

APROXIMACIÓN AL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN LA GANADERÍA Y LA PRODUCCIÓN DE PASTOS.

García-Quintero A., Palencia M., Combatt E.M.



**MT-Pallantia
Publisher**

Aproximación al Aprovechamiento del Recurso Hídrico en la Ganadería y la Producción de Pastos



MT-Pallantia Publisher s.a.s. | ISBN 978-628-95372-4-6
Cali - Colombia 2025

Aproximación al Aprovechamiento del Recurso Hídrico en la Ganadería y la Producción de Pastos

Angélica García-Quintero

Mindtech-RG. Mindtech s.a.s. Cali/Montería, Colombia.

*GIQBID. Instituto de Ciencia y Tecnología Analítica Golden-Hammer s.a.s.,
Montería – Colombia*

Manuel S. Palencia Luna

*GI-CAT. Departamento de Química. Facultad de Ciencias Naturales y
Exactas, Universidad del Valle, Cali – Colombia.*

Enrique M. Combatt Caballero

*Departamento de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrícolas,
Universidad de Córdoba, Montería – Colombia.*



MT-Pallantia Publisher s.a.s. | ISBN 978-628-95372-4-6
Cali - Colombia 2025

Aproximación al Aprovechamiento del Recurso Hídrico en la Ganadería y la Producción de Pastos

Publisher: MT-Pallantia Publisher s.a.s. | NIT: 901.469.254-6

ISBN 978-628-95372-4-6

DOI: 10.34294/b.005.2025.09

Language: Spanish

Cali - Colombia 2025



This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright the publisher according to License CC BY-ND 4.0



Publisher:	MT- Pallantia Publisher s.a.s.
Editorial Project Manager:	A. García-Quintero
Production Project Manager:	A. García-Quintero
Cover Designer:	M.D. Palencia-Bolaños

Funds:

Mindtech s.a.s., Universidad del Valle, Universidad de Córdoba y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261: "Desarrollo de un Sistema de Tratamiento de Aguas Polímero-Membrana de Bajo Consumo Energético Adaptable a Familias Campesinas, Comunidades Rurales, Costeras y Agropecuarias de Córdoba".

Cite as:

García-Quintero A., Palencia M., Combatt E.M. (2025) Aproximación al Aprovechamiento del Recurso Hídrico en la Ganadería y la Producción de Pastos. MT-Pallantia Publisher s.a.s., Cali – Colombia, pp. 148. DOI: 10.34294/b.005.2025.09.



MT-Pallantia Publisher s.a.s. | ISBN 978-628-95372-4-6
Cali - Colombia 2025

Prólogo

Aproximación al Aprovechamiento del Recurso Hídrico en la Ganadería y la Producción de Pastos

A. García-Quintero, M. Palencia, E.M. Combatt Caballero

Resumen Proyecto.

El agua es un recurso de vital importancia para todas las actividades humanas, siendo importante no sólo su cantidad sino también su calidad y disponibilidad. En la actualidad, los tres factores anteriores son fuertes indicadores de riesgos y/o de bienestar que deben tenerse en cuenta si se quiere avanzar en el desarrollo sostenible tanto económico, como ambiental y social de las comunidades. Sin embargo, el cambio climático expone nuevos escenarios que impactan las tres características anteriores debido a la ocurrencia de sequías más prolongadas y mayores pérdidas del recurso por evaporación, lo que afecta no solo al sector productivo agropecuario y turístico sino también al sector salud. Por lo anterior, tecnologías dirigidas al aseguramiento del recurso hídrico en términos de cantidad, disponibilidad y calidad son una necesidad apremiante para todas las comunidades. Todo lo anterior aumenta la relevancia del proyecto si se tiene en cuenta que el departamento de Córdoba tradicionalmente se ha caracterizado por el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, las cuales se ven enormemente potenciadas por la disponibilidad del recurso hídrico del departamento, definido por tres cuencas hidrográficas y aproximadamente

150.000 hectáreas de ciénagas. Además, cinco municipios costeros con potencial turístico los cuales son Los Córdoba, San Antero Puerto Escondido, Moñitos, y San Bernardo del Viento.

A partir de estas características es fácil establecer que el departamento debe desarrollar estrategias adaptables a su realidad, que le permitan abordar la problemática de la escasez del recurso hídrico en sus comunidades, y aprovechar sus potenciales geográficos en pro de su desarrollo. Como se mencionó anteriormente, el cambio climático ejerce una fuerte presión sobre el sector agropecuario y, en consecuencia, sobre los recursos hídricos mediante la generación de un aumento de la demanda y una disminución de la disponibilidad. Para la agricultura, esto se traduce, entre otras situaciones, en una disminución de la producción, mayor peligro de incendios forestales y erosión del suelo. En este sentido, el departamento de Córdoba, según los modelos del IDEAM, experimentará entre el 2011-2040 descensos significativos de lluvias estimados en un -35,5 % respecto a la media anual, lo que generará, en las condiciones actuales, desabastecimiento de agua para consumo humano en amplios sectores de la población urbana y rural, siendo esta última la más vulnerables al carecer de una infraestructura sólida de abastecimiento del recurso hídrico. Pero, además, se producirá déficit hídrico para las actividades agrícolas y ganaderas, dos de los ejes más importantes del departamento.

Por otro lado, desde el punto de vista de salud pública, la disponibilidad de agua de calidad es un factor primordial para el desarrollo sostenible de las comunidades, estando lo anterior garantizado sólo en algunas de las ciudades principales del departamento, existiendo una alta vulnerabilidad en las zonas rurales y costeras. En este contexto, es claro que el departamento de Córdoba posee diferentes características que lo hacen idóneo para ser seleccionado como punto importante para el desarrollo, evaluación e implementación de la tecnología de tratamiento de aguas propuesta en este proyecto, ya que esta tecnología se caracteriza por su configuración modular, de bajo costo energético y adaptabilidad a comunidades y diferentes escenarios. La solución planteada en este proyecto a los problemas anteriores es el uso eficiente del recurso hídrico, mediante la reutilización del mismo en sectores productivos ligados a este, el tratamiento de efluentes o cuerpos de agua de

zonas rurales no conectados a los sistemas de distribución central municipal, el potenciamiento de la cosecha de agua, y el aprovechamiento del agua de mar. Para ello, se requiere una tecnología adaptable, modular, escalable a diferentes niveles y, sobre todo, de bajo costo energético. En este sentido, este proyecto se direcciona a la creación de sistemas autónomos de tratamiento de agua que no dependan de los sistemas convencionales de acueducto, pero que, a su vez, sean asequible a pequeños productores, y comunidades rurales dispersas. Para ello, la tecnología de membranas de retención en fase líquida asistida por polímeros, evolucionada a retención por membranas potenciada con polímeros funcionales soportados, emerge como una alternativa tecnológica viable y única en su naturaleza. Esta tecnología combina membranas de microfiltración con polímeros funcionales soportados que eliminan la carga iónica del efluente a bajas presiones de operación, siendo una estrategia diametralmente diferente a lo planteado por otras tecnologías de membrana como la ósmosis inversa que opera a muy altas presiones, o la retención en fase líquida asistida por polímeros que emplea polímeros solubles y membranas de ultrafiltración. En particular, el punto clave tecnológico desarrollado ha sido llevar a cabo el tratamiento a un tamaño de corte de separación de iones cientos de veces mayor, posibilitando su adaptabilidad a costos muy inferiores que el de las tecnologías previas.

Este proyecto no sólo se enfoca en fortalecer ejes productivos priorizados del departamento de Córdoba, así como los beneficios inherentes sobre las comunidades, sino que posiciona al departamento en el desarrollo de este tipo de tecnología para la expansión a otros departamentos de la zona caribe, donde, en principio, las problemáticas son similares y donde el efecto del cambio climático tendrá un fuerte impacto.

Aproximación al Aprovechamiento del Recurso Hídrico en la Ganadería y la Producción de Pastos

A. García-Quintero
M. Palencia
E.M. Combatt Caballero

Contenido

Prólogo	7
1. Una mirada holística al manejo del recurso hídrico para la producción de pastos.	10
Resumen	
1.1. Introducción.	
1.2. Características e impacto de la gestión del riego sobre la producción de pastos.	
1.3. Variables para una adecuada gestión del riego.	
1.3.1. Conocimiento de los suelos.	
1.3.2. Conocimiento de la planta.	
1.3.3. Cálculo de la frecuencia de riego.	
1.3.4. Planificación logístico-operativa.	
1.3.5. Conocimiento del entorno.	
1.3.6. Conclusiones.	
Agradecimientos.	
Bibliografía.	
2. Aproximación económica a la ganadería y la agricultura de pastos.	38
Resumen.	
2.1. Introducción.	
2.2. Descripción económica de la ganadería y la producción de pastos.	

- 2.3. Descripción económica de la ganadería en Colombia.
 - 2.3.1. Características de la cadena productiva de carne bovina en Colombia.
 - 2.3.2. Hoja de ruta para el fortalecimiento de la cadena productiva de carne bovina en Colombia.
 - 2.4. Descripción económica del cultivo de pastos y forrajes para ganadería en Colombia.
 - 2.4.1. Descripción del proceso de producción de pastos y forrajes.
 - 2.4.2. Descripción económica del proceso de producción de pastos y forrajes.
 - 2.5. Recomendaciones y conclusiones.
- Agradecimientos.
- Bibliografía.

3. Impacto del cambio climático sobre la agricultura, la ganadería y la seguridad alimentaria. 78

Resumen.

- 3.1. Introducción.
 - 3.2. Cambio climático: Fundamentos y aspectos claves.
 - 3.3. Impacto del cambio climático sobre los organismos vivos.
 - 3.3.1. Impacto del cambio climático sobre los peces.
 - 3.3.2. Impacto del cambio climático sobre los mamíferos.
 - 3.3.3. Impacto del cambio climático sobre los microorganismos.
 - 3.3.4. Impacto del cambio climático sobre los insectos.
 - 3.3.5. Impacto del cambio climático sobre las plantas.
 - 3.3.6. Impacto del cambio climático sobre los seres humanos.
 - 3.4. Impacto del cambio climático en Colombia.
 - 3.4.1. Impacto del cambio climático en función de las características climáticas de Colombia.
 - 3.4.2. Impacto del cambio climático sobre la agricultura y ganadería colombiana.
 - 3.5. Conclusiones.
- Agradecimientos.
- Referencias.

4. Análisis de la producción agropecuaria de pequeña escala en el departamento de Córdoba. 122

Resumen

- 4.1. Introducción.
- 4.2. Una perspectiva general de la producción pecuaria de pequeña escala en Colombia.
- 4.3. Producción pecuaria de pequeña escala en el departamento de Córdoba.
 - 4.3.1. Producción bovina de pequeña escala.
 - 4.3.2. Producción avícola de pequeña escala.
 - 4.3.3. Producción porcícola de pequeña escala.
 - 4.3.4. Producción caprina y ovina de pequeña escala.
- 4.4. Conclusiones.

Agradecimientos.

Referencias.

Capítulo 1.

Una mirada holística al manejo del recurso hídrico para la producción de pastos.

*Manuel Palencia, Angélica García-Quintero,
Víctor J. Palencia-Luna, Dayan C. Pulido,
Enrique M. Combatt*

*Palencia M., García-Quintero A., Palencia-Luna V.J., Pulido D.C., Combatt E.M. Una mirada holística al manejo del recurso hídrico para la producción de pastos. En: García-Quintero A., Palencia M., Combatt E.M. (Eds). Aproximación al aprovechamiento del recurso hídrico en la ganadería y la producción de pastos. MT-Pallantia Publisher s.a.s., pp. 10-37. Cali - Colombia, 2025.
DOI: 10.34294/b.005.c1.2025.09.*

Sobre los autores

Manuel Palencia

Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GI-CAT), Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali – Colombia.

Angélica García-Quintero

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. Grupo de Investigación en Químico-, Bionalítica e Ingeniería de Datos (GIQBID), Instituto de Ciencia y Tecnología Analítica Golden-Hammer s.a.s., Montería – Colombia

Víctor J. Palencia-Luna

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. Grupo de Investigación en Químico-, Bionalítica e Ingeniería de Datos (GIQBID).

Dayan Camila Pulido Rodríguez

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible e Innovación (GIDSI), Instituto de Ciencia y Tecnología Analítica Golden-Hammer s.a.s., Montería – Colombia.

Enrique M. Combatt

Departamento de Ingeniería Agrícola y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería – Colombia.

