

Retos de la producción animal y priorización de temas estratégicos de investigación

Abelardo Conde P.¹, Liliana Betancourt L.², Wilson Vergara V.³, Fabián Cruz U.⁴

^{1,2,3}Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle. Colombia

⁴Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Antonio Nariño. Colombia.

Introducción

La revolución alimentaria, como se conoce hoy a los grandes desarrollos de la industria pecuaria en el mundo, señala tendencias actuales y visualiza escenarios futuros del sector agropecuario, que deben ser tenidos en cuenta para definir con precisión las necesidades de investigación y su priorización, con el fin de garantizar la sostenibilidad social, económica y técnica de los sistemas de producción y la conservación sostenible de los agroecosistemas, a la par con la satisfacción de necesidades de materias primas y alimentos de origen animal en cantidad, calidad y aporte de nutrientes, para la población mundial, para, por lo menos, las tres próximas décadas.

A través de la historia, los alimentos de origen animal han jugado un papel determinante en el desarrollo de la humanidad, iniciando con su temprana contribución a la evolución de la locomoción bípeda, al desarrollo de una mayor masa cerebral, al comportamiento social más activo y a la innovación tecnológica y social frente a la obtención y procesamiento de los alimentos (Milton, 2003). Más tarde, la domesticación de los animales y plantas contribuyó a estabilizar el suministro de alimentos, impulsando de manera determinante el desarrollo de las sociedades. La revolución alimentaria ha sido el resultado de fuerzas sociales y económicas que han impulsado el consumo de alimentos de origen animal y que han promovido el crecimiento sostenido de los sistemas de producción pecuarios (FAO, 2010).

Los principales factores que han determinado el aumento en el consumo de productos de origen animal han sido el crecimiento poblacional, la urbanización y el aumento en los ingresos. La demanda global de alimentos de origen animal ha sido satisfecha por sistemas de producción animal que mejoraron sus niveles de eficiencia y sus formas de producción, y en esto ha jugado un papel protagónico la investigación, con sus grandes adelantos en el área de la Zootecnia o Ciencia Animal. De acuerdo con Thornton (2010), la producción total de alimentos de origen animal incrementó enormemente desde 1960: la producción de ganado de carne ha aumentado más del doble, mientras que la producción de carne de pollo ha incrementado en cerca de diez veces, debido al incremento en el número de animales y su productividad. Entre los años 1960 y 2000, el peso de la canal de pollos y bovinos incrementó en cerca del 30 %, mientras que la de cerdos en un 20 %, igualmente, se reportan incrementos en la producción de leche en un 30 % más por animal, en el mismo periodo de tiempo (FAO, 2010, reportado por Thornton, 2010).

Actualmente, en el mundo, la producción de carne de pollo y cerdo constituye dos terceras partes del total de carnes producidas, mientras que en los países en desarrollo la carne de pollo constituye más de la mitad del total de carne producida. En Colombia, por los niveles alcanzados en el consumo de carne de pollo, ésta representa el 50.3 % del total de carnes, la carne de cerdo el 12.5 % y 37.1 % la de bovino.

Sin embargo, el sistema alimentario mundial actual es insostenible, la creciente demanda de alimentos, el afán por incrementar la oferta de alimentos y la intensificación en el uso del suelo y los recursos naturales actual, no permite garantizar la oferta de alimentos para las poblaciones futuras. Es imprescindible que los programas de investigación y desarrollo se orienten al entendimiento de las interrelaciones y balances entre el suelo, agua, plantas y animales, para construir sistemas de producción animal sostenibles, tanto para países desarrollados como para países en vías de desarrollo. Estas propuestas contemplan desde la oferta de alimentos inocuos y saludables, el incremento de la calidad de los recursos físicos y naturales, la viabilidad económica de los sistemas de producción, así como la calidad de vida de los ganaderos y agricultores. Las propuestas de investigación en producción animal no solamente estarían priorizando eficiencia, sino un enfoque ambiental, social y económico orientado por un pensamiento holístico.

Prospectiva y retos de la producción animal

Las tendencias que han dominado el crecimiento y desarrollo de los sistemas de producción animal en el mundo y Colombia, continuarán impulsando su crecimiento en las próximas

tres o cuatro décadas. Lograr satisfacer la demanda de alimentos de origen animal para las próximas décadas trae grandes retos para los sistemas de producción animal, en los cuales la investigación y la innovación jugarán un papel determinante, a fin de identificar e implementar modelos e incluso nuevas formas de producción, que respondan a las necesidades de la población, incrementando niveles de equidad social, con un menor impacto sobre los agroecosistemas.

Las dinámicas sociales que han modelado los cambios en el consumo de los alimentos seguirán vigentes. Junto con una proyección del crecimiento de la economía, permiten estimar que entre los años 2015 y 2060 se darán crecimientos importantes en los consumos per cápita y los consumos totales de carne y leche en el planeta, por tanto, se requiere que el impacto ambiental por unidad de producción se corte a la mitad, para evitar que el nivel de daño vaya más allá del actual.

