Para el periodo de 36 a 47 semanas, serán consideradas dietas que propicien producción de 12 a 13 kg de leche/día (cuadro 12).

Para el periodo de lactación considerado y el nivel de producción, la proporción promedio de cactus fue estimada en 56%. Un hecho importante a ser considerado en ese caso, es la pequeña proporción de concentrado utilizado. La producción promedio de leche fue de 12.96 kg/día y el consumo de 2.7% de peso corporal.

**Cuadro 12**  
**Proporción de ingredientes y desempeño de vacas en lactación**

Ítem	Recurso fibroso	
	Ensilaje de sorgo	Ensilaje de girasol <sup>1</sup>
% en la MS	35.00	34.00
Cactus (% en la MS)	50.00	62.00
Concentrado (% en la MS)	15.00	4.00
Consumo de MS (kg/día)	13.68 (2.8% PC)	13.13 (2.53% PC)
Producción de leche (kg/día)	13.68	12.24

<sup>1</sup>*Helianthus annuus* L

MS: materia seca. PC: peso corporal.

Adaptado de Silva *et al.* (2005) y Wanderley *et al.* (2012).

### **Vacas secas**

En la literatura no fue encontrado ningún trabajo con utilización de cactus forrajero para vacas en el periodo seco. En este periodo, principalmente hasta tres semanas, sería ideal ofrecer una dieta compuesta por alimentos con mayor concentración de fibra, con alta calidad nutricional, que provenga de pasto o forraje verde o conservado (heno o ensilaje). Es importante indicar que, en esta fase, si hubiese la necesidad que la condición corporal sea mejorada, se deben manejar ganancias de peso que permitan a la vaca parir con una condición corporal de 3.0 a 3.5 (escala del 1.0 al 5.0). De esta forma se evitarían problemas al parto y el impacto negativo en la producción de leche. Adicionalmente, se garantiza que la vaca cuente con reservas corporales para soportar el balance energético negativo que ocurre en los primeros 60 días postparto. Para esta categoría fue considerada una dieta con 45% de cactus y un consumo de 2% del peso corporal.

### ***Estimación de la necesidad anual de cactus de acuerdo con las diferentes categorías***

Basado en los datos presentados en los cuadros 5 al 12, en el cuadro 13 se encuentra la estimación de gasto anual de cactus forrajero de acuerdo con cada categoría, del tiempo que las dietas serán ofrecidas de acuerdo con en el desempeño deseado, el consumo de materia seca y la proporción de cactus en la materia seca de la dieta considerada para cada situación.



Cuadro 13

Estimación de la necesidad anual de cactus de acuerdo con cada categoría animal

Categoría	Cabezas (n)	Peso promedio (kg)	Días	CMS (% PC)	Cactus en la dieta (%)	*Consumo de cactus <sup>1</sup>
<b>Becerras</b>						
2 - 6 meses	5	136	365	3.3	33.0	27
6 - 12 meses	8	217	365	3.0	54.0	103
<b>Novillas</b>						
12 - 18 meses	8	296	365	3.3	64.0	183
18 - 27 meses	12	400	365	3.3	64.0	370
<b>Vacas en lactación</b>						
0 – 8 semanas	5	500	365	3.0	50.1	137
8 -24 semanas	10	500	365	3.2	48.5	283
24-36 semanas	8	500	365	2.8	47.3	194
36-47 semanas	7	500	365	2.7	56.0	193
Vacas secas	5	500	365	2.0	45.0	82
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1 572.00</b>

CMS: consumo de materia seca. PC: peso corporal.

<sup>1</sup>Toneladas en materia fresca.

\*Se consideró la materia seca del cactus en 12%.

Elaborado por los autores.

Para estimar el área necesaria para sustentar el rebaño del sistema propuesto (cuadro 14) se consideraron los datos de producción de algunos cultivares de cactus observados por Lira (2017) en condiciones de sequía (sin irrigación). Se considera que el ciclo productivo del cactus es de dos años, para garantizar calidad y cantidad del producto, se considera la producción de biomasa bianual (cuadros 14 y 15). Así fueron llevados en consideración tres niveles de producción (300; 400 y 500 t de materia verde/ha/2 años) para estimar el área necesaria para sustentar el rebaño del sistema propuesto (cuadro 15).

Cuadro 14

Estimación del área de acuerdo con la productividad

Productividad	Área (ha)	
	10% MS	12% MS <sup>1</sup>
300 t/2 años	10.5	8.7
400 t/2 años	7.8	6.6
500 t/2años	6.3	5.2

<sup>1</sup>Generalmente el cactus *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck (Miúda) presenta % de MS más alto que el observado para otros genotipos.

Elaborado por los autores.

### ***Estimación del gasto de recursos fibrosos***

En el cuadro 15 se presentan las estimaciones de consumo anual de materia seca de cactus, recurso fibroso y concentrado. En el cuadro 16, las cantidades anuales de cada recurso fibroso de acuerdo con cada categoría.

Cuadro 15  
Consumo de materia seca (CMS) total (t de MS/año)

Alimento	Total	Proporción
Cactus	157	54
Recurso fibroso	94	32
Concentrado	42	14
CMS total	293	100

Elaborado por los autores.

De acuerdo con el cuadro 16 y al considerar la materia seca de cada recurso fibroso, se estima que en el sistema propuesto habrá la necesidad de adquisición de 4.6 t de heno (90% MS), 13.3 t de caña (30% MS) y 82 t de bagazo de caña *in natura* (55% MS).

Con relación a los forrajes cultivados, se consideró 25 t de masa verde/ha la productividad de sorgo para ensilaje con 30% de materia seca, así serían necesarias 3 ha. Para el pasto elefante fue considerada la productividad de 80 t de materia verde/ha/año con 25% de materia seca, siendo necesaria 1 ha.

En el sistema propuesto, no fue considerada la contribución del pasto (pastura nativa o cultivada además de la caatinga, esta última un bioma exclusivo de Brasil en la región semiárida) ya que según Souza *et al.* (2015) debido a la irregularidad de las lluvias, tanto en el tiempo como en el espacio, y las características físicas y topográficas limitantes del suelo, la agricultura de zonas secas en gran parte es vulnerable, traduciéndose en baja producción de masa de forraje y bajísima capacidad de soporte.

Eso no impide que esas áreas no deban ser manejadas y sí utilizadas como un medio de economía de los otros forrajes (cactus, ensilaje de sorgo, pasto elefante) producidas en el sistema. También sería una forma de preservación de la caatinga, bioma ya bastante degradado (Souza *et al.*, 2015), la cual ofrece insuficiente materia seca para el sistema, no sólo en función de su composición florística, sino también por el poco tiempo que ésta es usada (3-4 meses máximo); razón por la cual la caatinga fue considerada como reserva.

En el cuadro 13, se nota que 43% de la necesidad de cactus se destina a las hembras de reemplazo. Esa cantidad podría ser reducida de varias formas: una de ellas con una tasa de reemplazo de las vacas de 20% al año, apenas siete vientres serían sustituidas anualmente (20% de tasa de reposición de los 35 vientres). En el cuadro 3, se observa que el número de animales en condiciones de reponer esos vientres es mucho mayor, siendo posible la venta de novillas antes de que alcancen la edad de primer parto prevista, que fue de 27 meses.

Otras posibilidades serían:

- La productividad fue considerada en condiciones de sequía, pudiera aumentarse la producción de masa verde por unidad de área.
- Disminución en el intervalo entre partos (12 meses) y en la edad al primer parto (24 meses).

**Cuadro 16**  
Necesidad de recurso fibroso de acuerdo con cada categoría

Categoría	Recurso fibroso <sup>1</sup>				
	Heno	Caña	Bagazo	Ensilaje de sorgo	Pasto elefante
<b>Becerras</b>					
2 - 6 meses	4.1	-	-	-	-
6 - 12 meses		4.0	-	-	4.0
<b>Novillas</b>					
12 - 18 meses	-	-	8.6	-	-
18 - 27 meses	-	-	17.3	-	-
<b>Vacas en lactación</b>					
0 - 8 semanas	-	-	-	6.6	-
8 - 24 semanas	-	-	-	15.2	-
24 - 36 semanas	-	-	-	-	15.1
36 - 47 semanas	-	-	12.1	-	-
<b>Vacas secas</b>					
Total	-	-	7.3	-	-
Área	4.1	4.0	45.3	21.8	19.1
ha	-	-	-	3.0	1.0

<sup>1</sup>t de materia seca.

Elaborado por los autores.

### ***Impacto social***

La población del semiárido brasileño es aproximadamente de 22 millones de habitantes y representa la mayor población rural de Brasil. La propuesta planteada pudiera aplicarse en los 338 916 establecimientos que producen leche de vaca en el semiárido brasileiro, que representa el 29% de los predios lecheros del país y el 10% de la producción leche total (aproximadamente 3 billones de l/año) (IBGE, 2017). Con la aplicación de esta propuesta se espera aumentar el ingreso económico de las familias y consecuentemente mejorar su calidad de vida, así como fijar al hombre del campo al campo, evitando el éxodo rural, que genera sobrepoblación en las periferias de los centros urbanos.

### ***Sustentabilidad***

Junto al factor climático, comentado con anterioridad, hay que considerar la notoria contribución de la actividad pecuaria para la aceleración del proceso de desertificación en la caatinga. La utilización de la pecuaria semi-extensiva o extensiva, en las regiones semiáridas pasa a ser factor de alteración ambiental, debido a la carga animal excesiva, a los límites superiores y a la capacidad de soporte del ecosistema. En el mediano plazo, ejerce fuerte presión sobre la composición florística de la vegetación nativa (por la alta palatabilidad que, ocasiona la extinción de especies) y sobre el suelo debido al pisoteo excesivo que provoca compactación (en la época de lluvia) y degradación (en la sequía), ambos efectos negativos sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas. A largo plazo,

contribuye para la irreversible degradación de los suelos y vegetación, con áreas susceptibles al proceso de desertificación.

Por lo tanto, la propuesta planteada busca:

- Disminuir la degradación de la caatinga, debido al sobrepastoreo, con la utilización de recursos adaptados a las condiciones de semiárido.
- Aumentar la eficiencia, competitividad y la sustentabilidad de los sistemas familiares de producción de leche en el semiárido brasileiro.
- Oferta de tecnologías y productos que permitan al productor de leche en el semiárido mantener su competitividad, ingreso, adaptándose a los nuevos patrones climáticos y reducción del impacto ambiental negativo.

### *Impacto económico*

En los sistemas estudiados por Oliveira *et al.* (2016), la relación entre el gasto anual con alimentos concentrados y la renta bruta de leche, fue, en promedio, de 51%, valor muy superior del recomendado por Almeida (2017) que es de 30%.