—.

Contenido

Resumen

- 1.1. Introducción.
- 1.2. Características e impacto de la gestión del riego sobre la producción de pastos.
- 1.3. Variables para una adecuada gestión del riego.
 - 1.3.1. Conocimiento de los suelos.
 - 1.3.2. Conocimiento de la planta.
 - 1.3.3. Cálculo de la frecuencia de riego.
 - 1.3.4. Planificación logístico-operativa.
 - 1.3.5. Conocimiento del entorno.
- 1.4. Conclusiones.

Agradecimientos.

Bibliografía.

—

Resumen

El término pasto hace referencia a plantas herbáceas, principalmente gramíneas y leguminosas, las cuales son destinadas a la producción de alimento animal o humano. Además de su importancia ecológica, los pastos son uno de los principales insumos en ganadería. Para su adecuada producción y conversión en proteína animal, los pastos requieren de sistemas de riego para garantizar que las plantas no experimenten estrés hídrico, sea por exceso de humedad o por deficiencia de agua. En consecuencia, el riego es una operación de gran relevancia en el uso eficiente del agua para la maximización de la productividad ganadera. Dentro de los aspectos relevantes de la gestión eficiente de sistemas de riego se encuentran: el conocimiento de los suelos y de las plantas, el cálculo de la frecuencia de riego, la

planificación logístico-operativa, y el conocimiento del entorno. En este capítulo, se abordarán los aspectos fundamentales para la implementación de sistemas de riego eficientes desde una perspectiva integral. Así, no sólo se proporcionará un enfoque técnico, sino que se desarrollarán aspectos edafológicos, agrícolas y administrativos.

Palabras claves: *Riego, gestión del recurso hídrico, pastos, frecuencia de riego, evapotranspiración.*

1.1. Introducción

En la actualidad, en mayor o menor medida, estamos familiarizados con el término pasto. Lo asociamos a un tipo de alimento para animales de fácil o difícil adquisición dependiendo de las características geográficas y climáticas que tomemos de referencia. Curiosamente, el origen de la palabra puede resultar desconocido para muchos independientemente de la familiaridad del término. Así, es importante mencionar que la palabra "pasto" proviene del latín "pastus" el cual se relaciona de manera directa con una forma verbal del término "alimentar", en consecuencia, aunque su connotación hoy en día hace referencia a una forma de sustento de la alimentación animal, de origen vegetal, su interpretación en tiempos pasados era un poco más amplia, no restringiéndose a su naturaleza.

En este mismo orden de ideas, es claro que muchos pueden relacionar el concepto pasto con un tipo de "hierba para alimento animal y/o decoración", sin embargo, desde un punto de vista más técnico, los pastos comprenden un espectro amplio de plantas herbáceas, con una predominancia de las especies gramíneas y leguminosas (ver **Figura 1.1**).

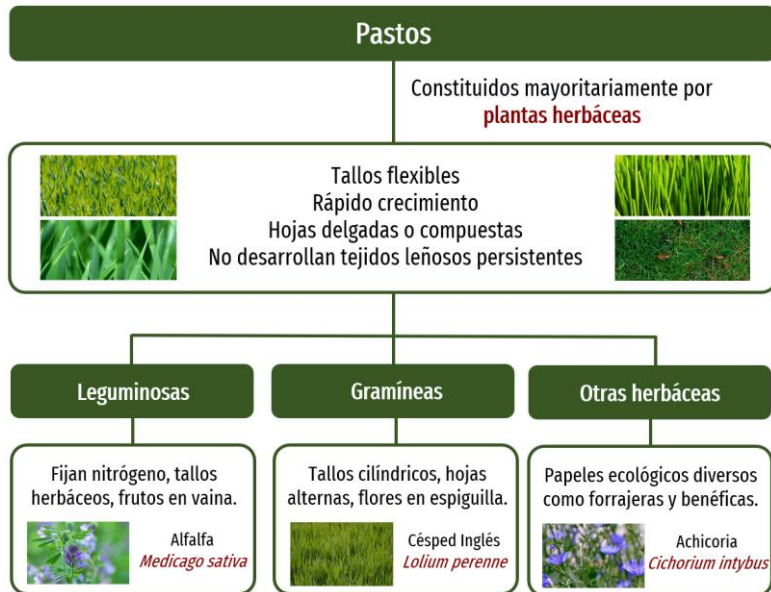


Figura 1.1. Generalidades sobre los pastos empleados comúnmente en sistemas de pastoreo.

En el primer caso, las gramíneas, incluye plantas que desarrollan todo su ciclo vital en una sola temporada (anuales) o incluso en un tiempo mayor (perennes). Algunos ejemplos son la *Poa pratensis* (planta herbácea que puede alcanzar entre 30-60 cm y de climas templados), también llamada pasto azul de Kentucky, grama de prado, o poa común entre otros nombres; el *Phleum pratense*, también de clima templado, caracterizado por ser muy resistente a enfermedades comunes, pero altamente susceptible a la sequía, el cual además se usa frecuentemente para el alimento del ganado y para la fabricación de heno. Otro ejemplo es la *Phalaris canariensis*, el cual es una gramínea anual, con propiedades medicinales. Sin embargo, las gramíneas

pueden ser más comunes de lo que puede pensarse, a tal punto que tienen un gran impacto económico mundial. La familia de las gramíneas incluye, además de los ejemplos mencionados, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), el trigo (*Triticum* spp.), el maíz (*Zea mays*), el arroz (*Oryza sativa*), el césped inglés (*Lolium perenne*), entre otros. En contraste, las leguminosas son fácilmente identificables por sus frutos y sus hojas. Desde una mirada ecosistémica contribuyen enormemente a la fijación de nitrógeno, pero de igual forma son una importante fuente de alimento animal y humano. Se emplean en la producción de pasto para alimento de animales y para ello suelen usarse en asociación con gramíneas. Algunos ejemplos son la alfalfa (*Medicago sativa*), el trébol frutilla (*Trifolium fragiferum*), la soja (*Glycine max*), las lentejas (*Lens culinaris*), los garbanzos (*Cicer arietinum*), la arveja (*Pisum sativum*), y los distintos tipos de frijoles, entre otros.

En consecuencia, cuando nos referimos a pastos realmente estamos empleando una denominación común para referirnos a plantas herbáceas, o si se prefiere, una denominación genérica para designar gramíneas y leguminosas, independientemente de si es para alimento exclusivamente animal o humano, o si corresponde a plantas de uso agrícola o silvestre. Lo que sí está claro, es que los pastos son de gran importancia ecológica y son un insumo fundamental en la ganadería. En este sentido, es importante resaltar que, para la producción de los pastos hay aspectos importantes que se relacionan directamente con los suelos y el clima, pero también con el riego.

1.2. Características e impacto de la gestión del riego sobre la producción de pastos

El riego es una operación fundamental en la agricultura, más no esencial, consiste en suministrar a los suelos el agua requerida por las

plantas para satisfacer sus requerimientos hídricos. La no esencialidad del riego se entiende si se considera que en algunos lugares con características de pluviosidad específica parte del requerimiento hídrico se suple mediante lluvias, o por el aporte que hacen cuerpos de aguas como los ríos y ciénagas mediante el nivel superior de la zona de saturación (nivel freático). Sin embargo, en muchos escenarios se hace necesario la implementación de la agricultura de regadío. En términos generales, para la adecuada implementación de estos sistemas agrícolas se requiere inversión de capital para el establecimiento de una infraestructura hídrica adecuada. Las inversiones incluyen la construcción de canales, la implementación de sistemas de tratamiento, aspersores, estanques, operaciones de mantenimiento rutinarias, entre otros.

En materia de pastos, y en sentido amplio para todo tipo de cultivo de regadío, la gestión del recurso hídrico es un aspecto crítico. Lo anterior se ve reflejado en que, para lograr una eficiencia máxima del sistema, se debe considerar el tipo de suelo, el clima, la cantidad y calidad del agua de riego, la distancia desde los puntos de abastecimiento, la extensión del terreno, los requerimientos hídricos específicos de los cultivos, la mano de obra y la disponibilidad de fondos. A lo anterior se debe sumar el conocimiento del cultivo, el cual es un aspecto ligado no sólo con el aprendizaje adquirido mediante educación formal, sino que incluye, la experticia derivada de la praxis, además de la realización de una adecuada planificación y administración de los recursos e información.

Por ejemplo, aunque los datos son variables, se estima que una hectárea de pastos puede requerir entre 500 y 1000 m³ de agua/año. Es decir, entre 16 y 32 mililitros/segundo. Ahora, aunque la cantidad de animales por hectárea depende de muchos factores como la calidad del pasto, el clima, y el tipo de ganado. Para el caso de los bovinos, en

el departamento de Córdoba (Colombia), con pastoreo convencional - el cual es el método predominante en este departamento -, la densidad de animales es de 1 semoviente por hectárea. No se debe olvidar que el agua no es sólo un insumo en la producción ganadera, muchos sectores demandan agua en cantidad y calidad, los cuales van desde el abastecimiento de las poblaciones humanas en centros urbanos y rurales, hasta la demanda ligada a la agricultura y manufactura de productos.

La gestión del riego debe realizarse tomando en consideración no sólo los aspectos claves de su implementación, sino que debe efectuarse un monitoreo periódico que permita obtener información de la robustez del sistema frente a los cambios. A manera de ejemplo, algunos indicadores del riego excesivo son o están relacionados con el nivel freático, la ocurrencia de escorrentías y la calidad del agua.

La ocurrencia de un nivel freático alto: ya que esto dificulta el crecimiento normal de las raíces debido a una disminución del oxígeno. Nótese que, cuando el suelo se satura de agua inunda los poros y desplaza el oxígeno contenido en ellos. Bajo estas condiciones se dificulta el proceso de respiración de las raíces lo que impacta negativamente el metabolismo de producción de energía, el cual es esencialmente aeróbico, por lo que se puede desencadenar la muerte celular (asfixia radicular), una disminución del crecimiento y una reducción de los rendimientos de los cultivos. Además, la menor disponibilidad de oxígeno impacta sobre el metabolismo microbiano; por ejemplo, el de las bacterias fijadoras de nitrógeno, de las cuales algunas son aerobias y están ligadas a la fijación del nitrógeno atmosférico y la bioasimilación de este por las plantas.

La ocurrencia de escorrentías no planificadas: la subsecuente producción de erosión hídrica del suelo, aspecto ligado a las

características de este, el manejo del cultivo y prácticas de uso, así como también la producción y acumulación de sedimentos en canales, arroyos, zanjás y reservorios (estanques). El mal manejo del cultivo puede desencadenar la pérdida de la estructura del suelo, dado que esta situación se asocia con la compactación e impermeabilización del suelo, la producción de escorrentías y el lavado de partículas finas, donde lo que tiene lugar son procesos de escorrentías no planificadas, como consecuencia, los nutrientes son lixiviados y los fenómenos de transporte y de sedimentación son producidos.

Distribución e incorporación de aguas de mala calidad o contaminadas: la calidad puede ejemplificarse mediante el uso de aguas con alto contenido de sales, lo que conlleva a la salinización de los suelos, la reducción de la cobertura vegetal al reducirse la disponibilidad del agua y la desertización. En el caso específico de la disponibilidad, es importante aclarar que un exceso de sales produce un choque osmótico que impide la absorción de agua por las raíces independientemente de su abundancia. Lo anterior se entiende como resultado de la reducción del potencial químico del agua en la solución del suelo (fase acuosa) respecto al potencial químico del agua en el interior de las raíces, lo que hace que se produzca una inversión en la dirección del flujo de agua. En términos de la contaminación, el mal manejo de plaguicidas y/o fertilizantes puede desencadenar un impacto negativo y descontrolado sobre el entorno.

En contraposición, un déficit hídrico por aplicación insuficiente de las cantidades de agua necesarias para suplir los requerimientos produce problemas de marchitamiento, problemas de crecimiento y desarrollo de los diferentes estados fisiológicos de los cultivos, un mayor espaciamiento de las plantas (baja en la densidad de siembra), cambios en los tipos de vegetación, lo que se evidencia por un aumento de plantas resistentes a las sequías y plantas herbáceas anuales,

reducción de la respuesta de las plantas a la aplicación de fertilizantes, disminución de la biota del suelo (disminución de la actividad de lombrices de tierra), entre otros.