Los sistemas de producción, de una manera muy amplia y de acuerdo con su nivel de intensificación, se categorizan en sistemas basados en pastoreo, sistemas mixtos (agrícolas y pecuarios) con o sin riego y sistemas sin tierra; estos últimos principalmente cerdos y pollos (Upton, 2004). Y se espera que los aumentos requeridos en la producción animal se alcanzarán a través de: crecimiento de la frontera agropecuaria en un 20 %, intensificación del uso de la actual tierra ya en producción, en un 10 %, y de tecnologías nuevas y uso de las ya existentes en un 70 % (FAO, 2002). Debido a que la carne de cerdo y pollo se produce comercialmente a menor precio que otras carnes, están creciendo muy rápidamente (Upton, 2004).

En Colombia, pese a la disminución de la participación del sector agropecuario en el total de la economía, las actividades pecuarias han presentado tasas de crecimiento altas. En consecuencia, la participación del PIB pecuario en el PIB agropecuario se ha venido incrementando de manera permanente; en 1974 la participación era del 32.8 % para pasar al 37.6 % en el 2000. La tendencia se mantuvo para la última década llegando al 40.4 % en el 2010. En los últimos veinte años, la revolución pecuaria en Colombia también ha tenido su propia expresión señalada por las dinámicas en las tasas de crecimiento de los sistemas pecuarios intensivos, principalmente en la avicultura y en los últimos diez años en la porcicultura. Estas dos actividades han presentado ritmos de crecimiento superiores al de la economía en su conjunto, que durante los últimos años ha crecido a tasas del 4 %, haladas principalmente por la minería (Vergara, 2012).

Un 30 % del aumento en la producción tendrá lugar por la mayor intensificación de la tierra y por el avance de la frontera agrícola, las prácticas que se utilicen garantizarán o no la sustentabilidad de los sistemas de producción y del planeta. El 70 % del crecimiento en la producción, basada en la aplicación adecuada de las tecnologías ya existentes y en nuevas tecnologías, pasa por la necesidad de formación de recurso humano, como la masa crítica que abordará los retos de la producción sustentable y por el impulso a escuelas de pensamiento en donde el conocimiento de nuestros agroecosistemas, su complejidad y fragilidad, sus estructuras y dinámicas, permitan un desarrollo tecnológico apropiado para las condiciones tropicales del medio colombiano, en la búsqueda y desarrollo de tecnologías limpias, que minimicen el uso del agua y generen proceso de recuperación y conservación del suelo agrícola.

En el mundo globalizado, la localización de la producción y consumo de alimentos es cada día más desconectada, lo que incrementa la dependencia de los países al mercado internacional de materias primas y de alimentos, para lograr satisfacer sus necesidades alimentarias. Para el año 2050, se incrementará el número de países y personas dependientes de los recursos externos de agua y tierra para proveer sus alimentos. En el escenario más crítico, hasta 5 200 millones de habitantes serán dependientes, los cuales corresponderán a 51 % de la población del planeta. Igualmente, definen escenarios de hasta 1 300 millones de personas que podrían estar en riesgo de inseguridad alimentaria para este mismo año, en especial, de los actuales países con bajos ingresos económicos, si sus modelos de desarrollo no les permiten esfuerzos importantes en el incremento de la productividad, o la expansión de la importación de otros países.

La producción sin tierra, de aves y cerdos en Colombia es altamente dependiente de recursos y tecnología importada, en especial de la genética y de las materias primas para la alimentación de los animales; incluso de aditivos y estrategias para la mejora de la digestibilidad y la eficiencia productiva de los animales. Igualmente, es conocido que en la medida que se intensifican estos sistemas de producción, hay una exclusión creciente de los pequeños productores y el aumento de la pobreza rural. Por lo anterior, se requieren con suma urgencia esfuerzos importantes en investigación que permitan disminuir la dependencia de recursos y tecnología; así como la innovación con modelos de producción que permitan economías de escala, pero que involucren la integración vertical con la participación de pequeños productores para el suministro de insumos y el procesamiento y comercialización de productos (Upton, 2004).

Priorización en investigación: enfoques

La ciencia en general se ha caracterizado por estructurarse en al menos dos grandes enfoques: el "reduccionismo científico", el cual normalmente conlleva a la sobreespecialización y ha sido la base de grandes desarrollos científicos; y el "holismo o interaccionismo" que busca estudiar integralmente los fenómenos y sus interacciones. La investigación y producción agropecuaria en general y en particular la ciencia animal no han escapado a estos dos enfoques (Navarro, 2000).

El reduccionismo científico ha sido la base del crecimiento y desarrollo del sector agropecuario, desde el punto de vista tecnológico; sin embargo, no ha respondido a los principales retos de la humanidad, en especial por el deterioro de los recursos naturales y la creciente inequidad social en el campo. Éste ha permeado los procesos de desarrollo científico y tecnológico, las agendas de ciencia y tecnología y los procesos de toma de decisiones en la política agropecuaria, impactando a las instituciones que deben direccionar los procesos de investigación e igualmente a las instituciones encargadas de la investigación, lo que ha impulsado desarrollos tecnológicos desarticulados, cuya sumatoria no aporta a un desarrollo agropecuario sustentable.