Al considerar la proporción de concentrado en las dietas escogidas para cada categoría, se estimó la cantidad de concentrado que sería gastado en el sistema propuesto en 50.3 t. En el mes de marzo de 2020, según datos de la DPA (American Partners Americas, Fonterra y Nestlé) en Brasil el valor neto pagado por el litro de leche en el *Agreste* Pernambucano fue de 1.42 R\$ (0.27 US\$). Cuando se considera la producción anual de 164 250.00 l (30 vacas × 5 475.00 l/vaca/lactación), la renta bruta anual de leche sería 233 235.00 R\$ (44 173.30 US\$). En el mes de marzo de 2020, el precio promedio del kg de materia seca de maíz, afrechillo de trigo y harina de soya observados en el mercado fueron respectivamente 1.10; 0.78 y 1.60 R\$ (0.21; 0.15 y 0.30 US\$, respectivamente). El precio por kg de un concentrado con proporciones iguales de esos tres ingredientes sería de 1.15 R\$ (0.22 US\$).

En el sistema propuesto el gasto con concentrado sería de 48 300.00 R\$ (9 147.73 US\$). La relación entre el gasto de concentrado y la renta bruta de leche sería de 20.7%, por debajo del valor referencia de 30% propuesto por Almeida (2017) y muy inferior al indicado por Oliveira *et al.* (2016). Finalmente, si se consideran los gastos totales a partir de las cantidades (cuadro 15) de cactus forrajero (350 R\$/tonelada MS × 157 toneladas; 66.41 US\$/t MS × 157 t), recurso fibroso (400 R\$/t MS × 94 t; 75.90 US\$/t MS × 157 t) y concentrado (1 150 R\$/t MS × 42 t; 218.22 US\$/t MS × 157 t), totalizando un gasto con alimentación de todas las categorías animales de 140 850.00 R\$ (26 676.14 US\$), esto representa 60.4% de la renta bruta de leche.

## Conclusiones

El modelo físico referente a ganadería de leche presentado, usa los resultados de investigación de la UFRPE/IPA (Instituto Agronómico de Pernambuco) para enfatizar el cactus en la región semiárida, como forraje indispensable para la dieta en sistemas de producción de leche.

La utilización del cactus en los sistemas de producción de rumiantes permite al productor asociar forrajes productivos y de menor riesgo climático para la región como el

sorgo y pasto elefante, así como el bagazo de caña puesto a disposición por las plantas productoras de azúcar y alcohol.

Dietas con base de cactus forrajero reducen la cantidad de concentrado para determinadas categorías del sistema productivo, posibilitando su redistribución. Para los grados de sangre propuestos (con predominancia de animales  $\frac{3}{4}$  HC) con el rebaño estabilizado la productividad por hectárea de cactus sembrado y bien manejado, es el diferencial para ahorrar área, almacenar forraje en el campo o incrementar la renta con la venta de excedente.

La gestión eficaz en la propiedad agropecuaria es de fundamental importancia.

El financiamiento a intereses subsidiados permitirá la ejecución y sustentabilidad del modelo presentado.

## Referencias

- Almeida, E.L.D. (2017). Indicadores Técnicos e Econômicos na Atividade Leiteira. Maringá, Brasil. 37 p.
- Araújo, P.R.B.; Ferreira, M.A.; Brasil, L.H.A.; Santos, D.C.; Lima, R.M.B.; Véras, A.S.C.; Santos, M.V.F.; Bispo, S.V. y Azevedo, M. (2004). Substituição do Milho por Palma Forrageira em Dietas Completas para Vacas em Lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33(6): 1850-1857.
- Barros, L.J.A.; Ferreira, M.A.; Oliveira, J.C.V.; Santos, D.C.; Chagas, J.C.C.; Alves, A.M.S.V.; Silva, A.E.M.; Freitas, W.R. (2018). Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers' diets. *Tropical Animal Health and Production*. 50(1): 149-154.
- Borges, A.M.; Martins, T.M.; Nunes, P.P.; Ruas, J.R.M. (2015). Reprodução de vacas mestiças: potencialidade e desafios. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. 39(1): 155-163.
- Cavalcanti, C.V.A.; Ferreira, M.A.; Carvalho, M.C.; Véras, A.S.C.; Silva, F.M.; Lima, L.E. (2008). Palma forrageira enriquecida com ureia em substituição ao feno de capim tifton 85 em rações para vacas da raça Holandesa em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37(4): 689-693.
- Coutinho, M.J.F.; Carneiro, M.S.S.; Edvan, R. L.; Santiago, S.; Albuquerque, D.R. (2015). Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 45(2): 216-224.
- Cruz, A.A.C. (2018). Desempenho de novilhas girolando alimentadas com dietas à base de palma forrageira, cana-de-açúcar mais ureia e concentrado. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, Brasil.
- Goetsch, A.L. (2014). *Methods of Livestock Research on Smallholder Farms*. American Institute for Goat Research, Langston University, Langston, Oklahoma. USA. 336 p.
- Instituto de Geografia e Estatística (IBGE). (2017). <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#pecuaria>. (Consultado 15 septiembre 2019).
- Lira, M.A. (2017). Cadernos do Semiárido - Palma forrageira: cultivo e usos, Recife, Brasil. 72 p.
- Martins, P.C.; Carneiro, A.V.; Yamaguchi, L.C.T.; Carvalho, G.R. y Reis, R. (2009). *Recomendações*. In: *Competividade da Cadeia Produtiva do Leite em Pernambuco*. 1ª edição. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, Brasil. Pp. 371-375.
- National Research Council - NRC. (2001). Nutrients requirements of the dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C. 381 p.
- Oliveira, M.C.; Campos, J.M.S.; Oliveira, A.S.; Ferreira, M.A.; Melo, A.A.S. (2016). Benchmarks for milk production systems in the Pernambuco Agreste region, northeastern Brazil. *Revista Caatinga*. 29(3): 725-734.
- Oliveira, V.S.; Ferreira, M.A.; Guim, A.; Modesto, E.C.; Arnaud, B.L.; Silva, F.M. (2007). Substituição total do milho e parcial do feno do capim-tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Produção, composição do leite e custos com alimentação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(4): 928-935.
- Pereira, M.A.; Menezes M.L.; Oliveira, V.; Lima, M.S.; Carvalho C.T.G.; Santos, A.D.F. (2016). Curvas de lactação de fêmeas mestiças taurino x zebu. *Boletim da Indústria Animal*. 73(2): 118-126.
- Pessoa, R.A.S.; Ferreira, M.A.; Valadares Filho, S.C.; Santos, D.C.; Silva, J.L.; Chagas, J.C.C. (2017). Simplified Management of Dairy Heifers: Different Protein Supplements in Spineless Cactus Based Diets. *Dairy and Vet Sci J*. 2(3): 1-4.



- Regitano Neto, A.; Tabosa, J.N.; Miguel, A.A. (2016). Sorgo forrageiro: alternativa para a alimentação de rebanhos no Semiárido. Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido. Petrolina, Brasil. 2 p.
- Rego, M.M.T., Lima, G.F.C., Silva, J.G.M., Guedes, F.X., Dantas, F.D.G., Lôbo, R.N.B., (2014). Morfologia e rendimento de biomassa da palma Miúda irrigada sob doses de adubação orgânica e intensidades de corte. *Rev. Científica Produção Anim.* 16: 118-130. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v16n2p118-130>.
- Rocha Filho, R. (2012). Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes. Tese (D.Sc.). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- Silva, A.E.V.N.; Guim, A.; Ferreira, M.A.; Lima, L.E.; Pessoa, R.A.S.; Sosa, M.Y. (2005). Estratégia alimentar para dieta baseada em palma forrageira sobre o desempenho e digestibilidade em vacas em final de lactação *Acta Scientiarum. Animal Sciences.* 27(2): 269-276.
- Silva, R.R. (2006). Palma Forrageira (*Opuntia Ficus Indica Mill*) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça holandesa em lactação. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- Souza, B.I.; Artigas, R.C.; Lima, E.R.V. (2015). Caatinga e Desertificação. *Mercator, Fortaleza.* 14(1): 131-150.
- Wanderley, W.L.; Ferreira, M.A.; Batista, A.M.V.; Vêras, A.S.C.; Santos, D.C.; Urbano, S.A.; Bispo, S.V. (2012). Silagens e fenos em associação à palma forrageira para vacas em lactação. Consumo, digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal.* 13(3): 745-754.
- Wood, P.D.P. (1967). Algebraic of the lactation curve in cattle. *Nature.* 216: 164-165.



# Ensilaje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) para enfrentar la época de sequía en el trópico seco

José Manuel Palma García<sup>1</sup>  
Pedro Carlos Martín Méndez<sup>2</sup>

## Introducción

Las condiciones climáticas del trópico seco determinan una época de abundancia de pastos en el periodo lluvioso que dura cuatro meses y escasez forrajera en la época de sequía con una duración de ocho meses. Por ello, algunas de las estrategias para balancear la alimentación del rebaño pudieran ser la conservación de los sobrantes de las lluvias en forma de ensilaje o heno (Palma, 2003) y la implementación de sistemas silvopastoriles, así como el empleo de residuales agrícolas y agroindustriales (Palma *et al.*, 2019).

Además de las adversidades meteorológicas, se presentan otras de tipo productivo y en condiciones de trópico seco es común observar que los ganaderos compran alimentos concentrados comerciales para favorecer sus sistemas, pero sorprende que también adquieran forrajes que por la época de estiaje son de baja calidad, además de costosos. Desde el punto de vista productivo existen indicadores con pobres resultados asociados a productores de escala familiar más del 60% de los cuales poseen en promedio 25 cabezas de bovinos y de 10 a 20 ha de tierra en condiciones de temporal, en más del 90% de los casos.

Al respecto un grupo de ejidatarios productores de carne de bovino del municipio de Cuauhtémoc, Colima, México plantearon la necesidad de ensilar caña de azúcar a finales de la década de los 90 del siglo pasado, dado que ellos utilizaban en el proceso de alimentación del ganado caña fresca y esta situación les generaba pérdida por fermentación espontánea dado que la picaban y amontonaban, además de las complicaciones y costos que implicaba su utilización en la época lluviosa por el picado y acarreo en terrenos fangosos que afectaban el proceso mecánico y elevaban los costos de mantenimiento y transporte de la caña para la alimentación del ganado, con afectaciones en la continuidad y en la estrategia nutricional. Producto de esta demanda, se planteó la posibilidad de ensilar caña de azúcar, con el antecedente de que los ganaderos locales mayoritariamente habían fracasado, pues la fermentación había derivado a la producción de alcohol.

Por lo que en el presente capítulo se presenta al ensilado de caña de azúcar como una tecnología social producto de una demanda y el enfoque desarrollado permitió la disponibilidad de una alternativa fácil para su implementación, reproducible a través del

1 Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario (CUIDA), Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (FCBA), Universidad de Colima, Colima, México.