La conclusión resulta evidente, no basta con disponer del sistema de riego, el uso holístico del agua implica actividades de monitoreo y alerta temprana, las cuales no son necesariamente costosas desde el punto de vista de inversión, pero que sí se basan en una correcta planificación y conocimiento. Algunos ejemplos son el monitoreo frecuente de la humedad del suelo lo cual puede hacerse mediante técnicas simples como la gravimetría o el uso de sensores, aspecto que se debe combinar con el adecuado conocimiento y gestión de las necesidades hídricas de los cultivos.

1.3. Variables para una adecuada gestión del riego

Dentro de los aspectos relevantes de la gestión eficiente de sistemas de riego se encuentran: El conocimiento de los suelos, las plantas, la frecuencia de riego, la planificación logístico-operativa y el conocimiento del entorno (ver **Figura 1.2.**).



Figura 1.2. Aspectos importantes de la gestión holística de los sistemas de riego para pastoreo.

1.3.1. Conocimiento de los suelos

En relación con el conocimiento de los suelos hay muchas características que son determinantes. Por ejemplo, el flujo y permanencia del agua en un suelo arcilloso no es igual a un suelo con textura arenosa. En el primer caso, dependiendo del tipo de arcillas, el suelo puede experimentar cambios físicos por expansión y compresión dependiendo del régimen hídrico. Este es el caso de la montmorillonita, la cual es una arcilla 2:1 con una alta densidad de carga, muy hidrofílica y expandible. Al entrar en contacto con el agua las arcillas adsorben agua fuertemente, se expanden y como resultado de la expansión se produce la destrucción de los poros, lo que conlleva a problemas de drenaje y, consecuentemente, al encharcamiento, enfermedades, carencia de oxígeno, escorrentías y erosión hídrica. Estos suelos además se caracterizan por ser duros, y en estado de sequedad es común observar la formación de resquebrajamientos. Por el contrario, los suelos de textura arenosa poseen una adecuada aireación, pero el drenaje del agua hacia horizontes inferiores puede ocurrir rápidamente, por lo que los sistemas de riego deben considerar la cantidad efectiva requerida tomando en consideración las pérdidas resultantes del flujo vertical.

Por otro lado, no se debe olvidar la relación suelo-clima, lo cual hace alusión al hecho de que las características edafológicas de los suelos se relacionan con las características climáticas del lugar. Cuando se hace referencia a este aspecto comúnmente se piensa en la intensidad y frecuencia de las lluvias, sin embargo, se debe tener presente que la dinámica de los procesos edafológicos también guarda relación con los rangos de temperatura, los vientos, y el uso del suelo.

Un contexto evidente de esta relación suelo-clima ocurre en climas áridos, caracterizados por corresponder a un ambiente escaso en agua,

con altas temperaturas que además muestran una marcada diferencia entre el día y la noche, alcanzando incluso rangos entre los 0 y 40 °C, con poca vegetación, y con una tasa de precipitaciones menor a 500 mm/año. Estos ambientes comprenden aproximadamente el 35 % de la superficie terrestre. De igual forma, en los ambientes semiáridos (también conocidos como esteparios), los cuales están caracterizados por un entorno semidesértico, se evidencian vientos fuertes, grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche, alta tasa de radiación solar, vegetación dominada principalmente por arbustos y precipitaciones entre los 500 y 800 mm/año. Los suelos característicos de estos entornos son los calcisoles, regosoles y *feozems*.

De manera más específica, los *calcisoles* se caracterizan por la acumulación de carbonatos, ocurren en ambientes semiáridos y áridos, y aunque tienen un alto potencial agrícola, si no se cuenta con un adecuado sistema de riego estos suelos son propensos a la salinización debido a la alta tasa de evaporación. Los *regosoles*, los cuales se caracterizan por una textura variable, estar poco desarrollados (escasa capa orgánica) y ser poco profundos, además, son comunes en lugares montañosos y áridos. En este caso, aunque la vocación agrícola es limitada debido a su baja fertilidad, pueden ser explotados dependiendo de la profundidad, las características de fertilidad específicas del lugar y con un manejo adecuado. Así mismo, y con características de fertilidad diferentes, los *feozems* son suelos con altos contenidos de materia orgánica, adecuada fertilidad y comúnmente usados en agricultura intensiva. Sin embargo, son susceptibles a la erosión y a la sequía.

En términos generales, para los ejemplos anteriormente expuestos, e incluso más allá de estos, en ambientes semiáridos y áridos los sistemas de riego deben considerar la disponibilidad de agua, la tasa

de evaporación y los fenómenos que de estos se derivan. Así, la dinámica del proceso se puede describir de la siguiente manera: inicialmente, la adición de agua conlleva a la disolución de sólidos iónicos de alta solubilidad presentes en el suelo, normalmente sales de iones metálicos como sodio, calcio, magnesio, entre otros, con aniones como cloruros, sulfatos, nitratos, carbonatos, por mencionar algunos. Además, a mayor cantidad de agua, mayor cantidad de sales disueltas. Después, si el ambiente es seco, con altas temperaturas, la velocidad de evaporación del agua es alta, lo que conlleva a una rápida saturación y la subsecuente precipitación de las sales disueltas. Finalmente, el resultado es que las sales precipitadas empiezan a acumularse en los horizontes superiores, incrementándose la salinidad, la fuerza iónica y generando estrés osmótico en las raíces. Nótese que la salinización del suelo estará relacionada tanto a las condiciones climáticas (tasa de evaporación) como a la calidad del agua (salinidad).

1.3.2. Conocimiento de la planta

En relación con el tipo de planta, existe un amplio espectro de pasturas, cada una con distintos requerimientos de agua dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentren. Algunos ejemplos se muestran en la **Tabla 1.1**. Puede observarse que, dependiendo del pasto, las características de pluviosidad son variadas, al igual que las características de los suelos. En consecuencia, es claro que no todo pasto es ideal para ser sembrado en todo tipo de suelo, en todo tipo de climas y bajo todo tipo régimen hídrico.

Con el fin de ejemplificar las distintas características de relevancia de una especie en particular tomaremos de ejemplo el Pasto Dulce (*Brachiaria humidicola*).

Tabla 1.1. Ejemplos de pastos sembrados en América Latina y sus requerimientos hídricos y edafológicos.

Nombre científico	Nombre común	Requerimientos	
		Hídricos	Edafológicos
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Pasto Buffel	Precipitaciones entre 300 – 750 mm/año (incluso 1 000 mm/año). Además, es extremadamente tolerante a la sequía.	Suelos profundos con textura arenosa, arcillosa, o franca (franco arenoso y franco arcilloso), con buen drenaje, y valores de pH entre 6,0 – 8,0.
<i>Brachiaria humidicola</i>	Pasto Dulce	Precipitaciones entre 800 – 4000 mm/año.	Suelos con valores de pH entre 4,0 – 7,0, con un amplio rango de fertilidad y textura.
<i>Cynodon plectostachyus</i>	Pasto Estrella	Precipitaciones anuales de 800 – 2800 milímetros y es tolerante a sequía. No es tolerante al estancamiento prolongado.	Se establece de manera óptima en suelos de textura fina, con fertilidad media/ alta, y textura variable, desde suelos arenosos hasta suelos arcillosos, húmedos y con buen drenaje, con valores de pH entre 5,7 – 7,4; además, tolera suelos alcalinos.
<i>Urochloa eminii</i>	Pasto Congo	Precipitaciones moderadas a altas (\geq 1000 mm/año).	Requiere suelos bien drenados con humedad ligera.

<i>Urochloa humidicola</i>	Pasto Llanero o Pasto Dulce	Precipitaciones entre 800 – 4000 mm/año.	Muy adaptado a suelos ácidos de baja fertilidad, tolera encharcamientos y aguas estancadas.
<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto Napier o Pasto Elefante	Precipitaciones entre moderadas a altas (1000 – 1800 mm anuales).	Se puede establecer en un rango amplio de suelos, preferiblemente suelos de textura franca con pH entre 5,0 – 7,0.
<i>Paspalum notatum</i>	Pasto Bahía	Requiere poco riego y es capaz de aguantar periodos cortos de inundación.	Tolera suelos arenosos, sombra, condiciones salinas y sequía moderada.
<i>Bothriochloa pertusa</i>	Pasto Colosuana	Precipitaciones entre 600 y 1200 mm/año, puede crecer en ambientes con precipitaciones de 1600 mm/año.	Suelos bien drenados, arcillosos y franco arcilloso, de textura fina con valores de pH entre 5,0 y 7,5. Puede colonizar suelos pobres.

El Pasto Dulce es una Gramínea perenne originaria de África ecuatorial, sus semillas permanecen en estado de dormancia por más de nueve meses por lo que la producción de semillas es escasa. En Colombia, la producción de semillas de este pasto es limitada. Crece entre los 0 y los 1800 metros sobre el nivel del mar y tolera temperaturas entre 17 y 27 °C. Para sus requerimientos hídricos y edafológicos ver **Tabla 1.1**. Una característica importante de este pasto es que es tolerante a la quema, resistente a plagas y enfermedades. En condiciones de alta humedad puede ser atacado por la roya, la cual es

una enfermedad causada por hongos como el *Hemileia vastatrix*, *Puccinia triticina* y *Puccinia striiformis*, y plagas como la hormiga arriera (*Atta cephalotes*) y la hormiga cortadora de hojas (*Acromyrmex landolti*). Además, el Pasto Dulce es hospedero del "Mión de los pastos", el cual es un insecto que afecta la producción de los pastos y facilita la invasión de malezas.

Este pasto presenta bajo valor nutritivo el cual disminuye en el tiempo e impacta la ganancia de peso. Su contenido de proteína está entre el 4 y 8 % con una digestibilidad entre el 45 y 55 %. Además, su alta dormancia hace que su establecimiento sea costoso. Sus usos se centran en el pastoreo directo e intensivo, el cual se recomienda a los 35 días de crecimiento y una altura aproximada de 20 cm. Su rendimiento está entre 10 y 12 toneladas de materia seca/hectárea/año. Además, tolera cargas altas (4 animales/hectárea) y un manejo pobre del suelo. Además, el incremento en la producción de carne animal está entre 82 y 164 kg/hectárea/año, sin embargo, mediante su asociación con leguminosas se ha reportado una producción de carne entre 300 y 360 kg/hectárea/año. Requiere fertilización en suelos con pobres contenidos de materia orgánica y minerales, sin embargo, su fertilización es mínima y responde bien a la adición de nitrógeno. Aunque su fertilización incrementa los costos de producción de carne, para su establecimiento se pueden emplear N (50 kg/hectárea), P₂O₅ (45,8 kg/hectárea), MgO (24,75 kg/hectárea), SO₄²⁻ (44,86 kg/hectárea), K₂O (18 kg/hectárea).

Otro ejemplo es el Pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus*), el cual es el más común en suelos dedicados a la ganadería en Colombia, siendo adecuado a la región Caribe, el eje cafetero, los llanos orientales, entre otros lugares de explotación bovina. Se caracteriza por ser tolerante a la humedad y a sequías, alcanzando hasta cinco metros de largo. Su origen es África oriental. Como se indicó en la **Tabla 1.1**, no es tolerante

al estancamiento prolongado, por lo que las dinámicas hídricas pueden impactar fuertemente, así mismo, no es adecuado para establecerse en zonas de inundaciones por desbordamiento de ciénagas o humedales. Puede ser afectado por nemátodos (*Spodoptera frugiperda*), insectos (*Mocis latipes*) y hongos (*Rhizoctonia solani*), además de ser susceptible a la mancha de la hoja y la roya.

Su uso principal es en labores de pastoreo, aunque puede usarse para la producción de heno, además, de manera óptima puede mantener hasta 4 animales/hectárea (período de descanso de 27 – 30 días). Desde un punto de vista nutricional aporta entre 11-14 % de proteína y una digestibilidad del 56 – 65 %. Con un programa adecuado de fertilización puede producir hasta 30 toneladas de materia seca/hectárea/año. Para su fertilización se puede emplear N (70 kg/hectárea), P₂O₅ (57,3 kg/hectárea), MgO (33 kg/hectárea), SO₄ (59,8 kg/hectárea), K₂O (24 kg/hectárea). Un comparativo entre el Pasto Dulce y el Pasto Estrella se muestra en la **Figura 1.3**.