En América Latina, los procesos de innovación y transferencia de tecnología, en general, también han sido reduccionistas y unidimensionales. El desarrollo de tecnología y su difusión, que ha sido criticada tanto por sus bases teóricas como en sus prácticas, presentan fallas estructurales, tales como el supuesto que las tecnologías son apropiadas y que el problema son los productores renuentes al cambio; no obstante que, las tecnologías en realidad no fueron desde su generación, ni tecnológica ni socialmente apropiadas. Lo anterior plantea que la escasa adopción de las tecnologías desarrolladas por las entidades encargadas de la investigación y la innovación, en gran parte, se explica por procesos desarticulados y por la falta de enfoques que permitan abordar la complejidad de los sistemas de producción, que incluyen componentes productivos y no productivos y que deben siempre ser considerados en el momento de la planificación y la ejecución de los programas de investigación regionales.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, se requieren enfoques más integradores en los ámbitos políticos y en las instituciones encargadas de la investigación y el desarrollo regional; enfoques holísticos que permeen los procesos de planificación y ejecución de la ciencia y tecnología agropecuaria. Dentro del holismo o interaccionismo han existido diferentes enfoques, entre los cuales se destacan el enfoque de sistemas y el enfoque de agricultura multifuncional.

El enfoque de sistemas nació y se desarrolló a través de la contribución de diferentes disciplinas. No es considerado una ciencia ni una teoría o disciplina, sino una nueva metodología que permite la colección, organización y acumulación del conocimiento con el fin de incrementar la eficiencia de nuestras acciones. El enfoque de sistemas se opone al enfoque analítico, incluyendo la totalidad de elementos del sistema objeto de estudio, así como de las interacciones e interdependencias (Giang, 2005). A partir de este enfoque se han propuesto alternativas. Una de ellas es la agricultura multifuncional. Cloke y Goodwin's (1992) sugirieron que era necesario teorizar la complejidad de la agricultura y el desarrollo rural de una manera más satisfactoria a la existente, la cual no había respondido a los retos de la humanidad. Delgado *et al.* (2003) evidenciaron la necesidad de que los desarrollos fueran políticamente posibles, socialmente apropiados y económicamente eficientes. El concepto y las metodologías, basados en una aproximación holística, con un marco legal y político, permiten la diversificación económica, el uso eficiente y sustentable de los recursos naturales, el mejoramiento de las funciones ambientales, la promoción de la cultura, el turismo y la recreación y tienen un amplio sentido del empoderamiento de las regiones y el fortalecimiento del capital social (Wilson, 1996 y 2007). Blandford y Boisvert (2002), desde la perspectiva de la economía agrícola, definen la "multifuncionalidad" como la agricultura multi-producto, constituida por componentes productivos (productos tradicionales de los sistemas agropecuarios: alimentos y fibras) y componentes no productivos, como los beneficios ambientales, características del paisaje, la biodiversidad y el patrimonio cultural, que no se negocian en mercados tradicionales, pero que son de igual o mayor importancia a los productivos.

El fortalecimiento de enfoques holísticos en los diferentes ámbitos es uno de los retos del direccionamiento estratégico de la ciencia y tecnología y la innovación en el sector agropecuario. Los enfoques integradores son necesarios en la estructuración de las políticas y en el direccionamiento de las agendas de investigación de las cadenas pecuarias, en las cuales tradicionalmente se han priorizado los componentes productivos, con muy limitada importancia en los componentes no productivos. Las demandas tecnológicas generalmente tienen en cuenta toda la cadena, desde la producción hasta el consumidor; pero se identifican y priorizan en forma aislada, asignando recursos para proyectos de gran importancia relativa; pero que, por su abordaje reduccionista, no apuntan a la solución de los problemas estructurales, perdiendo la capacidad de generar sinergias y con bajos índices de adopción por parte de los diversos actores de la cadena.

La FAO (2013) propone un nuevo enfoque, la Agricultura climáticamente inteligente, cuya base conceptual se fundamenta en adaptaciones de los sistemas de producción al

cambio climático, minimizando las emisiones de gases efecto invernadero y conservando los recursos naturales. Estos sistemas deben ser más resilientes frente a riesgos y variaciones fuertes del clima. Este modelo de producción contribuye a alcanzar las metas de desarrollo sostenible y está compuesta de tres pilares principales: 1) Incremento de la sostenibilidad y productividad agraria; 2) adaptaciones y construcción de resiliencia al cambio climático, y 3) reducir o capturar los gases efecto invernadero.

Priorización de investigación en el caso colombiano

La construcción de agendas de investigación para las diferentes cadenas pecuarias requiere de procesos rigurosos, con metodologías apropiadas que permitan definir las principales problemáticas del sector y su priorización y, a partir de ellas, la construcción de las demandas de investigación. En estos ejercicios son de vital importancia el desarrollo conceptual y metodológico de los enfoques anteriormente analizados, estableciendo aquellos componentes que no se encuentran directamente relacionados con la tecnología y su aplicación, e involucrando aquellos asociados con aspectos políticos, sociales, culturales y económicos de los sistemas de producción.