2 Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba.

\* Autor de correspondencia: palma@uacol.mx

tiempo, factible de realizar en las zonas cañeras. También en áreas específicas para la producción de caña de azúcar con fines forrajeros y posteriormente en la implementación del proceso de ensilaje. Además de desarrollar el proceso tecnológico, desde el punto de vista social se capacitó e implementó con productores del estado de Colima, de otros estados en México e inclusive se presentó a nivel internacional.

## Caña de azúcar como alimento para rumiantes

Existen diferentes obras sobre el tema, pero sin duda una lectura altamente recomendable es el libro de Martín (2015), quien hace una recopilación del tema de manera extensa y sobre todo didáctica, en la cual ayuda a comprender las características de este cultivo en la alimentación de rumiantes y de sus subproductos agrícolas y agroindustriales.

Por sus características de concentración de nutrientes en la época de sequía y cosecha en la época de déficit forrajero, la caña de azúcar es una alternativa para emplearse en la ganadería tropical, debido a que esta planta brinda gran cantidad de materia seca y energía producida por unidad de superficie, planteamiento que fue propuesto desde el siglo pasado (Preston, 1977). Por ello, la caña de azúcar es un forraje que, sólo con un corte en la época de mayor necesidad, mantiene su digestibilidad por un tiempo largo, con la posibilidad de obtener un forraje barato.

El forraje de caña de azúcar desde el punto de vista nutrimental tiene: 1) Un pronunciado déficit proteico, 2) Una alta proporción de contenido celular, 3) Una alta proporción de carbohidratos estructurales, principalmente lignina como componente de la pared celular, y a la vez una alta proporción de azúcar, 4) Un déficit y desbalance de minerales y 5) Una ausencia virtual de grasa y almidones (Martín, 2015). En el cuadro 1, se muestran algunas características nutrimentales de la caña de azúcar entera y sus residuales o subproductos agroindustriales (Palma, 2014). Se observa un pronunciado déficit proteico que limita la microflora ruminal y que hace necesario la utilización de fuentes proteicas en la nutrición del ganado, por otro lado, el alto contenido de carbohidratos solubles asociados estrechamente a carbohidratos estructurales favorece una inhibición parcial de la celulólisis ruminal.

Cuadro 1

Valor químico proximal de la caña de azúcar, de sus residuos y sus subproductos

	Materia seca (MS %)	Proteína cruda (PC %)	Fibra cruda (FC %)	Energía metabolizable (Mcal/Kg de MS)
Caña entera	26.20	2.92	33.59	2.19
Punta de caña	91.30	4.60	31.30	1.20
Bagazo de caña	89.70	6.30	27.50	1.40
Melaza	88.34	4.68	0.03	2.50
Cachaza	25.00	10.30	31.00	2.00

Palma (2014).

Por otra parte, Molina *et al.* (1999) señalaron la existencia de variabilidad en la digestibilidad de la materia seca superior al 50%. Con base en la sugerencia anterior se estudió la digestibilidad *in situ* de la materia seca (%) de seis variedades de caña de azúcar que utiliza la industria azucarera en Colima, México, para conocer la posibilidad de

emplearse con fines forrajeros, el resultado mostró que MEX 69-290 resultó con la mejor digestibilidad, esta variedad es utilizada para aquellos productores que poseen riego y en segundo término se encontró MEX 68-P23 variedad que se produce en condiciones de temporal, ambas son mexicanas y de amplia distribución en las condiciones del trópico seco de Colima (Ayala, 2004) (cuadro 2).

Cuadro 2

Degradabilidad ruminal de la materia seca de diferentes variedades de caña de azúcar

Variedad	a (%)	b (%)	a+b (%)	c (%/h)
MEX 69-290	44.38a	26.21	69.91a	0.0732a
MEX 68-P23	43.86a	24.09	60.63ab	0.0494b
Q114	45.63a	22.67	55.61b	0.0401bc
B 67-128	40.66ab	23.99	52.42bc	0.0402bc
SP 71-1406	37.34ab	24.16	50.62bc	0.0397bc
MEX 79-431	35.37b	27.84	40.73c	0.0254c
EEM	1.69	0.76	4.02	0.006
P	0.028	0.812	0.001	0.001

a, b, c literales distintas en columna significa diferencia estadística. Prueba de Tukey (P<0.05). Ayala (2004).

Por otra parte, la obtención de la caña en la época de sequía y el alto potencial de producción de biomasa materia fresca (MF) que van desde 40 hasta 80 t MF/ha y rica en energía >2.4 Mcal/kg MS, hacen que este cultivo sea una fuente de forraje importante para el trópico. En el caso de Colima, México existe una media de producción de caña reportada para el ingenio azucarero de 70 t MF/ha, ello sin considerar el cogollo o punta, lo cual implicaría una producción de prácticamente 90 t MF/ha para alimentación del ganado. En este sentido reportes de investigación sobre producción de biomasa y diferentes características agronómicas se presentan en el cuadro 3, estos resultados manifiestan la importancia de la variedad y la elección que pueden realizar los ganaderos a partir del germoplasma que se difunde en la región a través del sector industrial.

Cuadro 3

Rendimiento estimado en tMF/ha y características agronómicas de diferentes variedades de caña de azúcar

Variedad	Rendimiento tMF/ha	Altura (cm)	Densidad (plantas/ha)	Flor (%)	A (%)	D*	T*	C (%)
MEX 69-290	129.0	225	76 000	0	10	B	R	0
MEX 68-P23	116.7	276	131 000	0	20	M	T	0
Q114	100.0	185	106 000	0	0	B	B	0
B 67-128	149.3	297	110 000	0	10	B	T	0
SP 71-1406	131.7	270	128 000	0	0	M	R	0
MEX 79-431	130.2	263	98 000	0	10	M	R	0

A=Acame, D=Despaje, T=Tenacidad, C=Corcho.

\*Escala=M-malo, R-regular, B-bueno, E-excelente.

Ayala (2004).



### *Estrategia de siembra como de la caña de azúcar como forraje*

Es común entre los productores imaginar el tipo de caña ideal para sus condiciones; entre las características que desean son: que sea gruesa y jugosa para reducir la mano de obra en el momento de corte, que sea resistente a la sequía para que conserve durante el estiaje el cogollo o punta que son las hojas terminales, que no tenga tricomas conocidos popularmente como ahuates, pelillo o totumo y que no se acame, para que sea posible su cosecha sea manual o mecánica.

En ese sentido se promovió a través de diferentes proyectos el fomento de la siembra de una hectárea de este cultivo con fines ganaderos en áreas con sequía prolongada, la siembra se realizó al inicio de lluvias (finales de junio o principios de julio) y la cosecha se planteó con seis o siete meses de edad (entre diciembre o enero) para el primer corte, diferente a lo propuesto para la caña con fines industriales (figura 1), además este enfoque permitió asegurar la obtención del producto ante las adversidades climáticas que se están presentando (figura 2).

En el ejido el Bordo del municipio de Colima se apoyó la siembra de caña de azúcar como forraje, de ocho productores que inicialmente se propusieron, el grupo descartó uno de ellos por plantear la posibilidad de no pagar el apoyo gestionado, esto implicaba el 50% del costo de establecimiento. De los siete restantes, seis lograron la siembra del cultivo y uno de ellos derivó el recurso a un integrante que necesitaba invertir en el cercado del área. El resto logró el establecimiento de la caña y cuatro de ellos ensilaron la caña y se realizó un día demostrativo en donde participaron más de 50 productores.

Figura 1

Propuesta de siembra de caña de azúcar como forraje con fines ganaderos

Mes	Actividad	Jul	Ag	S	O	N	D	E	F	M	Ab	M	J
Primer año	Siembra												
	Cosecha												
	Ensilaje												
	Utilización												
Segundo año	Cosecha												
	Ensilaje												
	Utilización												

Elaborado por los autores.

Figura 2

Utilización de caña de azúcar por productores de escala familiar en el trópico seco



Foto: José Manuel Palma García.

### *Tecnología de ensilaje de caña de azúcar en Colima, México*

En respuesta a la demanda de los productores del ejido Fernández, municipio de Cuauh-témoc, México se desarrolló esta tecnología desde 1999, por los resultados favorables se difundió la tecnología a través de un tríptico de fácil utilización y amplia promoción con la Fundación PRODUCE Colima A.C., organización que representa a los productores del estado (Palma, 2003). Además se elaboró un tríptico y un material audiovisual para la promoción de esta tecnología con apoyo de la Universidad de Colima (Palma, 2005), el cual puede ser consultado en la siguiente dirección (<https://www.youtube.com/watch?v=4UmA7e2O518>). La propuesta considera los principios generales que se recomiendan sobre el tamaño de partícula, apisonado, incorporación de aditivos inoculantes, aditivos nutrimentales, pisado y tapado.

### *Elaboración de ensilaje*

El ensilaje es la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas. El ensilado es un alimento conservado importante para los rumiantes, llevándose a cabo de manera apropiada, resulta superior nutrimentalmente comparado con el henificado. El producto final es la

conservación del alimento por la acidificación del medio que inhibe el desarrollo de microorganismos adversos.

El oxígeno es perjudicial para el proceso pues habilita la acción de microorganismos aerobios que degradan el forraje ensilado hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, busca reducir las pérdidas o deterioró en su proceso, almacenaje y utilización. Este proceso sirve para almacenar alimento en tiempo de escasez, conservar su calidad y gustocidad a bajo costo, lo que permite resolver el problema del estiaje, optimiza el número de animales por hectárea para manejar ganado en forma intensiva, semi-intensiva o estabulada, se incrementa la eficiencia productiva y la posibilidad de realizar una actividad sustentable en la ganadería (Borreani *et al.*, 2018)

Los ensilajes en el trópico se consideran de bajo valor nutritivo debido a las pérdidas en nutrimentos disponibles, especialmente en proteína, cabe resaltar el trabajo de Preston *et al.* (1976), quienes realizaron las primeras propuestas para ensilar la caña de azúcar mediante una fermentación controlada (anaeróbica) y que mantuviera o incluso mejore su valor nutritivo, con aumentó del contenido de proteína verdadera por crecimiento microbiano y de concentración de ácido láctico. Así como el estudio de la madurez sobre el efecto de conservar la caña de azúcar en forma de ensilado (Kung y Stanley, 1982).