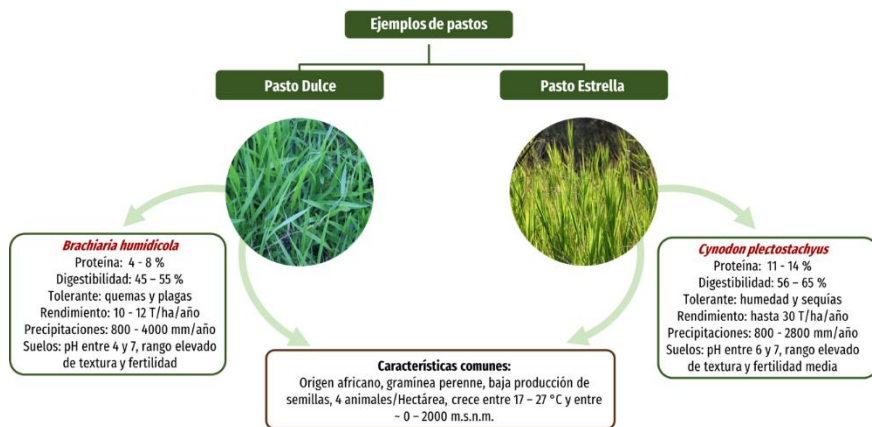


Figura 1.3. Comparación entre el Pasto Dulce y el Pasto Estrella.

1.3.3. Cálculo de la frecuencia de riego

Como se indicó previamente, la cantidad de agua disponible se ve afectada por distintos factores entre los que se incluye la evaporación, el drenaje, la adsorción por las partículas del suelo y la formación de escorrentías. En consecuencia, no basta con conocer los requerimientos de la planta, información que procede normalmente bajo condiciones controladas y no necesariamente de forma correlacionada con las características climáticas, edafológicas y topográficas del sitio de interés. A continuación, se ahondará más en los detalles fundamentales, técnicos y prácticos para la determinación de la frecuencia de riego.

La frecuencia de riego (F_R) puede definirse como el número de veces que se debe aplicar agua a un cultivo durante un periodo determinado, de forma tal que se mantengan los niveles óptimos de humedad, que permitan alcanzar la máxima expresión del desarrollo fisiológico de la planta según los fines del cultivo. De forma más técnica, la F_R corresponderá al intervalo de tiempo entre dos riegos consecutivos bajo las características deseadas. Este intervalo de tiempo dependerá de la cantidad de agua disponible y la velocidad con la que es extraída. En consecuencia, puede entenderse como un balance de masa realizado sobre la cantidad de agua presente y los flujos másicos que afectan su variación.

Matemáticamente,

$$F_R \text{ (días)} = \frac{A_d}{ET_c} \quad (1.1)$$

donde A_d es el agua disponible y ET_c es la evapotranspiración del cultivo (mm/día).

El A_d en el suelo corresponde a la cantidad de agua que puede ser retenida por el suelo y que es utilizada por las plantas sin que ocurra estrés hídrico. Es una variable dependiente de las propiedades del suelo y de la profundidad efectiva de las raíces del cultivo.

$$A_d = 10D_{ap}\Delta y_r(C_c - P_m) \quad (1.2)$$

donde Δy_r es la profundidad efectiva de las raíces (m), D_{ap} es la densidad aparente (g/cm^3), C_c es la capacidad de campo, P_m es el punto de marchitez. Para el adecuado entendimiento de la expresión anterior es necesario aclarar algunos conceptos.

La *profundidad efectiva de las raíces* determina la cantidad de agua que pueden absorber las plantas y la magnitud del flujo de nutrientes que pueden utilizar, en condiciones óptimas de absorción. Para algunos pastos un valor típico medio de Δy_r es 60 cm de profundidad (caña de azúcar), mientras que, para el Pasto Estrella, Δy_r se encuentra entre 25 y 49 cm. Por otro lado, la *densidad aparente* es una medida del grado de compactación del suelo y su porosidad a partir de la cuantificación de la cantidad de materia por unidad de volumen. Suelos con buena estructura (agregación) y de textura gruesa se caracterizan por una buena aireación, penetrabilidad radicular, y velocidades de drenaje relativamente altas, siendo directamente proporcional a la proporción de partículas de arena. Es importante anotar que la densidad aparente se puede ver afectada por la actividad pastoril, en consecuencia, un mal manejo de ésta puede llevar a variaciones en este parámetro y como resultado los requerimientos de agua cambiarán.

Por otro lado, la *capacidad de campo* hace referencia al contenido de agua que un suelo puede retener después de haber sido saturado, siendo la gravedad la única fuerza que influencia la infiltración del

agua. En campo, se asocia con el equilibrio hídrico después de la lluvia abundante o del riego, correspondiendo usualmente, en temporalidad, entre 24 a 48 horas. Se expresa en términos porcentuales como la fracción de agua que puede retener respecto al peso del suelo seco. Su conocimiento permite establecer cuánto y cuándo regar, por lo que es un parámetro esencial en las operaciones de riego.

En contraposición a la *capacidad de campo*, la cual como se indicó hace referencia a un estado de exceso hídrico, el *punto de marchitez* hace referencia a un estado de déficit. Así, el *punto de marchitez* mide la escasez hídrica del cultivo correspondiendo al contenido de agua a partir del cual las hojas no pueden recuperar su turgencia. De esta manera, cuando el agua contenida en el suelo desciende por debajo de este umbral, las plantas se marchitan irreversiblemente y no pueden recuperarse indistintamente de que se suministre nuevamente agua. Este parámetro depende de la planta (i.e., no todas las plantas resisten las mismas condiciones de escasez hídrica), el clima (e.g., climas áridos con altas temperaturas se asocian a una mayor pérdida de agua) y las condiciones del suelo (e.g., mayor velocidad de drenaje se asocia a un punto de marchitez fácilmente alcanzado). Para la mayoría de las plantas, este valor se da con -1,5 MPa.

El segundo término para el cálculo de la frecuencia de riego es la evapotranspiración. Esta se define como la pérdida de agua debida a la evaporación de esta desde la superficie del suelo, así como también por la transpiración de las hojas de la planta.

$$ET_c = ET_0 k_c \quad (1.3)$$

donde ET_0 es la evapotranspiración de referencia (mm/día), la cual se obtiene a partir del análisis climático y k_c es el coeficiente del cultivo

(adimensional). La ET_0 se calcula mediante la ecuación de Penman-Monteith, la cual viene dada por:

$$ET_0 = \frac{0,408\delta(R_n - G) + \gamma \frac{900u_2(P_{sat} - P_a)}{T + 273}}{\delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1.4)$$

Donde, δ es la pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C), R_n es la radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m²/día), G es el flujo de calor del suelo (MJ/m²/día), γ es la constante psicrométrica (kPa/°C), T es la temperatura media diaria (°C), u_2 es la velocidad del viento a 2 m (m/s), P_{sat} es la presión de vapor de saturación (kPa) y P_a es la presión de vapor actual (kPa).

Sin embargo, es importante indicar que la determinación de la frecuencia de riego como modelo predictivo o de diagnóstico posee limitaciones. Entre ellas se encuentran: (i) la variabilidad espacial, ya que el modelo asume que el suelo y el clima son homogéneos, lo cual no siempre es una aproximación adecuada. (ii) la variabilidad temporal, ya que la ET_c varía a lo largo del ciclo del cultivo y las condiciones climáticas, por lo que la ET_c no puede asumirse en sentido estricto para ser un valor característico. Finalmente, la precisión de los resultados dependerá de la calidad de los datos y los protocolos establecidos. En general, mientras más información espacial y temporal se encuentre disponible, mejor será el resultado.

Por lo anterior, en la práctica no se permite que el suelo alcance el punto de marchitamiento por lo que el riego se hace en un umbral crítico diferente al umbral límite. Para esto, un factor de ajuste denominado coeficiente de pérdida o de depleción se introduce en la ecuación 1. Valores típicos de este coeficiente van desde 0,3 para el cultivo de hortalizas a 0,6 para el cultivo de algodón.

1.3.4.- Planificación logístico-operativa

La adecuada planificación debe incluir aspectos logísticos y operativos. Esto depende de las características de cada sistema agrícola, incluyéndose en lo anterior la disponibilidad presupuestal y la adecuada administración del tiempo, insumos, agua, disponibilidad de suelos (lotes de pastoreo), entre otros. Así como con la planificación del pastoreo, la gestión del agua consiste en reducir las pérdidas sin disminuir la productividad. Claramente puede verse desde un enfoque de optimización, sin embargo, debe considerarse la implementación de un sistema de alerta temprana y una programación del riego en función no sólo del desarrollo fisiológico del cultivo, sino también considerando las diferentes operaciones que tienen lugar (e.g., movimiento del ganado, siembra, descanso, fertilización, etc.). Para un sistema de riego es claro que se deberá tener en cuenta una fase de implementación, una fase de evaluación, una fase de operación y una fase de mantenimiento (ver **Figura 1.4.**).

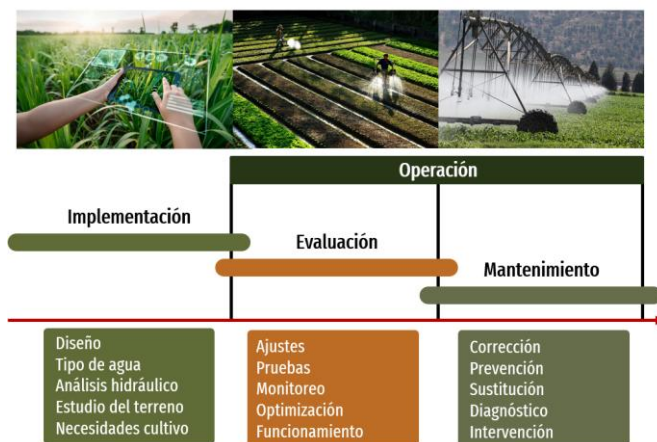


Figura 1.4. Fases de un sistema de riego.

La fase de implementación incluye el estudio del terreno y el análisis hidráulico. Sobre estos aspectos ya se ha dado una descripción en apartes previos de este capítulo, sin embargo, se resalta el estudio de la topografía del terreno con el fin de identificar y medir las pendientes, las zonas con problemas de escorrentías, de infiltración y la heterogeneidad del terreno; además, el tipo de suelo, la disponibilidad de agua y los requerimientos del cultivo. Se debe poner especial atención a las características del agua, en particular, a la salinidad y presencia de contaminantes actuales (contaminantes plenamente identificados) y potenciales (contaminantes no tóxicos pero que, debido a la frecuencia del riego, pueden alcanzar niveles tóxicos y ser un problema a largo plazo).

Identificadas las características anteriores se procede al diseño del sistema, el cual puede efectuarse considerando diferentes tecnologías y características, por ejemplo, riego por goteo, por aspersión, por gravedad, etc. En esta etapa también deben definirse los accesorios de acuerdo con la tecnología, esto incluye, tuberías, válvulas, bombas, emisores, entre otros. Son factores importantes el dimensionamiento en número (cuánto de cada accesorio, incluyendo repuestos) y en extensión (metros lineales de tuberías, volumen de agua por día, velocidad de flujo, etc.). Claramente, el diseño implica subsecuentes operaciones logísticas relacionadas con la adquisición de materiales y equipos. En este punto debe tenerse en cuenta la calidad de los materiales, los tiempos de entrega, la verificación de las especificaciones, garantía, puntos de almacenamiento de repuestos, entre otros.

Para la ejecución eficiente y efectiva de lo anteriormente expuesto, se hace necesario incluir una etapa logística adicional, en específico, operaciones de transporte e inventario. Como puede resultar evidente, la complejidad del sistema estará relacionada con la escala del terreno.

No será lo mismo un sistema de riego en 1 o 2 hectáreas que en 100 o 200 hectáreas. Por lo tanto, el inventario es una herramienta indispensable para evitar pérdida de materiales, retrasos, daños por mala manipulación, etc. La instalación incluye la conexión de tuberías, las pruebas de flujo, los sistemas de monitoreo sean manuales o automatizados. Finalmente, no se debe olvidar la capacitación del personal operativo y la documentación de los distintos procedimientos y protocolos.

La fase de evaluación implica tanto las pruebas iniciales de funcionamiento del sistema de riego como el monitoreo después de la implementación. En relación con la prueba inicial se debe verificar la presión, el caudal, la uniformidad del riego y el funcionamiento del sistema de control. En esta etapa deben realizarse los ajustes necesarios para que el diseño y el montaje sean lo más exactos posible. En esta etapa es importante además obtener mediciones precisas y disponer de parámetros de comparación que pueden ser empleados como indicadores de la calidad de la operación. El monitoreo es la etapa inmediatamente posterior. Para esto, el rendimiento agrícola es el mejor indicador y se logra mediante la evaluación de la respuesta del cultivo, medidas de humedad, sanidad vegetal y producción.