De acuerdo a lo reportado por Uribe *et al.* (2011) en Colombia, el MADR, a través del Proyecto Transición de la Agricultura, inició en el 2006 un proceso de cinco años para construir las Agendas Prospectivas de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de veinticuatro (24) cadenas productivas incluidas las acuícolas (camarón de cultivo, tilapia y trucha) y pecuarias: láctea, carne bovina, porcina, ovino caprina y apícola. Este trabajo fue culminado y publicado en el año 2011 con el logro de la definición de las respectivas demandas tecnológicas y no tecnológicas de estas cadenas. Las demandas no tecnológicas fueron abordadas bajo la denominación de "Lineamientos organizacionales e institucionales", clasificados en diez categorías así: 1) Disponibilidad de información, 2) Asociatividad, 3) Formación del recurso humano, 4) Mercadeo y comercialización, 5) Estructura organizacional, 6) Mecanismos de financiación, 7) Infraestructura y logística, 8) Calidad, 9) Gestión empresarial y ambiental y 10) Investigación y desarrollo tecnológico.

Con la participación de los diferentes actores del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial se continuó con la estructuración de la Agenda Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Agroindustrial, Agenda I+D+i, documentada en la Plataforma Siembra de la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias, CORPOICA, la cual incluye entre otros componentes: las capacidades y servicios de las instituciones que hacen parte del sistema; estadísticas e indicadores de la oferta tecnológica de

las cadenas y las regiones; los expertos y las entidades prestadoras de asistencia técnica; los proyectos financiados por diversos actores y sus resultados; y las necesidades en materia de ciencia, tecnología e innovación.

Las diferentes demandas se agruparon en 12 áreas temáticas relacionadas con el sector pecuario, así:

1. Manejo de cosecha, postcosecha y transformación.
2. Manejo del sistema productivo.
3. Material de siembra y mejoramiento genético.
4. Socioeconómica, mercadeo y desarrollo empresarial.
5. Manejo sanitario y fitosanitario.
6. Calidad e inocuidad de insumos y productos.
7. Transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación.
8. Manejo ambiental y sostenibilidad.
9. Manejo de suelos y aguas.
10. Sistemas de información, zonificación y georreferenciación.
11. Alimentación y nutrición humana y animal.
12. Fisiología y reproducción animal.

El Sistema de Ciencia y Tecnología e Innovación identificó unas áreas estratégicas prioritarias que se muestran en la Tabla 1, relacionadas con mejoramiento genético, nutrición y alimentación, y manejo sanitario.

Más allá de estas priorizaciones, es importante considerar las nuevas percepciones sociales frente al consumo de productos animales por el hombre, entre ellas, el veganismo, el vegetarianismo y veganismo ambiental, quienes han vetado los sistemas de producción animal y el consumo de alimentos de origen animal. Se crea la necesidad de entrar en diálogo entre las asociaciones científicas de producción animal con nutrición humana con el fin de establecer análisis más rigurosos e informar sobre la veracidad de estos imaginarios sociales, así como reorientar las tendencias de corrientes de pensamiento y criterios de la sociedad frente a los sistemas de producción animal y, por otra parte, implementar y desarrollar nuevas tecnologías.

Tabla 1. Principales demandas tecnológicas identificadas y priorizadas para las cadenas pecuarias colombianas, en cuanto mejoramiento genético, nutrición y alimentación y manejo sanitario.

Cadena / área temática	Mejoramiento genético	Nutrición y alimentación	Manejo sanitario
Acuícola	Optimizar los procesos tecnológicos para la producción de semilla de tilapia y cachama con estándares de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de tilapia y cachama con características funcionales. • Evaluación de productos de origen animal y/o vegetal para la sustitución de harina y aceite de pescado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas diagnósticas, prevención y control sanitario en el cultivo de tilapia y cachama. • Desarrollar estrategias y metodologías que permitan implementar sistemas de bioseguridad en los cultivos de tilapia y cachama.
Apícola	Cría, selección y cruzamientos de reinas y zánganos por eco-regiones		Construcción mapa epidemiológico de plagas y enfermedades que afectan a las abejas, y de sustancias tóxicas para el establecimiento de planes de vigilancia y prevención.
Carne bovina	Manejo eficiente del recurso animal: identificación de animales de alto valor genético para características de adaptación, productivas y reproductivas para sistemas de carne y leche en diferentes ecosistemas y sistemas de producción bovina de Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de estrategias con base en forrajes para hembras de cría. • Optimizar el uso de henos en sistemas de pastoreo suplementados. • Desarrollo de sistemas de alimentación mejorados que reduzcan la emisión de metano por unidad de carne producida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asociación entre seropositividad a agentes infecciosos y alteraciones reproductivas en ganaderías de carne y doble propósito. • Evaluación de vacunas contra DVB, IBR, PI3, Leptospirosis y Neosporosis en los parámetros reproductivos.
Ovino caprina	Optimización del desempeño productivo del recurso zoogenético en los sistemas de producción de ovinos y caprinos.	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento de los requerimientos nutricionales de las especies ovina y caprina. • Identificación y valoración nutricional de recursos alimenticios para los sistemas de producción. 	Desarrollo de estrategias para el manejo y control de la problemática sanitaria en los sistemas de producción ovina y caprina.
Porcina	Diseño de herramientas y metodologías para la evaluación de material genético que ingresa al país.	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de alternativas nutricionales relacionadas con insumos y procesos requeridos para la fabricación de alimento balanceado. 	Caracterización epidemiológica de las enfermedades de importancia económica, emergentes, zoonóticas y restrictivas del comercio internacional.