Por otro lado, se lograron indicadores de alta calidad y reducido nivel de pérdidas del ensilado fundamentalmente por el grado de anaerobiosis y de la acidificación por la fermentación bacteriana (Molina *et al.*, 1999) y su estabilidad a través del uso de aditivos (Santos *et al.*, 2014)

Una estrategia para conservar en mejor estado el ensilado de caña de azúcar es el uso de aditivos químicos e inoculantes microbianos utilizados para mejorar y controlar la fermentación, promover el desarrollo de microorganismos benéficos, como las bacterias productoras de ácido láctico e inhibir las indeseadas como las levaduras y clostridios (Borreani *et al.*, 2018).

A pesar de la creciente demanda de información sobre el ensilaje de caña de azúcar, se observa un limitado trabajo científico en relación al uso de aditivos para el control de la producción de etanol en aumento de la estabilidad aeróbica de los ensilajes, que son aspectos básicos para la preservación de forrajes, esto se debe a que cuando un ensilado se calienta es por una existente renovación de aire fresco dentro de la masa, induciendo a una fermentación indeseable y esto a su vez genera la síntesis de alcoholes.

Durante la conservación de un forraje en forma de ensilaje se producen transformaciones en los compuestos orgánicos originalmente presentes en el material, sin embargo, no todas representan un peso importante como criterio de los procesos desarrollados. El pH es uno de los indicadores del ensilaje que determina un control sobre la flora microbiana, flora epifítica debido a que un pH ácido inhibe el desarrollo de los diferentes tipos de bacterias (Borreani *et al.*, 2018).

### **Aditivos**

En la literatura se describen dos tipos de aditivos, aquellos de tipo inoculante basado en bacterias lácticas y los de tipo alimenticio que facilitan la fermentación o que ayudan a mejorar el proceso de fermentación cuando el contenido de materia seca se incrementa, aspecto que también es explorado en el ensilado de caña de azúcar.

Una mezcla de aditivos para mejorar las características nutrimentales y de fermentación fueron utilizados en ensilados de caña de azúcar en su elaboración en Colima, México con resultados favorables en su proceso (Palma, 2003), el uso de bacterias lácticas fue una sugerencia del Dr. Arabel Elías del Instituto de Ciencia Animal de Cuba, quien en primer instancia al producto utilizado lo llamó VITAFERT y posteriormente fue designado como microorganismos eficientes benéficos activados [MEBA] (Elías y Herrera, 2008).

En la literatura existen diferentes aditivos nutrimentales o bacterianos que se utilizan para mejorar las características del ensilado de caña de azúcar tanto nutrimentales como fermentativas como con el uso de urea, NaOH y maíz molido (Santos *et al.*, 2014), así como urea, NaOH, CaO, maíz y *Lactobacillus buchneri* (Rocha *et al.*, 2014), el estudio de urea asociado a benzoato de sodio o diferentes niveles de propionato de sodio (Pedroso *et al.*, 2017), con Ca(OH)<sub>2</sub> (Pedroso *et al.*, 2018), con CaO (Chizzotti *et al.*, 2015), también CaO combinado con urea (Martins *et al.*, 2015).

Aunque el uso de CaO como aditivo en el ensilaje de caña mejoró la recuperación de nutrientes y estabilización aeróbica del proceso, se indica una resistencia a la caída de pH y demérito de la calidad por incrementó en el recuento de enterobacterias y clostridios (Jacovaci *et al.*, 2017).

Un aspecto que se explora para disminuir las pérdidas de energía en la elaboración de ensilado de caña es el uso de glicerina (Santos *et al.*, 2015), quienes encontraron un efecto lineal al incrementar este compuesto en el contenido de materia seca, disminuir la FDN, estabilidad de pH y sin modificación de las bacterias lácticas.

También se propone el uso de enzimas como las xilanasas para mejorar la fermentación y la composición química del ensilado de caña de azúcar (Del Valle *et al.*, 2018).

Por otro lado, se logró la integración de residuales orgánicos de cerdos (porcinaza) en asociación con VITAFERT (Estrada *et al.*, 2015) para la elaboración de ensilaje de caña de azúcar y también con pasta dextoxificada de harina de *Ricinus communis*, con resultados variables en la producción de ensilado de caña, con incremento en MS y PC y disminución de las pérdidas durante el proceso de ensilaje de caña de azúcar (Paulino *et al.*, 2018).

Recientemente se asoció con forraje proteico de *Cajanus cajan* con resultados interesantes en el control de la pérdida por gases y en la mejora de las características nutrimentales (Pereira *et al.*, 2019). Todo ello, como muestra de la búsqueda de diferentes estrategias que optimicen la elaboración de ensilaje de caña de azúcar.

### ***Aditivos biológicos en la elaboración del ensilado de caña de azúcar en Colima, México***

Se considera en este caso a inoculantes, dado que son productos naturales, que no tienen riesgo en su manipulación, no son corrosivos, no generan problemas ambientales, son fáciles de conseguir o fáciles de desarrollar.

A continuación, se describe un aditivo inoculante artesanal (AIA) basado en el proceso de multiplicación de bacterias lácticas provenientes del yogur (Palma 2003). Inclusive se puede enriquecer con suero de lechería como estrategia en su elaboración. El aditivo inoculante se basa en la mezcla de los siguientes insumos en relación peso/volumen, es recomendable para los productores el pesaje de los elementos utilizados, después de la mezcla se deja fermentar por 24 horas, tiempo en el cual, estará listo para su aplicación (cuadro 4).

**Cuadro 4**  
**Elaboración de aditivo inoculante artesanal (AIA)**  
**para aplicar en el proceso de ensilado en caña de azúcar**

Insumo	Porcentaje
Melaza	15.0
Pollinaza	5.0
Urea	0.5
Yogur	1.0
Subtotal	15.5
Agua	83.0
Total	100.0

Palma (2003).

La dosis de aplicación es de 1 a 3%. En la experiencia desarrollada en Colima con este aditivo inoculante se manejó 1%. Esta es una tecnología, de fácil elaboración, bajo costo dado que el valor económico del inóculo resulta en 2.0 a 2.5 veces más barato que los de tipo comercial, promueven una fermentación rápida, estimulan la producción de ácido láctico en lugar de ácido acético y alcohol, disminuyen pérdidas de materia seca y mejoran el proceso de fermentación. Aunque este tipo de inoculante se utiliza en la elaboración del ensilado de caña de azúcar, puede aprovecharse en la preparación de ensilados de cualquier forraje.

#### *Aditivos nutrimentales en la elaboración del ensilaje de caña de azúcar*

El uso de aditivos nutrimentales para mejorar la calidad proteica de la caña de azúcar se realizó con la incorporación de urea 1%, sulfato de amonio 0.1% y fosfato de amonio 0.25% descripción tecnológica señalada por Palma (2003).

#### *Características químicas de ensilaje de caña de azúcar*

En el cuadro 5, se muestran los primeros resultados de algunas características nutrimentales de la caña de azúcar ensilada, valor de pH y densidad obtenida del ensilado. El valor de proteína cruda (N x 6.25) se logró incrementar de 8.56 hasta 16.41%, con un valor de energía metabolizable de 2.0 Mcal/kg MS, existió una disminución del contenido energético posiblemente a costa de la producción proteica.

El valor de pH estuvo en rangos de 3.86 hasta 4.55 y la densidad fue de 550 a 600 kg/m<sup>3</sup>, lo que permitió tener un olor dulzón, las hojas de color verde claro y el tallo de color ámbar con un contenido de materia seca que osciló de 21.64 hasta 30.75%. Con estos resultados Palma (2003) elaboró un tríptico (figura 3) y demostraba que con esa guía de divulgación los productores eran capaces de apropiarse de la tecnología (figura 4).

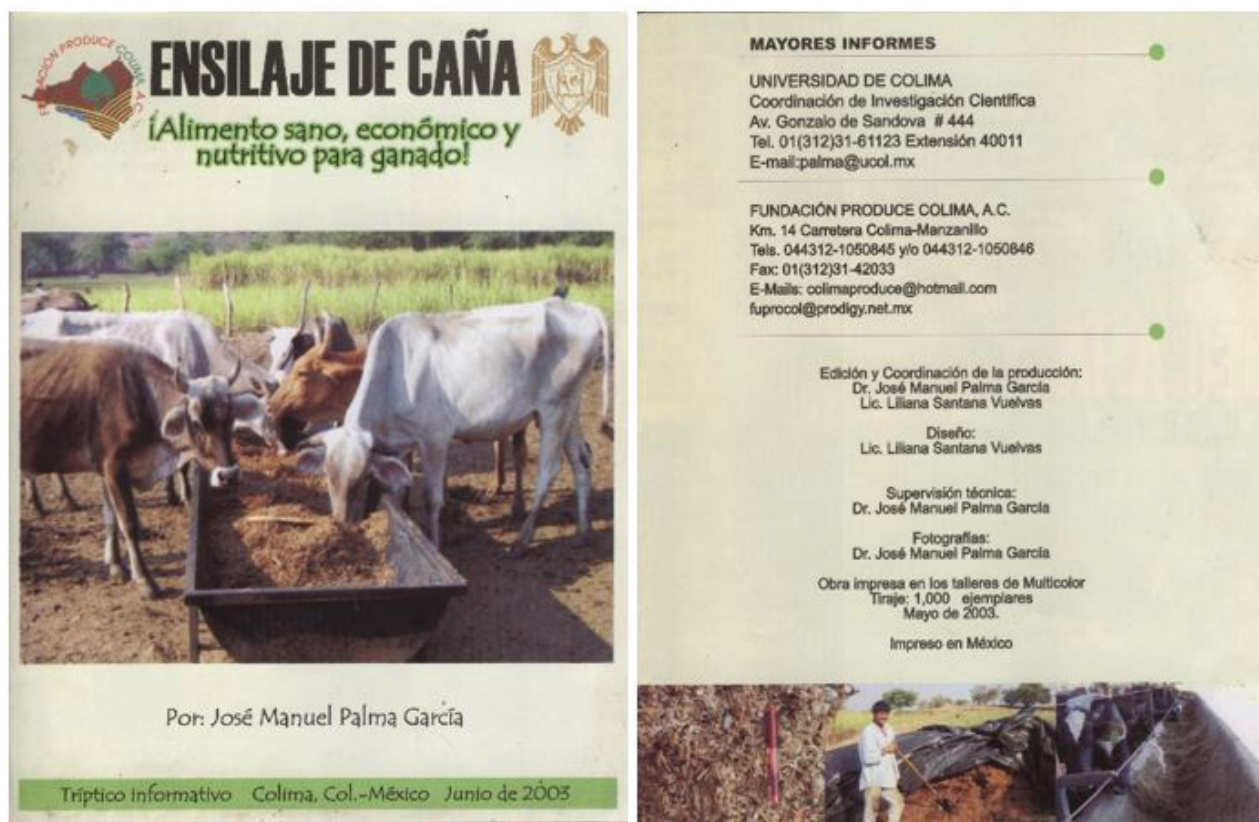


**Cuadro 5**  
**Algunas características químicas del ensilado de caña de azúcar**

Materia seca (%)	21.64 - 30.75
Proteína cruda (%) N x 6.25	8.56 - 16.41
Fibra cruda (%)	29.63 - 40.20
EM (Mcal/kg MS)	2.00
Nitrógeno amoniacal (Mg de N <sub>2</sub> )	8.00 - 10.41
Nitrógeno no proteico	0.07 - 1.08
Proteína verdadera (%) N verdadero x 6.25	0.88 - 1.28
pH	3.86 - 4.55
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	550 - 600

Palma (2003).