En este punto deben considerarse herramientas adecuadas que pueden variar en costos dependiendo de los recursos de inversión disponibles. Es así como se pueden contemplar sensores y tableros de operación remota, o sistemas de medida directa mediante el uso de tensiómetros, balanzas, etc. Realizado lo anterior es necesario identificar las correcciones de flujo, frecuencia, tiempos de riego, etc., así como también la detección de anomalías, y mantener un registro de información detallado y periódico de las diferentes variables de operación, puntos y eventos críticos.

La fase de mantenimiento debe ser, idealmente, mantenimiento preventivo, sin embargo, es claro que pueden acaecer situaciones que requieran acciones correctivas. El mantenimiento preventivo incluye la limpieza de filtros, control de válvulas, calibración de sensores, equipos de bombeo, entre otros. Debe efectuarse con una periodicidad rigurosa y con el uso de herramientas y repuestos adecuados. Dentro del mantenimiento correctivo se debe realizar la reparación o sustitución de partes sea por daño o desgaste como consecuencia del uso. Para un resultado eficaz, se requiere que la planeación logística haya considerado los tiempos de respuesta, la disponibilidad de piezas y las estrategias de diagnóstico adecuadas. Nótese que lo anterior implica un adecuado almacenamiento, control de inventario, un mínimo de partes en stocks para garantizar la continuidad operativa el máximo tiempo posible, el registro de novedades y el acceso de forma eficiente a la información.

Finalmente, no teniendo en cuenta la etapa de implementación, la fase de evaluación y mantenimiento hace parte de la operación del sistema. Otros aspectos por considerar son la capacidad de carga del cultivo, los tiempos de descanso y la densidad de animales por hectárea.

1.3.5. Conocimiento del entorno

Este aspecto guarda relación con el reconocimiento de que cualquier unidad productiva, independientemente de su extensión, se encuentra inmersa en un entorno específico. Por ejemplo, se debe considerar la mano de obra disponible en términos de costo, nivel educativo, implementos de seguridad, normatividad laboral en consonancia con la ley, entre otros aspectos. Otras consideraciones son propias de las dinámicas sociales subyacentes de los territorios, no es lo mismo una intervención en un resguardo indígena que una zona rural no identificada como indígena. Otros aspectos del entorno son la zona

industrial aledaña de los puntos de abastecimiento de agua (industrias, granjas agrícolas con actividades de fertilización y/o manejo de plagas), así como aspectos relacionados con la toma del recurso hídrico para explotación productiva, en particular, en Colombia, la tasa retributiva.

1.4. Conclusiones

Los pastos corresponden a material vegetal de elevada importancia ecológica y para la producción de alimentos. Particularmente, constituyen un insumo esencial en la ganadería, puesto que los animales obtienen los nutrientes a través del consumo principal de especies gramíneas y leguminosas del sistema de pastoreo. Es bajo este contexto que el desarrollo óptimo de los pastos emerge como un aspecto esencial para la sostenibilidad alimentaria, estando principalmente determinado por la naturaleza del material vegetal, las condiciones del suelo y la disponibilidad hídrica. Con respecto a esta última condición, en algunos escenarios no es posible establecer un balance hídrico adecuado de manera natural (por ejemplo, en suelos áridos), situación ante la que se requiere de sistemas de riego que permitan suministrar a los suelos el agua necesaria para el óptimo crecimiento del pasto (en el caso de estrés por déficit), lo cual derive en una maximización de la producción ganadera. Para ello, los sistemas de riego deben ser desarrollados bajo una comprensión y un análisis integral de los factores que determinan la eficiencia del crecimiento y desarrollo de los pastos. Siendo las características agroclimáticas, socioculturales y geográficas, así como la naturaleza del suelo, las plantas y del recurso hídrico condiciones determinantes para la planeación e implementación de sistemas de riego óptimos, tanto en tipo de tecnología y frecuencia de suministro como en puntos de abastecimiento e incluso en periodicidad de monitoreo y mantenimiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, la Universidad de Córdoba y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261.

Bibliografía

Ahmad U., Soheli F. Evaluating decision support systems for precision irrigation and water use efficiency. Digital engineering. 4, 2025, 100038. DOI: 10.1016/j.dte.2025.100038

Aquilani C., Confessore A., Bozzi R., Sirtori F. review: Precision Livestock Farming technologies in pasture-based livestock systems. Animal. 16, 2022, 200429. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100429

Bahadur T., Balasubramaniam T., Sabir K., Nayak R. Pasture monitoring using remote sensing and machine learning: A review of methods and applications. Remote Sensing Applications: Society and Environment. 37, 2025, 101459. DOI: 10.1016/j.rsase.2025.101459

Dvergsten C. Irrigation Water—Handle With Care!. Whole New Concepts. Visitado 2025. <https://www.wholenewconcepts.com/irrigation-holistic-management.html>

EOS DATA Analytics. Punto de marchitez permanente y temporal en las plantas. Visitado 2025. <https://eos.com/es/>

Gong Z., Gao F., Chang X., Hu T., Li Y. A review of interactions between irrigation and evapotranspiration. Ecological Indicators. 169, 2024, 112870. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.112870

Infopastos y forrajes. Fichas técnicas de pastos. Visitado 2025. <https://infopastosyforrajes.com/>

Kannazarova Z., Juliev M., Abuduwaili J., Muratov A., Bekchanov F. Drainage in irrigated agriculture: Bibliometric analysis for the period of 2017–2021. *Agricultural Water Management*. 305, 2024, 109118. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109118

Marzban S., Valizadeh N. Pasture Development: Fundamentals and Managerial Perspectives. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Özuyar, P.G., Wall, T. (eds) *Zero Hunger. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Springer, 2020. DOI: 10.1007/978-3-319-95675-6_36

Pasturas tropicales. Tipos de pastos para ganado y de los más sembrados en Colombia. Visitado 2025. <https://pasturaastropicales.com/>

Sales Dantas R.A., Marotti Togneri R., Prati R.C., Kamienski C.A. A review of Smart Irrigation. *Biosystems engineering*. 257, 2025, 104220. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2025.104220

Wasonga G., Bhowmick G.D., Bhattacharya N.S. A critical review of irrigation water quality index and water quality management practices in micro-irrigation for efficient policy making. *Desalination and Water Treatment*. 318, 2024, 100304. DOI: 10.1016/j.dwt.2024.100304

Capítulo 2.

Aproximación económica a la ganadería y la agricultura de pastos.

*Angélica García-Quintero, Manuel Palencia,
Andrea J. Betancourt, Manuel D. Palencia-Bolaños,
Emiro J. Medellín, Enrique M. Combatt*

*García-Quintero A., Palencia M., Betancourt A.J., Palencia-Bolaños M.D., Medellín E.J., Combatt E.M. Aproximación económica a la ganadería y la agricultura de pastos. En: García-Quintero A., Palencia M., Combatt E.M. (Eds). Aproximación al aprovechamiento del recurso hídrico en la ganadería y la producción de pastos. MT-Pallantia Publisher s.a.s., pp. 38-77. Cali-Colombia, 2025.
DOI: 10.34294/b.005.c2.2025.09.*

Sobre los autores

Angélica García-Quintero

*Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.
Grupo de Investigación en Químico-, Bioanalítica e Ingeniería de Datos (GIQBID), Instituto de Ciencia y Tecnología Analítica Golden-Hammer s.a.s., Montería – Colombia.*

Manuel Palencia

*Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GI-CAT),
Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle,
Cali – Colombia.*

Andrea J. Betancourt

*Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali – Colombia. Programa en
Administración de empresas, Universidad Santiago de Cali, Cali – Colombia.*

Manuel D. Palencia-Bolaños

*Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali – Colombia. Programa de
Ingeniería Industrial, Universidad Santiago de Cali, Cali – Colombia.*

Emiro J. Medellín

*Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Montería – Colombia. Grupo
de Investigación en Ingeniería, Sostenibilidad e Innovación (GIISI). Solsosting s.a.s.,
Montería – Colombia.*

Enrique M. Combatt

*Departamento de Ingeniería Agrícola y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agrícolas,
Universidad de Córdoba, Montería – Colombia.*

—.

Contenido

Resumen.

2.1. Introducción.

2.2. Descripción económica de la ganadería y la producción de pastos.

2.3. Descripción económica de la ganadería en Colombia.

2.3.1. Características de la cadena productiva de carne bovina en Colombia.

2.3.2. Hoja de ruta para el fortalecimiento de la cadena productiva de carne bovina en Colombia.

2.4. Descripción económica del cultivo de pastos y forrajes para ganadería en Colombia.

2.4.1. Descripción del proceso de producción de pastos y forrajes.

2.4.2. Descripción económica del proceso de producción de pastos y forrajes.

2.5. Recomendaciones y conclusiones.

Agradecimientos.

Bibliografía.

—

Resumen

La sostenibilidad económica, entendida como la capacidad de un sector económico, ya sea comercial o productivo, para crecer sin agotar los recursos ni causar daños al medio ambiente, es un lineamiento altamente deseado en todos los sectores de la economía de un país, entre ellos, la ganadería. En específico, la ganadería es una actividad económica de tipo agropecuario, con características tradicionales y culturales en Colombia. Abarca diferentes tipos de ganado, entre los que se encuentran el ganado bovino, porcino, caprino, ovino y bufalino. A partir de este sector se derivan distintos productos, por lo que se conecta con diferentes eslabones de la economía, entre los que se

encuentran la marroquinería, los cárnicos y los lácteos, entre otros. En términos generales, desde una perspectiva económica impacta aspectos como el empleo, la seguridad alimentaria, el uso de la tierra y las características de consumo. La importancia económica de la ganadería a nivel nacional se ve reflejada en el aporte del 20 % del PIB agropecuario. Sin embargo, como cualquier sector productivo, la ganadería se enfrenta a retos derivados del cambio climático, dinámicas económicas de tipo comercial, baja productividad, cambios en las tendencias de consumo, cambios en los usos del suelo, limitaciones tecnológicas, deficiencias en infraestructura, etc.

Este capítulo trata de la ganadería como actividad económica ligada a la producción de alimentos, así como del establecimiento y desarrollo de pastizales como insumo agroecológico vital para la actividad ganadera. Esta información busca lograr una descripción completa del sector ganadero, así como de las dinámicas económicas que componen y su conexión con otras cadenas productivas. Otros conceptos de gran relevancia, como el pasto marino, el cual hace referencia a la producción de algas, no son abordados aquí.

Palabras claves: *Ganado, sostenibilidad económica, cadena de valor, seguridad alimentaria, objetivos de desarrollo sostenible.*

2.1. Introducción

La ganadería, entendida como la actividad económica de carácter pecuario que se basa en el manejo, cría y comercialización de animales domésticos terrestres, mamíferos, para su explotación productiva, tanto para la obtención de materias primas como para alimento, es sin duda un factor de relevancia en la economía de los países. En términos generales, la ganadería como actividad antropogénica cumple un rol fundamental en materia de seguridad alimentaria. Para un adecuado

desarrollo fisiológico, el ser humano requiere la ingesta de proteína. Los valores pueden ser variados dependiendo de las características poblacionales y genéticas de los individuos; sin embargo, se estima que el ser humano en edad adulta requiere entre 45 y 50 g/día de proteína (personas de 70 kg de peso). Es decir, para países con una población de aproximadamente 50 millones de habitantes, por ejemplo, Colombia, en un escenario ideal, se requiere la producción de más de 2,2 millones de kg/día de proteína animal. En términos de huevos (producto de consumo común y generalizado), esto corresponde a aproximadamente 12 huevos día/persona, o si se prefiere, en términos de carne de origen bovino, corresponde a 200 g de carne/día por persona. Aunque estos datos son aproximados, son útiles para ayudarnos a visualizar la magnitud del requerimiento proteico del ser humano y la escala de producción necesaria para el abastecimiento adecuado de un país como Colombia. Es decir, satisfacer esta ingesta proteica a nivel nacional equivale a producir 10 millones de kilogramos por día de carne bovina. La situación alcanza valores realmente asombrosos si se emplea una escala global en lugar de una escala de país.

Por otro lado, la complejidad de un sistema de producción ganadera tiene diferentes niveles dependiendo de las características locales, tanto de índole económica como del entorno. Una ilustración de la cadena productiva de la ganadería se muestra en la **Figura 2.1**. Nótese que, a medida que la población mundial crece, la demanda de alimentos se incrementa significativamente y, como consecuencia de esto, la ganadería se convierte en un pilar de gran relevancia para garantizar la seguridad alimentaria.