Fuente: Adaptado de Uribe *et al.* (2011) y el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial, Plataforma Siembra, CORPOICA (2015).

La gran pregunta de hoy es: ¿Qué avances se requieren en ciencia y tecnología para cubrir las demandas globales de alimentos animales bajo el contexto de agricultura sostenible?

Mejoramiento genético: En las últimas décadas las tasas de cambio genético se han incrementado debido a métodos estadísticos más eficientes para estimar el mérito genético de los animales y el amplio uso de las biotecnologías. Sin embargo, los rápidos cambios en la productividad a través de nuevas razas y cruces, apropiada en muchos casos para otros ambientes, en general no han sido las más apropiadas cuando se trata de adaptaciones a las condiciones medio ambientales propias del trópico.

La mejora genética, con enfoques muy definidos únicamente a características de rendimientos productivos, ha generado cambios genéticos indeseables en cuanto a fertilidad, incidencia de enfermedades y susceptibilidad al estrés. En este sentido la evaluación y conservación de las razas criollas serán un factor crítico para garantizar una mayor resiliencia de los sistemas de producción en contextos actuales y futuro del cambio climático. Con todo esto, se persigue que el ganadero, agricultor o unidad agrícola familiar sea capaz de reducir su vulnerabilidad al riesgo asociado con el cambio climático y tenga mayor probabilidad de subsistencia (FAO, 2013); un modelo de mejoramiento animal diferente al trabajado por varias décadas, orientado hacia la selección por desempeño productivo, mas no por adaptación de las especies a ambientes hostiles. Por tanto, hoy en día se trata de aplicar los mismos principios de mejoramiento animal, conservando la genética de las especies adaptadas a las condiciones locales de producción.

Dentro de los nuevos enfoques en programas de selección y mejoramiento, es necesario tener en cuenta que la ganadería, incluyendo la acuicultura y piscicultura, dependen de la diversidad en especies, la diversidad dentro de la especie y la diversidad de ecosistemas. Esta diversidad, juega un papel importante en cubrir las necesidades básicas y de alimento de los humanos. De la diversidad genética depende que las especies resistan a cambios ambientales como temperaturas extremas, inundaciones, sequías, plagas y enfermedades. Sin embargo, esta diversidad se está perdiendo a velocidades alarmantes, se conoce que de 8 300 registros de razas de ganado, el 22 % está en riesgo de extinción y el 8 % se extinguió (FAO, 2012).

En cuanto a los sistemas intensivos sin tierra, especialmente la cadena avícola y porcina en Colombia, que son especialmente dependientes de genética importada de países desarrollados, según lo expuesto por Upton (2004), requieren de investigación en recursos genéticos adaptados a condiciones de producción de sistemas tradicionales, en especial de

la agricultura familiar, en un marco institucional que promueva la equidad para pequeños productores, quienes no pueden ser marginados del desarrollo y, por el contrario, deben ser eje fundamental de procesos de asociatividad para la producción y la comercialización, que les permita competir con productos con valor agregado.

Nutrición y alimentación animal: En el estudio de Fader *et al.* (2013) se identifica a Colombia dentro del rango de países con disponibilidad de aguas y tierras para una producción agropecuaria suficiente para satisfacer su actual demanda de alimentos y materias primas agrícolas. Sin embargo, este mismo estudio, identifica y cataloga a Colombia dentro del rango de países con una alta dependencia actual a los mercados de productos agrícolas externos para satisfacer sus necesidades actuales. Esto es especialmente evidente con las importaciones de las materias primas energéticas, maíz y oleaginosas, como soya, para la elaboración de alimentos balanceados y suplementos para la alimentación animal.

La cadena de alimentos balanceados establece demandas tecnológicas para superar los principales problemas de la producción de maíz y soya en Colombia, destacándose, para el caso del maíz, el desarrollo de nuevos cultivares con suficientes estudios de manejo agronómico y con aseguramiento en la disponibilidad de semilla certificada y con referencia a la soya, la disponibilidad de variedades de frijol soya adaptadas y de alta productividad (CORPOICA, 2015).