**Figura 3**  
**Tríptico de divulgación sobre el proceso de ensilaje de caña de azúcar**



Palma (2003).

Figura 4

Ensilaje de caña de azúcar: a. Silo tipo pastel, b. Apertura con productor de escala familiar, c. Tamaño de partícula y d. Oferta a bovinos en la época de sequía



Fotos: José Manuel Palma García.

### ***Algunos resultados de producción con bovinos***

A partir de los resultados que se obtuvieron, se desarrolló una prueba de comportamiento que comparó dos grupos de bovinos en producción de carne establecida en forma intensiva, en etapa de finalización con raciones total mezcladas con 30% de inclusión de ensilado de caña (Herrera *et al.*, 2000), los resultados mostraron que era factible sustituir el uso de la caña fresca por la ensilada en dietas integrales dado que no se encontró diferencia estadística (cuadro 6). Cabe mencionar que, al mismo tiempo de la obtención de los resultados productivos favorables, los ejidatarios indicaron que era la primera vez que podían alimentar el ganado en época lluviosa sin problemas en su suministro y que tenían la posibilidad de disfrutar las fiestas patronales de su localidad, pues ello les optimizaba el tiempo invertido y les quedaban ganas de compartir las fiestas en el pueblo.

En cuanto al desarrollo de hembras Holstein, el trabajo de Palma *et al.* (2008) mostró que la relación de ensilado de caña de azúcar (70%) combinado con suplemento activador de rumen (30%) permitió un adecuado desarrollo de las hembras de reemplazo a un menor costo y con lotes homogéneos comparado en raciones totalmente mezcladas (RTM) basadas en ensilado de maíz (cuadro 7).

**Cuadro 6**  
**Comportamiento de bovinos alimentados con dietas**  
**integrales comparando caña de azúcar fresca o ensilada**

	Caña fresca	Ensilado de caña
Número de animales	64	64
Peso inicial (kg)	312±18	324±28
*Peso final (kg)	363±24	371±34
*Ganancia total (kg/período)	51	47
*Ganancia diaria de peso (kg)	1.640±0.340	1.510±0.420
*Consumo materia fresca (kg/animal)	13.80±2.47	15.31±2.37
*Consumo materia seca (kg/animal)	10.35±1.85	11.36±1.75
*Consumo materia seca (%)	3.3±0.6	3.5±0.5
*Consumo en g de materia seca/kg PV <sup>0.75</sup>	139±5	149±2
*Conversión alimenticia	6.85±1.23	7.52±1.16

\*Hipótesis de “t” las medias son iguales Ho: M1 = M2 (P<0.05). Herrera *et al.* (2000).

**Cuadro 7**  
**Comportamiento productivo de becerras Holstein**  
**del destete hasta la pubertad comparado ensilado de caña o maíz**

	Ensilado de		EEM	P
	caña	maíz		
Número de becerras	14	14	-	-
Edad inicial (días)	81.2	79.3	4.481	0.672
Edad final (días)	471.2	469.3	4.881	0.672
Peso vivo inicial (kg)	78.8	80.2	4.885	0.774
Peso vivo final (kg)	337.9	366.5	20.15	0.168
*Condición corporal inicial	2.9	2.3	0.068	0.862
*Condición corporal final	3.1b	3.7a	0.086	0.001
Ganancia diaria de peso (kg)	0.666	0.743	0.098	0.250
Conversión alimenticia	9.4a	11.4b	0.195	0.001
Costo de alimentación \$/día	8.7b	12.9a	0.161	0.001

a,b=literal distinta en fila significa diferencia estadística. Prueba de Tukey (P<0.05).

\*Escala de 1 al 5. EEM=Error Estándar Media, P=Probabilidad. Palma *et al.* (2008).

En el caso de sistemas de doble propósito, en donde se evaluó la producción de leche, se lograron producciones de entre 5 a 7 l/vaca/día, el nivel de inclusión del ensilado de caña estuvo en 50%, pues en niveles de 60% se llegó a presentar el síndrome de leche anómala (SILA), el cual, se corrigió cuando como máximo se utilizó el 50% de inclusión en el total de la ración, aunque es un aspecto a valorar porque este síndrome tiene diferentes causas.

***Modificaciones del ensilaje de caña de azúcar con el uso de aditivos nutrimentales***

La tecnología originalmente desarrollada utilizó una fuente de NNP, P y S, por lo cual se quiso explicar los efectos dobles o sencillos con el uso de los aditivos nutrimentales más un aditivo inoculante (Palma y Casillas, 2011). Estos resultados se muestran en el cuadro 8 para pH, temperatura y proteína cruda, se demostró que el suministro de compuestos



nitrogenadas como nutrimentos al ensilado de caña, permiten cubrir las deficiencias que tiene el forraje original y que inicialmente se muestra un pH alcalino con efecto tampón, fenómeno observado en los primeros días de fermentación de la caña con la incorporación de aditivos, pero al final del proceso se logra la conservación de la caña con un valor cercano, igual o menor a 4.0, excepto para el tratamiento que sólo incorpora urea que termina con un valor de 4.5 de pH.

En el caso del contenido de proteína cruda (PC) se modificó en dependencia del tipo de aditivo. Se observaron dos grupos diferenciados, uno de ellos ubicado en un rango de 10 a 14% de PC conformado por aquellos tratamientos que incluían urea en diferentes combinaciones y un segundo grupo que no incorporaban urea con valores de 2 a 4% PC. Es conocido que las proteínas representan entre el 70 y 80% del nitrógeno total presente, sin embargo, con el paso del tiempo comienzan a ser degradadas hasta ácidos aminados por las proteasas existentes en la planta y este efecto está determinado por el pH del forraje en valores de 5 a 6, por lo tanto, el lograr un pH ácido cercano a 4, suspende este proceso y además permitió el incremento del valor proteico del ensilado.

Por otro lado, la temperatura refleja la óptima conservación del ensilado, el cual se mantiene bajo control de la población microbiana y del proceso de fermentación, entre los tratamientos existió diferencia estadística, los valores se ubicaron entre 24 y 26 °C, los cuales favorecen un buen proceso de ensilado dado que influyen en la velocidad de fermentación y en que las bacterias ácido lácticas sean dominantes, pues altas temperaturas alrededor de 40 °C incrementan los niveles de N-amoniaco (Borreani *et al.*, 2018).

**Cuadro 8**  
Efectos del aditivo en pH, temperatura  
y proteína cruda en el ensilado de caña de azúcar

Tratamientos	pH	Temperatura (°C)	Proteína cruda (%)
IU	4.50 <sup>a</sup>	24.95 <sup>ab</sup>	10.7 <sup>c</sup>
ISA	4.00 <sup>c</sup>	24.23 <sup>b</sup>	3.4 <sup>de</sup>
IFD	4.10 <sup>c</sup>	24.85 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>e</sup>
IUSA	4.10 <sup>c</sup>	25.23 <sup>ab</sup>	10.2 <sup>c</sup>
IUFD	4.10 <sup>c</sup>	25.66 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>
ISAFD	3.95 <sup>c</sup>	25.00 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>d</sup>
IUSAFD	4.20 <sup>bc</sup>	24.61 <sup>ab</sup>	12.2 <sup>b</sup>
Inóculo	3.95 <sup>c</sup>	24.57 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>d</sup>
Testigo	3.90 <sup>c</sup>	25.00 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>e</sup>
EEM	0.13	0.35	0.35
P	0.001	0.001	0.001

IU= Inóculo + urea, ISA = Inóculo + Sulfato de amonio, IFD = Inóculo + Fosfato diamónico, IUSA=Inóculo +Urea + Sulfato de amonio, IUFD = Inóculo +Urea + Fosfato diamónico, ISAFD=Inóculo + Sulfato de amonio + Fosfato diamónico, IUSAFD= Inóculo + Urea + Sulfato de amonio + Fosfato diamónico.

a,b,c,d,e medias por columna con diferente superíndice dentro de cada efecto principal difieren, por prueba de Tukey (P<0.05).

Palma y Casillas (2011).

### *Socialización de la tecnología ensilaje de caña de azúcar*

En primer lugar, se cubrió la demanda tecnológica que realizaron los productores del ejido Fernández, municipio de Cuauhtémoc, Colima, México.

Posteriormente se implementó con distintos productores en los municipios de Cuauhtémoc, Colima, Tecomán, Armería y Villa de Álvarez en el estado de Colima.

En el aspecto de difusión, se realizaron días demostrativos, se elaboró un tríptico (figura 3), un video y diferentes cursos de capacitación de la tecnología en el estado de Colima, México.

Además de Colima, múltiples capacitaciones se desarrollaron en los estados de Campeche, Jalisco, Nayarit, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

Esta tecnología también se presentó a científicos y productores en Argentina, Colombia, Cuba y Uruguay.

A partir de ahí se desarrollaron diferentes trabajos de investigación a nivel de licenciatura y posgrado. Asimismo, en la literatura existen diferentes propuestas en el desarrollo de ensilado de caña de azúcar basadas en la presente tecnología, como es el caso del desarrollo de vaquillas con ensilado de caña de azúcar comparado con ensilado de maíz (Reyes *et al.*, 2006; 2011), así como la valoración de la digestibilidad con aditivos inoculantes y nutrimentales (Reyes-Gutiérrez *et al.*, 2012) quienes mostraron mejora del contenido proteico del ensilado con y sin inóculos de 6.11 hasta 13.75% PC y de la digestibilidad *in situ* de 60.02 hasta 66.67%. Tendencia que se mantuvo en otros trabajos de Reyes-Gutiérrez *et al.* (2015a) quienes indicaron 5.01% de PC, de digestibilidad *in situ* de 56.60% y pH de 3.58 y en Reyes-Gutiérrez *et al.* (2015b), indicaron 14.7% PC, de digestibilidad *in situ* de 54.60% y pH de 4.30. Con este mismo enfoque incrementaron el nivel de inclusión del inóculo bacteriano de 1 a 3% con el uso de yogur comercial que contenía una mezcla de *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. acidophilus* y *L. bifidus*, con valores de proteína cruda de 14.71 y 17.75% PC, con incrementó del N-NH<sub>3</sub> de 3.50 a 16.00, los valores de pH no fueron los idóneos con 4.30 y 4.75 para 1 y 3%, respectivamente (Reyes *et al.*, 2018),

Recientemente Vega *et al.* (2019) realizaron pruebas con ensilaje de caña obteniendo valores de 13.36% PC y pH 3.57, para alimentar borregos asociados con alfalfa o *Tithonia diversifolia*, estos resultados confirman que la tecnología propuesta es atractiva para las condiciones tropicales.