Ahora bien, ¿cómo se produce tal cantidad de proteína en forma de carne?

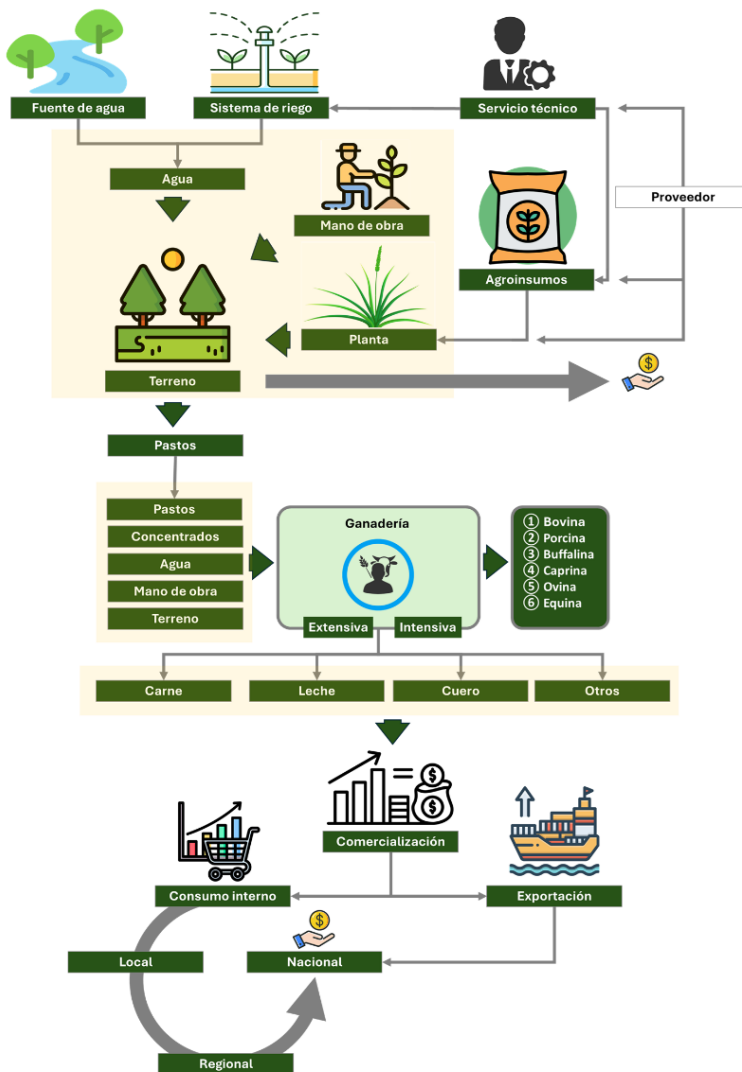


Figura 2.1. Componentes de la cadena productiva de la ganadería.

Ante la pregunta anterior es importante entender que el ganado es un organismo vivo, el cual dentro de su normal desarrollo transforma bioquímicamente su alimento (pastos, agua, sales, heno, etc.) en proteína animal.

Siguiendo con la ilustración de escala, un pasto de bajo contenido nutricional como el Pasto Estrella (*Brachiaria humidicola*), puede producir entre 82 y 164 kg/hectárea/año de proteína animal en condiciones óptimas de producción, lo que implica, entre otras cosas, no exceder una densidad de producción de 4 animales/hectárea (con un tiempo de 18 meses para alcanzar una talla de sacrificio de entre 400-500 kg). En consecuencia, la extensión de tierras requeridas, así como la cantidad de agua, mano de obra, fertilizantes, entre otros insumos, para satisfacer la ingesta de proteína animal de una población, a partir de ganado bovino, es abismal si se compara con la producción avícola o piscícola.

Por otro lado, desde un punto de vista sociocultural, en muchos países la creciente demanda de productos de origen animal se satisface a través de la ganadería intensiva a gran escala, así como también mediante las cadenas alimentarias que se derivan de esta. Sin embargo, a nivel global, millones de pequeños productores y familias dependen de diferentes tipos de actividad ganadera para su sustento. No obstante, más allá de su utilidad para la producción de alimentos, los animales de granja desempeñan otras funciones de relevancia económica (e.g., arado por tracción animal, comercio en pie de pequeña escala), culturales (e.g., actividades de recreación, participación en ferias y exposiciones) y sociales (e.g., medio de transporte principalmente en zonas rurales de baja densidad poblacional). Por lo que pueden entenderse como una parte esencial de la sociedad humana rural, pero también, de los agroecosistemas, por lo tanto, la ganadería contribuye de forma significativa al

desarrollo socioeconómico y la reducción de la pobreza (monetaria), la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental al ser un recurso ecosistémico conexas con el desarrollo agrícola y, desde una perspectiva más amplia, al avance en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) cuando esta es realizada bajo criterios de sostenibilidad ambiental, económica y social.

2.2. Descripción económica de la ganadería y la producción de pastos

La ganadería, como actividad económica, representa una significativa fuente de ingresos tanto en países desarrollados como en países en vía de desarrollo. De acuerdo con una revisión reciente realizada por investigadores de Sudáfrica, Rapiya y colaboradores, publicada en 2025, soportada a partir de datos del Banco Mundial, en países desarrollados la ganadería corresponde al 40 % de la producción agropecuaria mientras que, para los países en vía de desarrollo, esta es un 50 % menos, es decir, un 20 %. Sin embargo, se debe tener cuidado con la interpretación económica de estos datos.

Una primera crítica subyace en el concepto sobre el cual recae la comparativa, ya que “países en vía de desarrollo” o “países desarrollados” engloba criterios que van más allá del aspecto económico, por lo que la contribución pecuaria se diluye, por ejemplo, además de tener en cuenta el Producto Interno Bruto (PBI) y per cápita (PBIP), se consideran aspectos como el sistema de salud, la infraestructura no necesariamente rural o ligada a la ganadería, índice de alfabetización y escolaridad, y aspectos de carácter político. En consecuencia, Colombia, Perú, Argentina y Brasil, caracterizados por ser potencias en la producción de alimentos, son equiparados conceptualmente con Arabia Saudita, Tailandia, Rusia, Turquía y Vietnam, que poseen otras características sobre las que se sustenta su desarrollo económico. Mientras que, a su vez, Estados Unidos y

España, en materia agropecuaria, quedan equiparados a zonas de baja producción de alimento por razones climáticas y geográficas, como Finlandia y Japón.

Para dilucidar el sector mundial de forma más precisa, resulta adecuado establecer cifras específicas que permitan la construcción de puntos de referencia. Así, por ejemplo, de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y la Oficina de Estudios Económicos de la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), en el caso de Colombia, para el 2025, las exportaciones de carne bovina alcanzaron los 19,2 millones de dólares, siendo China el principal comprador (1454 ton con un valor de 6,9 millones de dólares), seguido de Rusia (1175 ton por un valor de 4,8 millones de dólares), Argelia (524 ton por 2,7 millones de dólares), Chile (192 ton por 1 millón de dólares), entre otros. En contraste, Brasil exportó 1,29 millones de toneladas de carne bovina por un valor de 5690 millones de dólares a países como China (565654 ton por 2500 millones de dólares), Emiratos Árabes Unidos (95000 ton por 435 millones de dólares), Estados Unidos (85395 ton por 515 millones de dólares), Hong Kong (61000 ton por 196 millones de dólares) y Chile (48726 ton por 229 millones de dólares).

Por otro lado, los datos brutos de las exportaciones pueden enmascarar diferentes realidades, por ejemplo, claramente los datos muestran que, aunque China es el principal comprador tanto de Colombia como de Brasil, la relación de carne exportada es 389 veces más para Brasil comparado con Colombia. De lo anterior se deriva, a partir de un comparativo más completo de los datos por países, que Brasil es el principal proveedor suramericano de carne a China (~17,2 % de la población mundial) y que, aunque el comercio con China de carne para Colombia es significativo, a nivel global es pequeño. En contraste, para un trayecto geográficamente menor, la tendencia se

mantiene, es decir, las exportaciones de Brasil de carne bovina a Chile son 253 veces superiores a las de Colombia. Un comparativo por países es mostrado en la **Figura 2.2**.

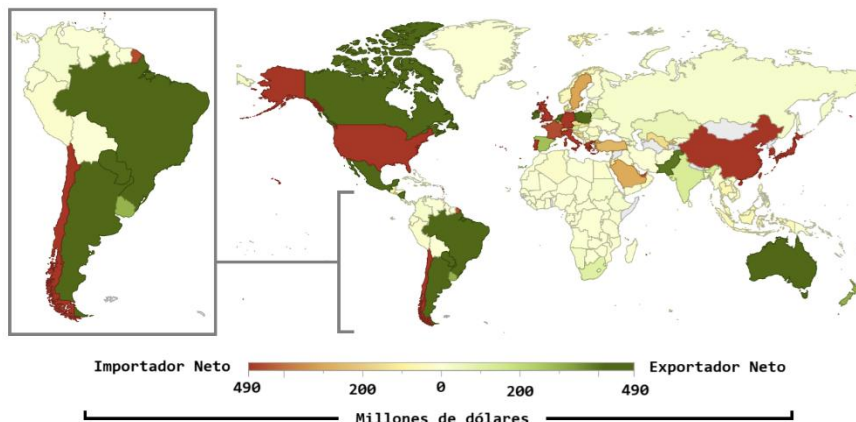


Figura 2.2. Balance global comercial de carne bovina, datos 2023 (adaptado de OEC, 2025).

Además, otros aspectos que deben considerarse son la frontera agrícola del país (i.e., delimitación del suelo rural en el que se realizan actividades agropecuarias), que para Colombia es de 43 millones de ha mientras que para Brasil es de 65 millones de ha, es decir, Brasil utiliza 1,5 veces más sus suelos productivos en la explotación ganadera que Colombia. Sin embargo, es claro que ese 0,5 veces más de tierra productiva no logra explicar la diferencia comercial de carne bovina entre los dos países. Así, aunque la información anteriormente expuesta refleja de manera clara que el impacto económico de la ganadería sobre la economía de Brasil es relativamente muy superior al de Colombia, los datos de las exportaciones reflejan que Brasil no es un país que sustente su economía agropecuaria en la ganadería, aunque sea esta un sector importante. En el caso de Colombia, la

diferencia puede explicarse por la convergencia de múltiples factores interrelacionados, entre los que se incluye el conflicto interno colombiano, los estándares de calidad en sentido amplio que, por ejemplo, no son satisfactorios para la exportación de carne bovina a Estados Unidos, políticas internas y sistemas productivos más enfocados a la conservación, y el rezago tecnológico en los diferentes eslabones de la cadena productiva. Una comparación con Argentina, Uruguay y Paraguay pone de manifiesto la importancia relativa de la ganadería de estos países respecto a su economía, siendo claramente mayor respecto a Brasil y Colombia (ver **Figura 2.3.**).

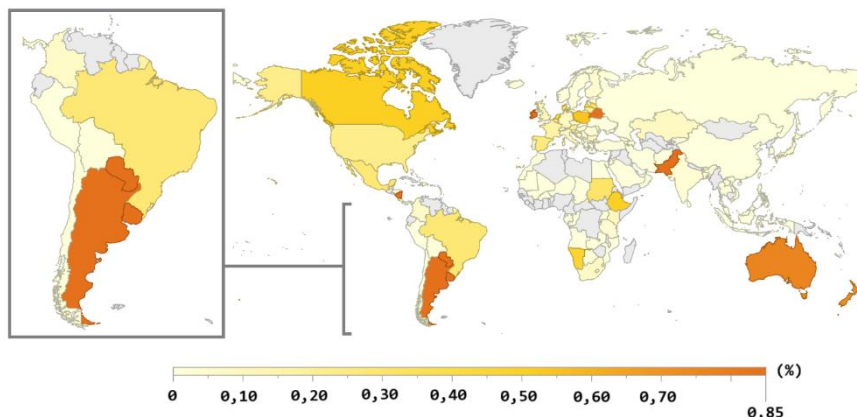


Figura 2.3. Contribución porcentual de las exportaciones de carne bovina respecto al total de exportaciones, datos 2023 (adaptado de OEC, 2025).