Un tema que seguirá vigente en la investigación es la búsqueda de alternativas para el remplazo de los antibióticos como promotores de crecimiento (APC). Esta práctica ha sido cuestionada por organismos de salud pública y consumidores, por la posible prevalencia de bacterias resistentes y la potencial falla terapéutica de antibióticos en humanos y animales (Knarreborg *et al.*, 2004; Mathew *et al.*, 1998). Se han generado alternativas naturales que evidencian el mismo o similar efecto que los APC en el comportamiento productivo y la salud de los animales. Las siguientes innovaciones cubren en términos globales las expectativas de selección de aditivos alimenticios, sin efectos residuales para el consumidor: prebióticos, probióticos, ácidos orgánicos, enzimas y productos naturales con características multifuncionales, como los aceites esenciales o extractos de plantas.

Según Thornton (2011), las deficiencias nutricionales de los animales son una de las principales brechas tecnológicas de los sistemas de producción animal, en los países en desarrollo. A pesar de que la ciencia de la nutrición animal ha avanzado a pasos gigantes, la producción de rumiantes dentro de los sistemas basados en pastoreo y sistemas mixtos (agrícolas y pe-

cuarios), sufren permanentemente de estrés nutricional, por lo cual, gran parte de la investigación debe estar orientada al mejoramiento de la calidad y disponibilidad de forrajes, su conservación, el uso de sistemas multiestrato multipropósito con árboles y arbustos forrajeros, el uso de residuos fibrosos y la suplementación estratégica.

La tendencia mundial de desplazamiento de la ganadería hacia zonas marginales, impulsada por el desarrollo de la agricultura, en suelos que permiten su intensificación –aunada a la estructura de tenencia de tierras en Colombia y los problemas de conflictos de suelos–, plantean la necesidad de responder a preguntas como: ¿De acuerdo a factores tecnológicos sociales y económicos, dónde es posible la intensificación de la ganadería? y, donde es posible, ¿cuál debe ser el nivel y modelo de intensificación de la ganadería bovina?

Para estas áreas en donde la intensificación no es posible, existen varias posibilidades con las cuales las restricciones nutricionales pueden ser abordadas, especialmente con el uso de recursos locales disponibles. Y, probablemente, la solución más factible requiere de la aplicación integrada de lo que actualmente se conoce, más que del desarrollo de nuevas tecnologías (Thornton, 2010). En la gran mayoría de casos, posiblemente se requiere del diálogo de saberes, con la correspondiente valoración de los conocimientos ancestrales locales, que han permitido la continuidad de los sistemas tradicionales.

Manejo sanitario: La Agenda I+D+i Agroindustrial en Colombia señala la necesidad del desarrollo y mejoramiento de metodologías, prácticas, sistemas y herramientas para el diagnóstico, detección y manejo de enfermedades propias de cada especie. Igualmente, prioriza la construcción de mapas epidemiológicos de las enfermedades prevalentes y emergentes; así como la importancia de desarrollar estrategias y metodologías que permitan implementar sistemas de bioseguridad a través de la implementación de buenas prácticas de manejo (BPM) (ver Tabla 1).

De acuerdo con Nardone *et al.* (2010) los efectos del cambio climático sobre la salud animal no han sido estudiados a profundidad; sin embargo, probablemente tendrán un gran impacto directa e indirectamente sobre la salud de los animales. Dentro de los efectos directos se destacan enfermedades y muerte relacionadas con altas temperaturas, y morbilidad de animales causada por eventos extremos de cambios ambientales. De los efectos indirectos se enfatiza: cambios en la fertilidad de los suelos, disponibilidad de agua, rendimientos productivos de pasturas y cultivos; igualmente, cambios en las poblaciones de los microorganismos, distribución de vectores de enfermedades y escases de recursos alimenticios. Lo que reafirma la urgencia de temas de construcción y monitoreo de mapas epidemiológicos.

El cambio climático puede afectar la salud. Las oleadas de calor, frío, temperatura y precipitaciones extremas activan vías de contaminación de aguas, polución de aire, consecuentemente, la dinámica de transmisión de enfermedades cambia debido a cambios en los ecosistemas naturales y la agricultura. Adicionalmente, se evidencia el desplazamiento de poblaciones, fallas en el sistema de almacenamiento y conservación de agua y alimentos, incremento de vectores y roedores para la transmisión de enfermedades, así como el incremento de las enfermedades transmitidas por los alimentos.

De gran importancia son las opciones en cuanto a manipulación de los recursos genéticos animales, tales como cruzamientos para introducir genes que permitan disminuir morbilidad y la selección a través de marcadores moleculares de individuos con altos niveles de tolerancia o resistencia a enfermedades (Thornton, 2010).

Impacto y manejo del agua: En los animales, la cantidad de agua necesaria como agua de bebida, representa menos del 2 % del total de agua requerida para la producción de los alimentos necesarios para su mantenimiento y producción. Esto hace que la producción animal sea extremadamente dependiente de la disponibilidad de agua requerida para el cultivo de los recursos alimenticios, utilizando a nivel mundial, un estimado de 500 billones de metros cúbicos de agua al año sólo para mantenimiento de los animales. Por ende, el crecimiento en los sistemas de producción en número de animales y en volumen de producción ejercerá una presión muy intensa sobre el recurso hídrico en el planeta, convirtiéndose éste en uno de los principales factores que determinarán la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción; e incluso será un factor seleccionador de cuáles serán las especies animales más competitivas para satisfacer la demanda de alimentos de origen animal para la población.