En la actualidad en Colima, existen productores particulares que ofertan el servicio de elaboración de ensilado de caña de azúcar, desde la venta de la caña, acarreo de forraje picado y elaboración del ensilado.

La disponibilidad del material audiovisual (Palma, 2005) que promueve esta tecnología (<https://www.youtube.com/watch?v=4UmA7e2O518>) y del tríptico que ofrece la Fundación PRODUCE Colima, genera dos aspectos relevantes a mencionar: 1. Aquellos productores que se acercan para preguntar por la tecnología tanto para aclarar dudas como para pedir orientación tecnológica y 2. Otros productores que guiados por el material realizan el proceso y lo implementan en sus ranchos.



## Conclusiones

El desarrollo de una metodología de fácil aplicación para la obtención de ensilaje de caña para enfrentar el periodo seco, permitió resolver la escasez forrajera en un amplio sector ganadero de la región tropical, tanto de escala familiar como a gran escala.

El uso de aditivos químicos basados en urea o sus combinaciones más la inoculación de bacterias lácticas enriqueció en forma proteica el ensilado de caña de azúcar, con el mantenimiento apropiado de pH y temperatura para estabilizar la fermentación anaeróbica, con un enriquecimiento en el tenor de proteína.

El trabajo desarrollado con productores de diferentes estratos y condiciones productivas permiten validar esta tecnología que además en el momento actual es promocionada por productores que se dedican a dar el servicio de elaboración de ensilaje de caña de azúcar.

## Referencias

- Ayala, C. (2004). Digestibilidad y cinética de degradación de materia seca in situ ruminal de diferentes variedades de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) asociadas o no a un suplemento activador de la función ruminal. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México.
- Borreani, G.; Tabaco, E.; Schidt, R.J.; Holmes, B.J. y Muck, R.E. (2018) Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.* 101: 3952-3979.
- Chizzotti, F.H.M.; Pereira, O.G.; Valadares Filho, S.C.; Chizzotti, M.L.; Rodrigues, R.T.S.; Tedeschic, L.O.; Silva, T.C. (2015). Does sugar cane ensiled with calcium oxide affect intake, digestibility, performance, and microbial efficiency in beef cattle? *Animal Feed Science and Technology.* 203: 23-32
- Del Valle, T.A.; Antonio, G.; Zenatti, T.F.; Campana, M.; Zilio, E.M.C.; Ghizzi, L.G.; Gandra, J.R.; Osório, J.A.C. y de Moraes, J.P.G. (2018). Effects of xylanase on the fermentation profile and chemical composition of sugarcane silage. *The Journal of Agricultural Science.* 156: 1123-1129
- Elías, A. y Herrera, F.R. (2008). Producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con la utilización de microorganismos beneficiosos activados (MEBA) 1era versión VITA-FERT. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. 28 p.
- Estrada-Álvarez, J.; Villa-Duque, N. y Henao-Urbe, F.J. (2015). Digestibilidad de un ensilaje de caña de azúcar con porcínaza y su evaluación en un sistema bovino de doble propósito. *Pastos y Forrajes.* 38(4): 425-430.
- Herrera, F.; Palma, J.M y Romero, F. 2000. Engorda intensiva de bovinos con dietas integrales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) ensilada o fresca y sus subproductos. Memorias XIII Reunión de Avances en Investigación Agropecuarias y Marinas. FES-Cuautitlán - UNAM. Pp 134 - 136.
- Jacovaci, F.A.; Jobim, C.C.; Schmidt, P.; Nussio, L.G. y Daniel, J.L.P. (2017). A data-analysis on the conservation and nutritive value of sugarcane silage treated with calcium oxide. *Animal Feed Science and Technology.* 225: 1-7.
- Kung, L. y Stanley, R.W. (1982). Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. *Journal Animal Science.* 54(4): 689-696.
- Martin, P.C. (2015). *La alimentación del ganado con caña de azúcar y sus subproductos.* Ed. EDICA. La Habana, Cuba. 246 p.
- Martins, S.C.S.G.; Carvalho, G.G.P.; Pires, A.J.V.; Silva, R.R.; Leite, L.C.; Pereira, F.M.; Mota, A.D.S.; Nicory, I.M.C. y Cruz, C.H. (2015). Qualitative parameters of sugarcane silages treated with urea and calcium oxide. *Semina: Cienc. Agrar.* 36: 1135-1144.
- Molina, A. S.; Sierra, J.F. y Febles, I. (1999). Ensilaje de caña de azúcar con síntesis proteica. Efectos combinados del aditivo y la densidad. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 33: 215-218.
- Palma, J. M. (2003). Ensilaje de caña alimento sano, económico y nutritivo para ganado. Universidad de Colima, Fundación Produce Colima A.C. Tríptico informativo.
- Palma, J.M. (2005). Ensilado de caña de azúcar, una opción para la ganadería tropical. VIDEO. Universidad de Colima-Fundación PRODUCE Colima. (<https://www.youtube.com/watch?v=4UmA7e2O518>) (Consultado 20 enero 2020).

- Palma, J.M. (2014). Subproductos de la caña de azúcar. En Transformación de subproductos y residuos de la agroindustria de cultivos templados, subtropicales y tropicales en carne y leche bovina. Editor A. Fernández. Editorial INTA-EEA Bordenave. Buenos Aires, Argentina. Pp. 113-121.
- Palma, J. M.; Reyes, J. A.; Morales, I. (2008). Caña de azúcar y sus subproductos en la producción de hembras bovinas de reemplazo. En memorias del X Congreso Internacional Diversificación 2008. Oct 14 - 17, La Habana.
- Palma, J.M. y Casillas, M. (2011). Uso de aditivos para mejorar el contenido proteico del ensilado de caña de azúcar". Memorias de la XXII Reunión ALPA, Montevideo, Uruguay. 24-26 de Octubre de 2011.
- Palma, J.M.; Zorrilla, J.M. y Nahed, J. (2019). Incorporation of tree species with agricultural and agroindustrial waste in the generation of resilient livestock systems. *Cuban Journal of agricultural Science*. 53(1): 73-90.
- Paulino, A.daS.; Almeida, V.V.S.; Oliveira, A.; Oliveira, H.; García, R.; Silva, R.R.; dos Santos, P.; Silva, Y.A.; Bispo, S.B. y Lima-Júnior, D.M. (2018). Influence of increased doses of detoxified castor bean meal on chemical composition and characteristics of sugarcane silage. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 78(4): 503-510.
- Pedroso, A.F.; Esteves, S.N.; Junior, W.B. y Souza, G.B. (2017). Chemical composition, fermentation profile and apparent digestibility of sugarcane silage treated with chemical additives. *Boletín de Industrial Animal*. 74(3): 182-194.
- Pedroso, A.F.; Nassu, R.T.; Tullio, R.R.; Berndt, A.; Barioni, W.; Esteves, S.N. y Pedroso, A.M. (2018). Sugarcane silage treated with calcium hydroxide in feedlot cattle diet: animal performance and meat quality. *Boletín de Industrial Animal*. 75e1425: 1-11.
- Pereira, D.S.; Lana, R. de P.; do Carmo, D.L. y da Costa, Y.K.S. (2019). Chemical composition and fermentative losses of mixed sugarcane and pigeon pea silage. *Acta Scientiarum*. 41.e43709: 1-5.
- Preston, T.R.; Hinojosa, C. y Martínez, L. (1976). Ensilaje de caña de azúcar con amoníaco, miel y ácidos minerales. *Producción Animal Tropical*. 1: 124-131
- Preston, T.R. (1977). El valor nutritivo de la caña de azúcar para el rumiante. *Producción Animal Trópico*. 2: 129-145.
- Reyes, J.A.; Morales, I. y Palma, J.M. (2006). Costos de producción de vaquillas Holstein con ensilado de caña de azúcar o de maíz. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*. 10(2): 69-81.
- Reyes, J.A.; Morales, I y Palma, J.M. (2011). Comparación de ensilado de caña o maíz en el desarrollo de vaquillas Holstein-Friesian." Memorias de la XXII Reunión ALPA, Montevideo, Uruguay. 24-26 de Octubre de 2011.
- Reyes-Gutiérrez, J.A.; Montañez-Valdez, O.D; Rodríguez-Macias, R.; Ruíz-López, M.; Salcedo-Pérez, E.; Avellaneda, J.; Medina, H.N. y Quintana, J.G. (2012). Efecto de la adición de inóculo y aditivo en la digestibilidad in situ de la materia seca del ensilado de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología*. 5(1):13-16.
- Reyes-Gutiérrez, J.A.; Montañez-Valdez, O.D.; Rodríguez-Macias, R.; Ruiz-López, M.; Salcedo-Pérez, E. y Guerra-Medina, C.E. (2015a). Effect of a bacterial inoculum and additive on dry matter *in situ* degradability of sugarcane silage. *Journal of Integrative Agriculture*. 14(3): 497-502.
- Reyes-Gutiérrez, J.A.; Guerra-Medina, C.E. y Montañez-Valdez, O.D. (2015b). Chemical composition and in situ evaluation of fresh and ensiled sugarcane (*Saccharum officinarum*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18(3): 273-277.
- Reyes-Gutiérrez, J.A.; Montañez-Valdez, O.D.; Guerra-Medina, C.E. y Ley De Coss, A. (2018). Efecto de la inclusión de aditivos sobre la calidad del ensilado de caña de azúcar. *Rev. MVZ Córdoba*. 23(2): 6710-6717
- Rocha, W.J.B.; Rocha, V.R.; Silva, G.WV.; Reis, S.T.; Ruas, J.R.M; Soares, C.; Menezes, J.C y Borges, L.D.A. (2014). Fermentative characteristics of sugar cane silages with additives. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim*. 15(4): 801-814.
- Santos, W.; Carvalho, T.M.; Cavalcanti, C.C.; Espíndola, A.M.; Mesquita, S.G. Neves, A. y Araújo, B. (2014). Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz. *Pastos y Forrajes*. 37(2): 182-190.
- Santos, W.P.; Carvalho, B.F.; Ávila, C.L.S.; Júnior, G.S.D.; Pereira, M.N. y Schwan, R.F. (2015). Glycerin as an additive for sugarcane silage. *Ann. Microbiol*. 65: 1547-1556.
- Vega, E.; Sanginés, L.; Gómez, A.; Hernández-Ballesteros, A.; Solano, L.; Escalera-Valente, F y Loya-Olguin, J.L. (2019). Reemplazo de alfalfa con *Tithonia diversifolia* en corderos alimentados con ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz. *Rev. Mex. Cienc. Pecu*. 10(2): 267-282



# Epílogo

Las tecnologías sociales se caracterizan por su sencillez, bajo costo, factibilidad de aplicación y su comprobado impacto socioeconómico; promueven soluciones para resolver los principales problemas relacionados con los servicios ecosistémicos, ingresos económicos, la salud, los conocimientos y la vivienda, entre otros. Su adecuada utilización puede contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible del milenio. No obstante, hacia el futuro, se impone cambiar valores, que significa cambiar la forma de pensar y de habitar, desaprender métodos convencionales y efectuar la reconversión de los sistemas convencionales hacia los agroecológicos. El propósito además de incrementar la producción de alimentos con inocuidad, eficiencia económica y energética, es conservar los recursos naturales y el medioambiente, mediante el manejo adecuado de plantas y animales adaptados.