Claramente, las exportaciones reflejan el volumen de alimento y terreno que se debe invertir para alcanzar esos niveles de producción. Así mismo, no es de extrañar que los países con economías más fuertes y mayor población sean los que demanden mayor consumo (con excepción de la India, en la que el consumo de carne bovina respecto a su población se ve restringido por aspectos religiosos y culturales y no

solamente de índole económico). Por ejemplo, países como Francia (68,0 MHab.), Alemania (84,6 MHab.), Italia (58,8 MHab.) y Estados Unidos (340 MHab.), además de poseer una mayor población comparativamente con muchos países latinoamericanos, como Argentina (46 MHab.), Chile (18 MHab.), Colombia (53 MHab.), Venezuela (26 MHab.), Paraguay (6,4 MHab.) o Uruguay (3,4 MHab.), también poseen mayor poder adquisitivo.

2.3. Descripción económica de la ganadería en Colombia

Como se indicó previamente, la ganadería es un sector de la economía en el que convergen diferentes cadenas productivas, y aunque inicialmente se le asocie con la producción de alimento, en específico, carne, su alcance va más allá, impactando el sector alimenticio a nivel de productos como la leche, pero también mediante la producción de materias primas como el cuero. Asimismo, se conecta a la ganadería la producción de pastos, así como medicamentos, productos agronómicos, entre otros. Aunque normalmente se asocia con la carne bovina, en Colombia, el sector ganadero también incluye la bufalina, ovina, porcina y caprina. Desde un punto de vista geográfico, su presencia se encuentra casi en todo el territorio nacional, con contadas excepciones, pero también con alcances económicos variables. Por ejemplo, entre los departamentos con una marcada vocación y tradición ganadera se encuentran Córdoba, Meta y Antioquia, mientras que en otros puede denominarse como incipiente o limitado, como lo son Chocó, San Andrés Islas, la Amazonía y La Guajira.

En términos generales, desde una perspectiva económica, la ganadería impacta aspectos como el empleo, la seguridad alimentaria, el uso de la tierra y las características de consumo. De acuerdo con datos del 2024, el conjunto de sectores que componen el agro colombiano, a saber, agricultura, ganadería, pesca, caza y silvicultura, aportó el 9,3 %

al PIB nacional, con un 10,2 % de valor agregado. Además de ese 9,3 %, el 20 % correspondió a la ganadería bovina. Asimismo, como cualquier sector productivo, la ganadería se enfrenta a retos derivados del cambio climático, dinámicas económicas de tipo comercial, baja productividad, cambios en las tendencias de consumo, modificaciones en los usos del suelo, limitaciones tecnológicas, deficiencias en infraestructura, etc.

Desde un marco geográfico colombiano, la ganadería es una actividad que posee diversas ventajas en el territorio nacional, entre ellas se encuentra la extensión de terrenos y disponibilidad de pasturas, siendo estimado que aproximadamente solo en la ganadería de carne bovina se emplean más de 27 millones de hectáreas, es decir, casi el 62,8 % de la frontera agrícola del país. Por otro lado, se estima que en el país hay, de acuerdo con datos del 2024, 29,5 millones de cabezas de ganado bovino, es decir, 0,6 cabezas de ganado bovino por persona, lo que convierte a Colombia en uno de los países con mayor inventario de ganado a nivel mundial.

En términos de empleabilidad, se estima que asociados a esta actividad se encuentran 1,07 millones de empleos directos, siendo uno de los pilares de la economía que jalona el sector agropecuario. En términos de la ganadería, en contraste con la información presentada en la sección anterior, la cual se basó en la descripción de las exportaciones, a nivel interno, la ganadería aporta carne, leche y cuero para la población. Entre los valores agregados a destacar se encuentran las mejoras genéticas, por ejemplo, el ganado Romosinuano (o Romo), el cual es una raza de ganado colombiano originado en el Departamento de Córdoba, caracterizado por su longevidad, mansedumbre y producción de carne de alta calidad. Ejemplos de las diferentes razas de ganado que se encuentran en Colombia se muestran en la **Figura 2.4**.



Figura 2.4. Ejemplos de las diferentes razas de ganado en Colombia.

Otra fortaleza es la agroindustria derivada o conexas con la ganadería, que incluye tanto sistemas pastoriles como silvicultura; la infraestructura de sacrificio, la cual cuenta con 96 mataderos certificados por el INVIMA y 245 en proceso de certificación, correspondientes a locaciones municipales y regionales, la sanidad (programas de vacunación para garantizar un estatus libre de fiebre aftosa, al igual que de encefalopatía espongiforme bovina) y los cortes exportables (lomo ancho, solomito, punta de anca, muchacho, posta, entre otros).

En contraposición, cabe la pena señalar las distintas debilidades del sector y los retos a los cuales se enfrenta. En primer lugar, la baja productividad del ganado bovino es un factor que afecta la competitividad. Esta baja producción debe entenderse en términos de los grandes tiempos de engorde y levante; algunas razas no son de máximo rendimiento, al igual que los pastos son de mala calidad debido a que en algunos casos la producción no se encuentra tecnificada, esto repercute además en una nutrición deficiente y mayor costo por kilogramo. Además, en algunos lugares los suelos no son aptos para el cultivo de pastos, puesto que se presentan sequías, plagas, entre otros. En segundo lugar, se encuentra la fragmentación de la cadena productiva, lo que se ve reflejado en una desarticulación de las etapas de cría, levante y ceba. Entre las causas de esta debilidad se encuentran aspectos socioculturales como la rotación de propietarios, la poca uniformidad en los estándares de levante y un débil capital de inversión en algunos lugares. Este último punto se conecta con la variabilidad de precios y los altos costos de alimentación (pastos, concentrados, suplementos, etc.) e insumos (agua, terreno, mano de obra, servicio veterinario, etc.). Finalmente, en aspectos de regulación, aunque se ha mejorado, aún hay limitantes al crédito, barreras para la adquisición e implementación de

tecnologías, entre otros aspectos que podrían resumirse en una falta de optimización de los diferentes eslabones de la cadena productiva.

Si consideramos la contribución departamental a la producción bovina, se tiene que los departamentos de Antioquia y Córdoba se destacan en la producción ganadera nacional en el occidente del país, mientras que Meta, Casanare y Caquetá se destacan en el oriente. En un sentido más amplio, la actividad ganadera se concentra en un número de departamentos, siendo en muchos otros muy limitada. La distribución ganadera por tipo de animal, de acuerdo con el inventario 2024 del Instituto Colombiano Agropecuario, se muestra en las Figuras 2.5 – 2.12.

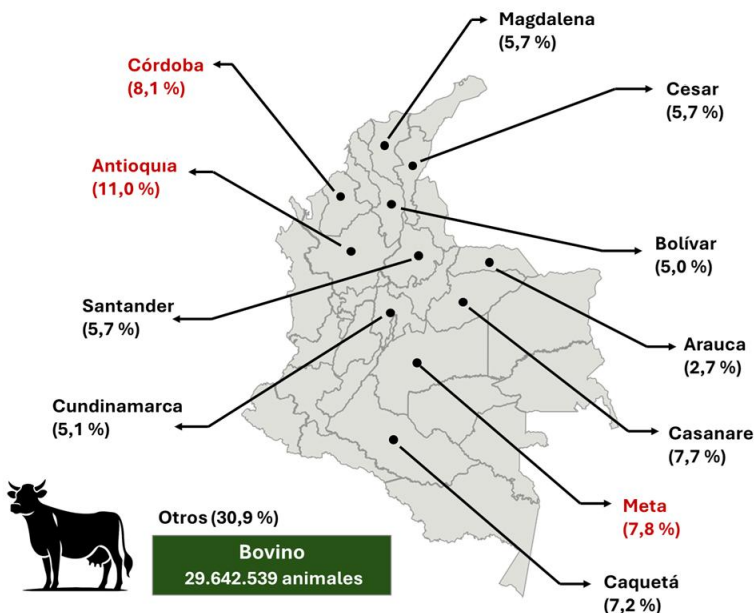


Figura 2.5. Inventario bovino nacional, datos 2024 (ICA, 2025).

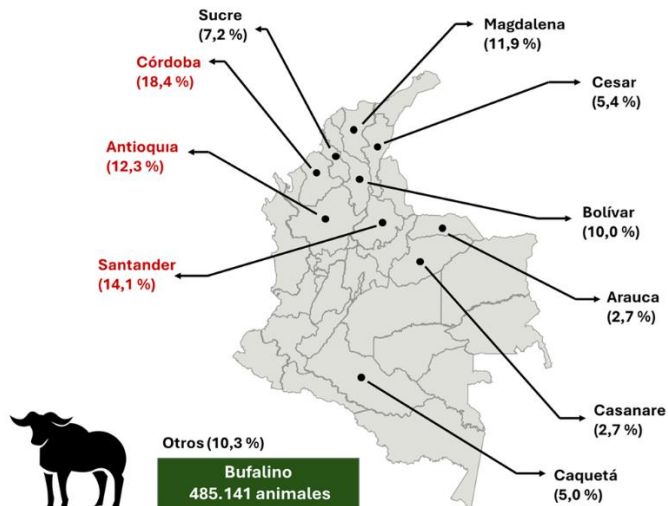


Figura 2.6. Inventario bufalino nacional, datos 2024 (ICA, 2025).

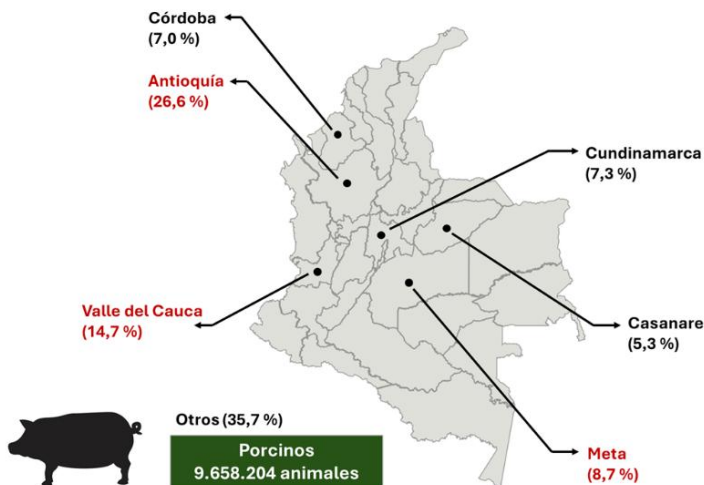


Figura 2.7. Inventario porcino nacional datos, 2024 (ICA, 2025).

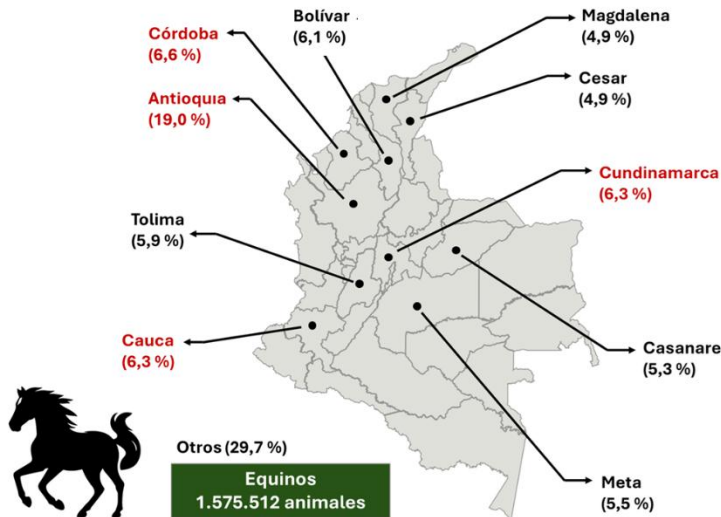


Figura 2.8. Inventario equino nacional datos, 2024 (ICA, 2025).

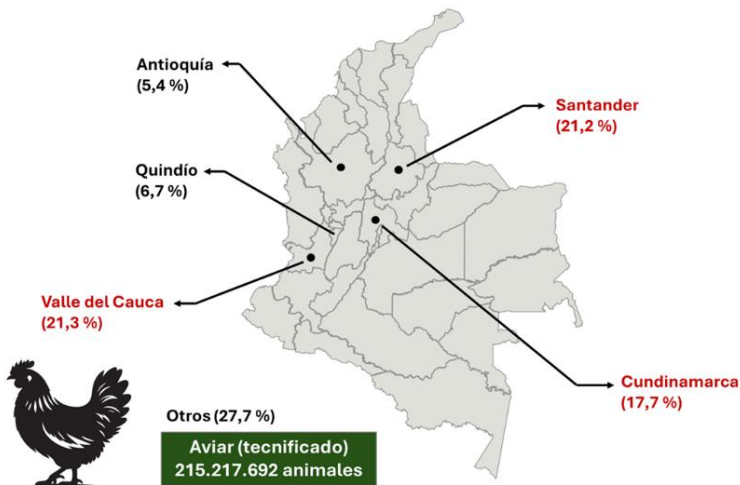


Figura 2.9. Inventario avícola nacional tecnificado, datos 2024 (ICA, 2025).