Corrientes fundamentalistas sociales en contra de la producción animal y del consumo de productos de origen animal difunden que esta industria se constituirá en una de las principales amenazas para la sustentabilidad del agua en el planeta, en las próximas décadas. Sobre la base nutricional, en términos del agua requerida para generar energía, proteína o grasa, se dice que es más eficiente la producción a partir de cultivos cuando se compara con productos animales. Es importante considerar que bajo condiciones de pastoreo, los animales reducen significativamente la huella de agua cuando se compara con sistemas intensivos e industriales. Pero debido a la pobre eficiencia alimenticia, esta ventaja competitiva no tiene validez. Por consiguiente, es importante plantear estrategias tanto de manejo como de nutrición y alimentación para mejorar la eficiencia en el crecimiento, así como reducir la demanda y excreción de agua. Uno de los nutrientes críticos que determina estos requerimientos

es la proteína, tanto a nivel digestivo como metabólico, el catabolismo proteico demanda moléculas de agua para la excreción del nitrógeno.

En especies no rumiantes, se vienen planteando estrategias de formulación de dietas, con menos proteína sin disminuir el aporte de aminoácidos esenciales con el fin de minimizar el consumo de agua para el metabolismo y excreción de productos de deshecho, protegiendo de esta forma la huella de agua de los sistemas.

Por los argumentos expuestos anteriormente, los temas de investigación sobre la eficacia de uso de agua en la producción de cultivos y forrajes para la producción animal y el manejo eficiente y conservación de la misma dentro los sistemas de producción animal deberán ser temas prioritarios para incorporar en las agendas de investigación en ciencia animal, de manera que Colombia aproveche las ventajas que posee en disponibilidad de este recurso. Como lo reporta el Sistema de Información Ambiental de Colombia, SIAC (2015), sólo nueve países: Brasil, Canadá, China, Colombia, Congo, India, Indonesia, Rusia y los Estados Unidos tienen el 60 % de las reservas mundiales de agua dulce.

Impacto y manejo del suelo: La productividad de un suelo depende de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. El suelo también cumple un importante papel en el control de emisiones de gases efecto invernadero. Por una parte, la captura de carbono ya mencionada y por otra la fijación del nitrógeno gaseoso en forma de nitratos, nitritos y amonio, lo que contribuye a controlar los niveles de óxido nitroso (N_2O), cuya capacidad de calentamiento es 300 veces más que el CO_2 .

El suelo es otro recurso que limitará los sistemas de producción animal. En este sentido, debido a que no es posible una mayor expansión de la frontera agrícola, es importante la reconversión de suelos degradados mediante la interacción ganado-suelo (Savori Institute, 2012). Los sistemas de pastoreo cobrarán más importancia para la producción de bienes y servicios ecosistémicos.

Energía: Finalmente, otro aspecto a considerar en las agendas de investigación es la eficiencia en el uso de energía. Se requiere minimizar el uso de combustibles fósiles para la producción de alimentos, en cifras, Hillel y Rosenzweig (2008) reportan que se requieren 35 KJ en combustibles para generar 1 KJ de carne en un sistema *feed-lot*, por tanto se requiere explorar también nuevas formas y usos de energía.

Conclusión

Los programas y proyectos de investigación requieren estructurarse desde la construcción integral de las demandas de las cadenas de producción agropecuarias, en cuanto a lineamientos tecnológicos y no tecnológicos y la búsqueda de desarrollos tecnológicos que incorporen componentes productivos y no productivos de los sistemas de producción para un impacto real sobre el desarrollo integral y sustentable de los sistemas de producción animal y de las comunidades en que se desarrollan.

Los retos de la producción animal permitirán hacer uso de nuevas herramientas como la biología molecular aplicada al mejoramiento genético (selección genómica), ofreciendo la posibilidad de acelerar el progreso genético en función de características que apuntan más allá de la productividad de los animales, como longevidad, calidad de producto, salud y bienestar animal, resistencia a estresores ambientales, entre otros. Este tipo de lineamientos para la selección podrían contribuir con la sostenibilidad de la producción animal.

La identificación y evaluación de recursos alimenticios que disminuyan la dependencia de materias primas y aditivos importados debe ser una de las grandes prioridades dentro de las demandas tecnológicas correspondientes a la nutrición y alimentación animal, en especial para países en vías de desarrollo. El apoyo y coordinación de programas de investigación a través de un trabajo mancomunado entre las cadenas pecuarias, con las agrícolas y en especial de los entes gremiales que representan las cadenas: lácteas, cárnica bovina, avícola, porcícola, apícola y acuícolas, en estrecha colaboración con los gremios de la producción agrícola y agroindustrial, son una apremiante necesidad.