La agricultura industrial, es la más susceptible a la variabilidad climática. La relación suelo-agua-planta-animal-clima-energía no se toma en cuenta con un enfoque sistémico para el manejo de estos servicios en el planeta. Predomina la tecnología del agronegocio, y la innovación científica está a favor de beneficiar las ganancias bajo los preceptos del crecimiento económico y el rendimiento sin límite.

Por ello se plantea que en el desarrollo del capitalismo se construyó el orden social independientemente de las condiciones de la naturaleza, por eso no es posible articular las tecnologías agrícolas al funcionamiento del ecosistema.<sup>1</sup>

Los paquetes tecnológicos que utilizan el método de entrega de propuestas, sin interesarles las necesidades de los individuos, el planeta, ni las condiciones edafoclimáticas y tampoco los conocimientos de los productores, porque tratan de resolver los problemas generados por sus prácticas convencionales con los mismos métodos, aumentando la insostenibilidad y la vulnerabilidad.

Los sistemas convencionales o agroindustriales van en contra de los flujos cíclicos de la naturaleza, y a favor de los ciclos lineales en los procesos de intervención (invertir-producir-consumir-eliminar), los cuales unidos al crecimiento de la población, al cambio climático, al deterioro de los suelos, al agotamiento de los recursos naturales, entre otros; demandan otros métodos de manejo del ecosistema que contribuyan a revertir ese proceso, lo que implica cambios en el modelo de la economía mundial por un sistema de regeneración del valor natural (reducción, reutilización, recuperación y reciclaje de los recursos usados —materiales y energía —).

<sup>1</sup>Omar F. Giraldo. Dr.C. México. Artículo publicado en el 2015 en Polis Revista Latinoamericana.

En la nueva economía, la innovación es la principal fuente de riqueza y diferenciación entre naciones, ya que las ventajas comparativas dependen, cada vez menos, de los factores productivos tradicionales (capital, costos laborales, acceso a materias primas) y, si cada vez más, de la habilidad de transformar conocimientos en nuevos o mejorados productos, procesos y servicios. El factor crítico es el conocimiento, pues se convierte en el factor principal de la producción, y es mucho más difícil de privatizar que los bienes de capital.<sup>2</sup>

En la innovación local, el conocimiento socialmente relevante es generado y apropiado en el contexto de su aplicación e implicaciones. No es una nueva forma como tantas tecnologías que se ponen de moda, asumir el nuevo reto implica cambios profundos en el mediano y largo plazo, debido a la composición de los sistemas de producción agropecuaria (energía, suelo, agua, aire, clima, biodiversidad), y la clave del éxito está en asumirlo desde dentro de las instituciones y en la innovación que estas realizan fuera de las mismas.

Lograr la transición agroecológica para la sostenibilidad con soberanía y resiliencia, necesita de soporte legal, acceso financiero, y divulgación, entre otros. En la transición de los sistemas convencionales hacia los agroecosistemas sostenibles, se incorporan los sistemas tradicionales campesinos y los sistemas agroecológicos. Es un proceso integrador y transdisciplinario en el que la agroecología es el camino para convertirlos en sistemas sostenibles.

Para lograr los cambios son necesarias políticas públicas y la integración de entidades del sector productivo, las universidades, los centros científicos y las organizaciones civiles. No es una tarea fácil, la integración de la ciencia formal con la participativa bajo un enfoque transdisciplinario, y la formación de capacidades debe estar en consonancia con las necesidades, aspiraciones y demandas locales, en las que el crecimiento económico y el desarrollo tecnológico son los medios y no los fines para el bienestar del hombre.

En ese sentido, el presente libro abre un camino que será necesario transitar en la producción de alimentos mediante la producción pecuaria de América Latina y el Caribe.

Milagros de la C. Milera Rodríguez

<sup>2</sup>Agustín Lage. Dr.C. Cuba. Libro publicado en el 2015 por la Editorial Academia. GECYT.



# Autores(as)

## **Abelardo Conde Pulgarín**

Colombiano | Institución de adscripción: Universidad de La Salle | Maestría en diseño y gestión de procesos | Línea de investigación: Producción animal sostenible.

## **Álvaro González Revello**

Uruguayo | Institución de adscripción: Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República | M. Sc. en biotecnología | Línea de investigación: Desarrollo de biotecnologías aplicadas al diagnóstico microbiológico.

## **Ana Laura Vodanovich Possamai**

Uruguaya | Institución de adscripción: Facultad de Agronomía, Universidad de la República | Ingeniera agrónoma | Línea de investigación: Sistemas de producción de cerdos a campo, caracterización, conservación y calidad de carne de cerdo Pampa Rocha producidos al aire libre con pasturas.

## **Andrea Celemín Sarmiento**

Colombiana | Institución de adscripción: Universidad de La Salle | Zootecnista | Línea de investigación: Producción animal sostenible.

## **Antonio Suset Pérez**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Gestión del desarrollo a escala local. Formación de capacidades.

## **Arellys Vázquez Peña**

Cubana | Institución de adscripción: Instituto de Ciencia Animal | PhD | Línea de investigación: Mecanización de alimentos alternativos.

## **Ariosto Ardila Silva**

Colombiano | Institución de adscripción: Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ETITC) | Doctorado en genética y mejoramiento | Línea de investigación: Genética animal. Filosofía ambiental.

**Arnaldo Moreni Real**

Uruguayo | Institución de adscripción: Facultad de Agronomía, Universidad de la República | Magíster en ciencias agrarias opción ciencias animales | Línea de investigación actual: Calidad de mieles del Uruguay.

**Carlos Francisco Ortíz Paniagua**

Mexicano | Institución de adscripción: Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo | Doctor en ciencias del desarrollo regional. | Líneas de investigación: Economía regional. Desarrollo regional sustentable y competitividad y desarrollo local.

**Carolina Corrêa de Figueiredo Monteiro**

Brasileña | Institución de adscripción: Universidade Estadual de Alagoas | Doctorado | Línea de investigación: Evaluación de la alimentación animal. Nutrición de rumiantes.

**Cecilia Soledad Carballo Sánchez**

Uruguaya | Institución de adscripción: Facultad de Agronomía, Universidad de la República | Ingeniera agrónoma MSc | Línea de investigación: Sistemas de producción de cerdos a campo, caracterización, conservación y calidad de carne de cerdo Pampa Rocha producidos al aire libre con pasturas.

**Daniel de J. Vela de León**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Licenciado | Línea de investigación: Desarrollo empresarial. Desarrollo local. Emprendimiento social. Cadenas productivas.

**Daniel Leonardo Cala Delgado**

Colombiano | Institución de adscripción: Universidad Cooperativa de Colombia | Maestría en acuicultura | Línea de investigación: Sistemas de producción acuícola.

**Dario Hirigoyen**

Uruguayo | Institución de adscripción: Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Veterinaria Universidad de la República | M. Sc. in Dairy Sciences | Línea de investigación: Calidad e inocuidad de leche.

**Félix Ojeda-García**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Conservación de forrajes, bioproductos.

**Gertrudis Pentón-Fernández**

Cubana | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctora en ciencias | Línea de investigación: Agroquímica, abonos, biochar.

**Gilberto Blanco García**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Ingeniero | Línea de investigación: Desarrollo empresarial. Desarrollo local. Emprendimiento social. Cadenas productivas.

**Giraldo Jesús Martín Martín**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias agrícolas (Ph.D.) | Línea de investigación: Bioenergía. Desarrollo agropecuario local y plantas proteicas.

**Gláucia Sabrine de Oliveira Moraes**

Brasileña | Institución de adscripción: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) | Doctorado | Línea de investigación: Evaluación de la alimentación animal; nutrición de rumiantes.

**Gustavo Crespo López**

Cubano | Institución de adscripción: Instituto de Ciencia Animal | PhD | Línea de investigación: Fertilidad de suelos.

**Hans Peter-Schmith**

Suizo-alemán | Institución de adscripción: Ithaka Institute for Carbon Strategies | Licenciado | Línea de investigación: Certificador de producciones bajas en carbono.

**Hilda C. Machado Martínez**

Cubana | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Gestión del desarrollo a escala local. Formación de capacidades.

**Iván Lenin Montejo-Sierra**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Bioproductos, extensionismo.

**Jaime Fabián Cruz Uribe**

Colombiano | Institución de adscripción: Universidad Antonio Nariño | Magister en agroecología | Línea de investigación: Producción animal sostenible.

**Jefferson Yunis Aguinaga**

Peruano | Institución de adscripción: Instituto del Mar del Perú | Doctorado en acuicultura. | Línea de investigación: Sanidad y patología de organismos acuáticos.

**Jesús Suárez Hernández**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias técnicas (Ph.D.) | Línea de investigación: Bioenergía. Administración de empresas. Gestión de la tecnología y la innovación. Desarrollo agropecuario local.

**Joel Bonales Valencia**

Mexicano | Institución de adscripción: Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo | Doctor en ciencias con especialidad en áreas administrativas | Líneas de investigación: Competitividad internacional.

**José Ángel Sotolongo Pérez**

Cubano | Institución de adscripción: Grupo Empresarial Labiofam, Ministerio de Agricultura de Guantánamo | M. Sc. en energía | Línea de investigación: Agronomía de *Jatropha curcas*. biodiésel.

**José Antonio Torres Rivera**

Mexicano | Institución de adscripción: Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo | Maestro en ciencias | Línea de investigación: Agroforestería Pecuaria.

**José Jassón Flores Prieto**

Mexicano | Institución de adscripción: Tecnológico Nacional de México-CENIDET | Doctorado | Línea de investigación: Aplicaciones térmicas de la energía solar.

**José Manuel Palma García**

Mexicano | Institución de adscripción: Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario y Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Estrategias de alimentación para rumiantes. Sistemas silvo y agrosilvopastoriles en el trópico seco.