Y, finalmente, los sistemas de investigación bajo el enfoque de sostenibilidad deben darle importancia al manejo y conservación de suelos, a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y de insumos externos, a la generación de productos de origen animal con diferenciadores de calidad que les permitan encontrar nichos particulares de mercado, así como cuantificar, comparar y priorizar la huella de agua, incluyendo en ella la demanda de agua para producir los alimentos que los sistemas productivos consumen.

Referencias

- Blandford, D. y R. Boisvert. 2002. "Multifunctional Agriculture and Domestic/International Policy Choice". *Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy* 3 (1): 106-118.
- Cloke, P. y M. Goodwin. 1992. "CONCEPTUALISING Countryside Change: From Post-Fordism to Rural Structured Coherence". *Transactions of the Institute of British Geographers* 17:321-336.

- CORPOICA. 2015. *Plataforma Siembra*. Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Disponible en: <http://www.siembra.gov.co/siembra/main.aspx>, consultado: abril 2015.
- Delgado, M. et al. 2003. Multifunctionality and Rural Development: A Necessary Convergence". En: Van Huylenbroek, G. y G. Durand (eds.). *Multifunctional Agriculture: A New Paradigm for European Agriculture and Rural Development*. Ashgate, Aldershot. pp. 19-36.
- Fader M. et al. 2013. "Spatial Decoupling of Agricultural Production and Consumption: Quantifying Dependence of Countries on Food Imports Due to Domestic Land and Water Constraints". *Environ. Res. Lett.* 8 014046. 15 p.
- FAO. 2002. *World Agriculture: Toward 2015 /2030*. Roma.
- FAO. 2010. *Statistical Yearbook 2010*. World Food and Agriculture. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/am081m/PDF/am081m00b.pdf>
- FAO. 2012. *Economics of Plant Genetic Resource Management for Adaptation to Climate Change*. A review of selected literature, by S. Asfaw & L. Lipper. (available at <http://www.fao.org/docrep/015/an649e/an649e00.pdf>)
- FAO, 2013. *Climate Smart Agriculture*. 570 p.
- Giang Tien Nguyen. 2005. *A Methodology for Validation of Integrated Systems Models with An Application to Coastal-Zone Management in South-West Sulawesi*. Dissertation to obtain the doctor's degree at the University of Twente, Hanoi. Vietnam 139 p.
- Hillel, D. y C. Rosenzweig. 2008. "Biodiversity and Food Production". En: Chivian, E. y A. Bernstein (eds.). *Sustaining Life –How Human Health Depends on Biodiversity*. Oxford University Press, Oxford. pp. 325-381.
- Instituto Savory. 2012. *A Decision-Making Framework which Results in Ecologically Regenerative, Economically Viable and Socially Sound Management of the World's Grasslands*. Disponible en: <http://www.savoryinstitute.com/evidence/holistic-management-overview/>. Consultado en abril, 2015.
- Knarreborg, A. et al. 2004. "Dietary Antibiotic Growth Promoters Enhance the Bioavailability of alpha-Tocopheryl Acetate in Broilers by Altering Lipid Absorption". *Journal of Nutrition* 134:1487-1492.
- Mathew, A. G., W. G. Upchurch y S. E. Chattin. 1998. "Incidence of Antibiotic Resistance in Fecal Escherichia coli Isolated from Commercial Swine Farms". *Journal of Animal Science* 76:429-434.
- Milton. 2003. "The Critical Role Player by Animal Source Foods in Human (homo) Evolution". *Journal of Nutrition* 133 (118- II): 3886S-3892S.
- Nardone, A. et al. 2010. "Effects of Climate Changes on Animal Production and Sustainability of Livestock Systems". *Livestock Science* 130(1): 57-69.
- Navarro, D. 2000. *El enfoque de sistemas en el desarrollo de predios lecheros*. Instituto de investigaciones agropecuarias INIA Centro regional Remehue, Chile Series actas número 13. Disponible en internet: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR27175.pdf>. Consultado en noviembre de 2012.
- SIAC. (2015) *Estado del agua en Colombia, oferta y calidad*. Sistema de información ambiental de Colombia. Disponible en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=815&conID=1347>. Consultado en abril de 2015.
- Thornton, P. K. 2010. "Livestock Production: Recent Trends, Future Prospects". *Philosophical transactions of the Royal Society B* 365:2853-2867.
- Upton, M. 2004. *The Role of Livestock in Economic Development and Poverty Reduction*. PPLPI Working paper No. 10. Roma.
- Uribe, C. P. et al. 2011. *Sembrando innovación para la competitividad del sector agropecuario colombiano*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Universidad Nacional Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión, Productividad y Competitividad-BioGestión. Bogotá.

- Vergara, W. (2012). "La revolución pecuaria: del tradicionalismo a la industrialización". *Revista de Medicina Veterinaria* (24): 91-101.
- Wilson, G. A. y K. Hart. 1996. "Farmer Environmental Attitudes and ESA Participation".
- Wilson, G. 2007. *Multifunctional Agriculture, a Transition Theory Perspective*. Cabi Publishing. London U.K.