**José Manuel Zorrilla Ríos**

Mexicano | Institución de adscripción: Centro Universitario de Ciencias Agropecuarias | PhD | Línea de investigación: Sistema de producción bovinos carne. Modelos bio-económicos en eslabones de producción bovinos carne. Identificación, caracterización y aprovechamiento de recursos naturales locales en la alimentación de rumiantes.

**Juan A. Alfonso Llanes**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Gestión del conocimiento. Formación de capacidades para el desarrollo local.

**Juan Carlos Lezcano-Fleires**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Sanidad vegetal, bioproductos.

**Juana Catarina Cariri Chagas**

Brasileña | Institución de adscripción: Swedish University of Agricultural Sciences | Doctorado | Línea de investigación: Evaluación de la alimentación animal; nutrición de rumiantes.

**Katerine Oropesa Casanova**

Cubana | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Desarrollo local. Transformación de capacidades para el desarrollo local.

**Laila Cristina Bernal Bechara**

Colombiana | Institución de adscripción: Universidad de La Salle | Maestría en ciencias agrarias | Línea de investigación: Producción animal sostenible.

**Leydi Fonte-Carballo**

Cubana | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Bioproductos, bioactivos, productos naturales.

**Lucía Grille Peés**

Uruguaya | Institución de adscripción: Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República | M. Sc. en salud animal | Línea de investigación: Calidad e inocuidad de leche y productos lácteos.

**Luciano Patto Novaes**

Brasileño | Institución de adscripción: Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Doctorado | Línea de investigación: Producción animal.

**Luis Cepero Casas**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey Universidad de Matanzas | M.Sc. en administración de empresas | Línea de investigación: Bioenergía, gasificación de biomasa, biogás y biodiésel. Desarrollo Agropecuario Local.

**Luis Lamela-López**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Bioproductos, extensionismo.

**Manuel García Herreros**

Español | Institución de adscripción: Instituto Nacional de Investigaçã Agrária e Veterinária (INIAV, IP), Portugal | Philosophy Doctor | Línea de investigación: Producción animal, reproducción animal, mejora genética animal, metaanálisis de bases de datos.

**Marcelo de Andrade Ferreira**

Brasileño | Institución de adscripción: Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) | Doctorado | Línea de investigación: Evaluación de la alimentación animal; nutrición de rumiantes.

**Marcos A. García Naranjo**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Gestión del conocimiento. Formación de capacidades para el desarrollo local.



**María Cristina Cabrera Bascardal**

Uruguay | Institución de adscripción: Facultad de Agronomía, Universidad de la República | Doctor | Línea de investigación actual: Nutrición y calidad de alimentos.

**María Helena Guerra Bernadá**

Uruguay | Institución de adscripción: Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto (EE-FAS), Facultad de Agronomía, Universidad de la República | Maestría en zootecnia | Línea de investigación: Estatus mineral, oxidativo y antioxidante de la carne ovina de sistemas pastoriles.

**María Luisa Gómez**

Argentina | Institución de adscripción: Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral | Médica veterinaria | Línea de investigación: Reproducción animal.

**María Victoria Zaldívar**

Cubana | Institución de adscripción: Instituto de Ciencia Animal | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Sanidad porcina.

**Mauricio Miguel Estrada**

Mexicano | Institución de adscripción: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM | Doctorado | Línea de investigación: Cadena agro-alimentaria de bovinos.

**Maykelis Díaz-Solares**

Cubana | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctora en ciencias | Línea de investigación: Bioproductos, bioactivos, productos naturales, bioquímica.

**Miguel Ángel Bautista Hernández**

Mexicano | Institución adscripción: Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo | Doctor en ciencias del desarrollo regional | Líneas de investigación: Competitividad del sector agropecuario.

**Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez**

Cubana | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Sistema de producción animal.

**Nandy Soledad Espino Martínez**

Uruguay | Institución de adscripción: Facultad de Agronomía, Universidad de la República | Ingeniera agrónoma | Línea de investigación: Sistemas de producción de cerdos a campo, caracterización, conservación y calidad de carne de cerdo Pampa Rocha producidos al aire libre con pasturas.

**Odilia Gutiérrez Borroto**

Cubana | Institución de adscripción: Instituto de Ciencia Animal | PhD | Línea de investigación: Nutrición de rumiantes.

**Omar Antonio Zoratti**

Argentino | Institución: Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Litoral | Especialista en docencia universitaria | Línea de investigación: Producción animal, educación.

**Omar Martínez Zubiatur**

Cubano | Institución de adscripción: Instituto de Ciencia Animal | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Nutrición animal.

**Osmel Alonso-Amaro**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Sanidad vegetal, bioproductos.

**Pablo Gerardo Cracco Cattani**

Uruguayo | Institución de adscripción: Facultad de Agronomía, Universidad de la República | Magíster en ciencias agrarias opción producción animal | Línea de investigación actual: Propóleos, calidad, composición y aplicaciones.

**Pedro Carlos Martin Méndez**

Cubano | Institución de adscripción: Instituto de Ciencia Animal | PhD | Línea de investigación: Producción de leche y carne con base en pastos, caña y subproductos agroindustriales.

**Pedro Lezcano Perdigón**

Cubano | Institución de adscripción: Instituto de Ciencia Animal | PhD | Línea de investigación: Alimentación alternativa de animales monogástricos.

**Rafael Medina-Salas**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Doctor en ciencias | Línea de investigación: Sanidad vegetal, bioproductos.

**Randy Alexis Jiménez Jiménez**

Mexicano | Institución de adscripción: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México | Doctor en desarrollo rural | Línea de investigación: Sustentabilidad de la cadena agroalimentaria de lácteos. Economía solidaria y de la producción animal.

**Reynaldo Catalá- Barranco**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Agrotecnia, bioproductos.

**Ricardo Gomes de Araujo Pereira**

Brasileño | Institución de adscripción: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria EM-BRAPA - Rondônia | D. Sc. em zootecnia | Línea de investigación: produção animal.

**Robert Emilio Mora-Luna**

Venezolano | Institución de adscripción: Decanato de Investigación. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) (Venezuela) | Doctorado en zootecnia | Línea de investigación: Evaluación de fuentes energéticas y proteicas en la alimentación de rumiantes.

**Salomón Rosales Ramírez**

Mexicano | Institución de adscripción: Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 181 | Doctorado en ciencias de la educación | Línea de investigación: Educación.

**Sebastián Ezequiel Palmero**

Argentino | Institución de adscripción: Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral | Médico veterinario | Línea de investigación: Producción de leche caprina.

**Taymer Miranda-Tortoló**

Cubana | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Desarrollo local, innovación para el desarrollo, gestión del conocimiento y formación de capacidades.

**Valentín Efrén Espinosa Ortiz**

Mexicano | Institución de adscripción: UNAM - FMVZ | Doctor en ciencias agropecuarias y recursos naturales | Líneas de investigación: Cadena agro-alimentaria de los lácteos. Sustentabilidad, desarrollo rural y producción orgánica.

**Viviana Paola López Páez**

Colombiana | Institución de adscripción: Faculdade de ciencias sociais e humanas- Universidade Nova de Lisboa (FCSH-UNL), Portugal | Profesional en ciencias sociales y candidata a Doctor del programa estudios sobre la globalización | Líneas de investigación: Gobernanza ambiental y seguridad humana. Problemas ambientales en el antropoceno. Teorías verdes de las relaciones internacionales. Desarrollo sostenible.

**Walter Motta Ferreira**

Brasileño | Institución de adscripción: Universidade Federal de Minas Gerais | PhD | Línea de investigación: Alimentación alternativa de conejos.

**Wendy Mercedes Ramírez-Suárez**

Cubana | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Agrotecnia, suelo, bioproductos.

**Yaneisy García Hernández**

Cubana | Institución de adscripción: Instituto de Ciencia Animal | PhD | Línea de investigación: Fisiología de animales monogástricos.

**Yunier Iglesias Vaillant**

Cubano | Institución de adscripción: Cooperativa ENERGOZ, Santiago de Cuba, Cuba | Ingeniero en automática | Línea de investigación: Gasificación de biomasa, automatización.

**Yuván Contino-Esquiñerosa**

Cubano | Institución de adscripción: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas | Máster en ciencias | Línea de investigación: Bioproductos, salud animal.

*Tecnologías sociales en la producción pecuaria de América Latina y el Caribe*, de José Manuel Palma García y Jaime Fabián Cruz Uribe, fue editado en la Dirección General de Publicaciones de la Universidad de Colima, avenida Universidad 333, Colima, Colima, México, <http://www.ucol.mx>. La impresión se terminó en Junio de 2021 con un tiraje de 150 ejemplares. Se utilizó papel bond ahuesado de 90 g para interiores y sulfatada de 12 puntos para la portada. En la composición tipográfica se utilizó la familia Arial. El tamaño del libro es de 22.5 cm de alto por 16 cm de ancho. Programa Editorial: Daniel Peláez Carmona. Gestión administrativa: Inés Sandoval Venegas. Corrección: Eréndira Cortés. Diseño: Adriana Vázquez. Cuidado de la edición: Eréndira Cortés.

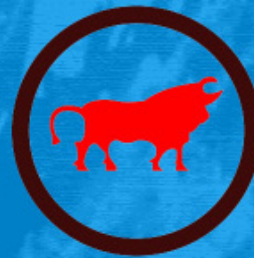


Este libro se produce a través de la colaboración de los miembros de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), que cumple 55 años de fundada este 2021. Qué mejor homenaje que conjuntar el trabajo de varios de sus asociados, con la presente publicación sobre tecnologías sociales en producción pecuaria, producto de la investigación realizada a través de sus instituciones. Un enfoque para los productores de escala pequeña y mediana que representan un segmento medular en la producción de alimentos de origen animal en la región. El documento sirve de apoyo para productores, estudiantes, técnicos, especialistas y autoridades del área, esperamos que también motive a otros colegas para promover estas propuestas. Sus 19 capítulos –provenientes de Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, México, Perú, Uruguay, Venezuela, Portugal y colaboraciones de Suecia y Suiza– son de fácil aplicación, replicables, de bajo costo, sustentables y con evidencias de uso. Las tecnologías presentadas fueron, una como producto, cuatro sobre procesos, cuatro sobre métodos y nueve sobre técnicas; aplicadas en bovinos, cabras, ovinos, aves, cerdos y peces. Cada una de las propuestas apoyan los procesos productivos de nuestra región que tiene grandes contrastes en lo social, económico y biológico; además, abonan a la producción animal en la búsqueda de mejores oportunidades para nuestros productores.

The Nature  
Conservancy



Mexico



Asociación Latinoamericana  
de Producción Animal (ALPA)



UNIVERSIDAD DE COLIMA