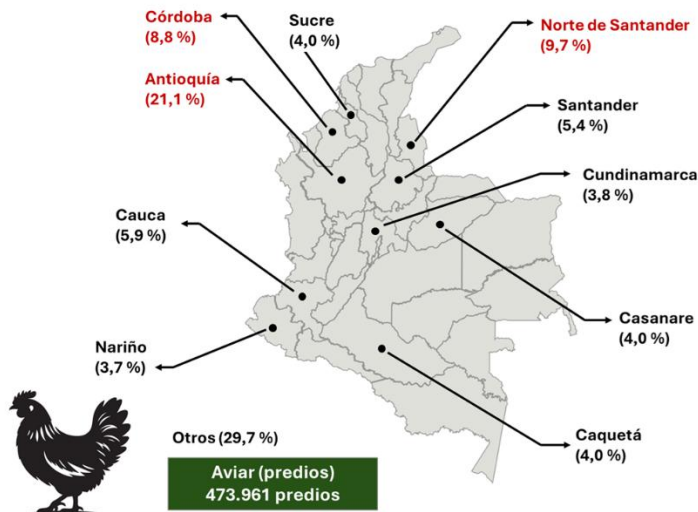


Figura 2.10. Inventario avícola nacional, datos 2024 (ICA, 2025).

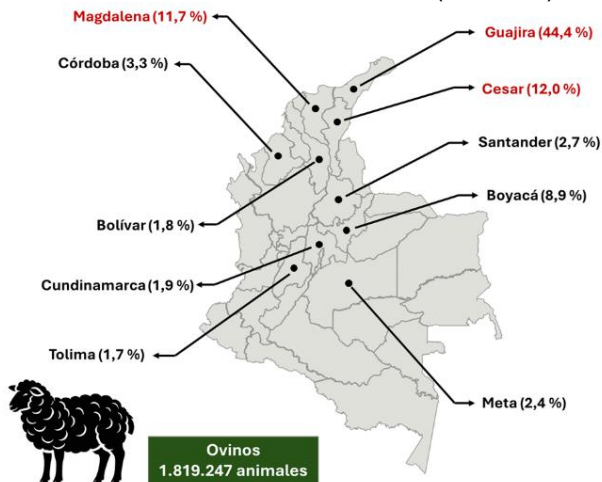


Figura 2.11. Inventario ovino nacional, datos 2024 (ICA, 2025).

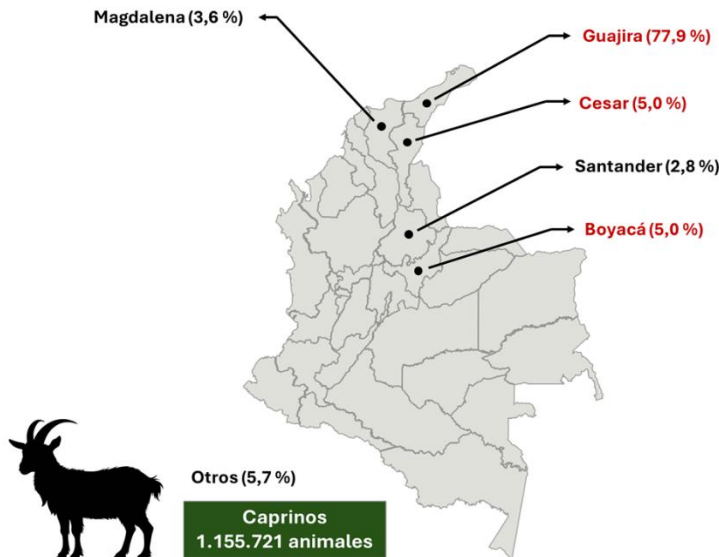


Figura 2.12. Inventario caprino nacional, datos 2024 (ICA, 2025).

2.3.1. Características de la cadena productiva de carne bovina en Colombia

Como se indicó previamente, el proceso de producción de proteína animal en ganadería consiste en transformar energía animal en carne. Considerando solo las fases relacionadas con el animal, fácilmente es posible identificar cuatro etapas, las cuales, dependiendo de las características del proceso, pueden tener diferentes subetapas. En primer lugar, está la etapa de cría, la cual comprende el proceso de reproducción, gestación, parto y destete de los becerros. Posteriormente, viene la etapa de levante o recría. La cual tiene como objetivo el crecimiento y engorde de los animales, por lo tanto, variables del crecimiento como talla, salud, nutrición, manejo de pastos y transición alimenticia adquieren gran relevancia; siendo la

etapa con más consumo de tiempo y de mayor inversión económica. Una tercera etapa es la ceba o engorde. La que se centra en la ganancia de masa, donde se busca que ocurra de forma óptima respecto al tiempo, por lo que consiste en una preparación para el sacrificio. Finalmente, las etapas de faena, procesamiento y comercialización pueden agruparse como una sola, ya que no implica el trabajo con los animales en vivo más allá de las operaciones logísticas de transporte.

En la **Tabla 2.1.** se resumen los costos relativos para la producción de ganado. Estos valores son de referencia y pueden mostrar gran variabilidad dependiendo de la raza, el clima, los insumos, etc.; su fin es ilustrativo. Además, los impuestos representan un porcentaje para nada despreciable del precio final y el margen de ganancia recibido por el producto se reduce por la ocurrencia de intermediarios en diferentes etapas. Con relación a los costos en las diferentes etapas productivas, el mayor se asocia con el proceso de cría seguido del costo en ceba (estimaciones son mostradas en la **Tabla 2.2.**).

Tabla 2.1. Estimaciones de los costos relativos de la cadena productiva de carne bovina en Colombia (sistema estabulado ubicado en Santander).

Componente	Costo/kg de carne en pie	Contribución (%)
Insumos (alimento y suplementos)	Alto	60-70
Pastos y mantenimiento de pasturas	Significativo	10-15
Mano de obra directa	Apreciable	7-10
Sanidad, medicamentos, mantenimiento	Apreciable	Pequeños porcentajes individuales
Costos indirectos (administración, transporte en finca, imprevistos)	Apreciable	Menor porcentaje

Tabla 2.2. Estimaciones de los costos relativos de la cadena de carne bovina en Colombia en función de las etapas de producción.

Etapas	Costos principales	Proporción estimada
Cría	Alimentación de madre y becerro. Sanidad. Reproductores. Pastos. Agua. Sombra. Manejo reproductivo.	La cría puede representar ~25 – 35 % del costo total del ciclo completo (depende de la duración del levante y la ceba). Costos fijos importantes, pero la proporción del total puede ser menor que en ceba si el productor se vende al destete.
Levante	Alimentos suplementarios. Pasturas de calidad. Sanidad. Menor densidad. Más mantenimiento de infraestructura de pastos. Agua.	Debido a la duración del levante puede representar entre el 30 y el 40 % del costo. Esta etapa en Colombia es más larga que en países con mayor productividad.
Ceba	Alimentación intensiva o suplementada. Forrajes. Suplementos. Mano de obra. Instalaciones si hay confinamiento. Transporte a planta de sacrificio. Agua. Energía.	La proporción del costo puede estar entre el 30 y el 40 % del ciclo, a veces en sistemas intensivos y por lotes de alimentación el costo puede ser mayor. En la ceba, la alimentación y suplementación se identifican comúnmente como el rubro más grande.

Faena, procesamiento y comercialización	Transporte. Sacrificio. Infraestructura de beneficio. Empaque. Cadena de frío. Distribución. Comercialización. Márgenes de intermediarios. Impuestos.	Estos costos comúnmente son menores comparativamente al costo de producción animal, pero en conjunto representan un porcentaje importante en el precio final. La variabilidad de los costos puede estar entre un 10 % y un 20 % dependiendo de la región y las características del mercado.
---	---	---

En la **Figura 2.13** se ilustran las diferentes etapas para la producción de carne bovina. Además, las contribuciones de las distintas etapas a lo largo de la cadena se muestran en la **Figura 2.14**. En general, se evidencia que algunas de las etapas se ven fuertemente influenciadas por variables del entorno.



Figura 2.13. Ilustración de las distintas etapas en la producción de carne bovina.

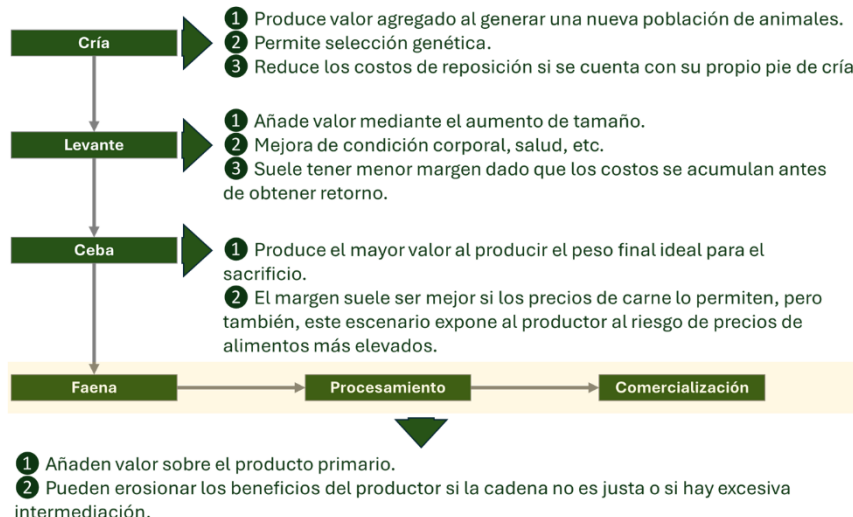


Figura 2.14. Contribuciones de las distintas etapas a lo largo de la cadena productiva de carne bovina.

2.3.2. Hoja de ruta para el fortalecimiento de la cadena productiva de carne bovina en Colombia

Dentro de los aspectos claves para el fortalecimiento de la cadena productiva de carne bovina, aunque es homologable con otro tipo de ganadería, se encuentran:

- *Incremento de la productividad:* Para esto es necesario continuar con la adopción de las mejores razas para los fines propuestos. Además, un factor clave es el aporte energético necesario para lograr los rendimientos deseados; esto implica implementar mejoras en las rutas de abastecimiento de alimentos considerando los suelos, el manejo de pasturas, el tipo de pasto, la incorporación de suplementos y un estricto control sanitario.

- *Reducción de los tiempos de levante:* Para esto es necesario implementar mejores prácticas en el manejo de los animales, incluyendo aspectos genéticos, de nutrición y sanitarios.
- *Integración vertical y mejoras secuenciales:* Se debe fomentar la integración entre las distintas etapas con el fin de reducir al máximo las pérdidas de insumos y tiempos, la reducción de intermediarios y mejorar la trazabilidad con el fin de fortalecer la percepción del cliente final, así como satisfacer requerimientos aduaneros. Algunas mejoras son características de todas las etapas relacionadas con el animal e incluyen la implementación de buenas prácticas de producción. Como lo son el manejo de suelos, la rotación de pasturas, una adecuada densidad de animales, la implementación de la siembra de forrajes, la mitigación de emisiones de metano, la protección de ecosistemas y la adopción de protocolos y sistemas claros de planificación.
- *Facilitar el acceso a créditos y financiamiento especializado:* Todos los aspectos de mejora requieren de una inversión. Sin embargo, es claro que los pequeños productores no pueden seguir el ritmo productivo de los grandes productores por la menor disponibilidad de calidad, en consecuencia, la producción no es uniforme en términos de los estándares mínimos nacionales e internacionales, y el sector en su conjunto se debilita.
- *Mejoras del entorno a nivel de sus infraestructuras:* Un aspecto que muchas veces se pasa por alto son los aspectos de infraestructura no directamente relacionados con el proceso de producción, sino que se relacionan más bien con las actividades conexas. Ejemplo de esto último son el transporte, las vías, la accesibilidad a servicios veterinarios y técnicos, las plantas frigoríficas, los sistemas de refrigeración, los canales de actualización, etc.

- ***Ampliar los mercados internacionales y el valor agregado de los productos:*** Se deben satisfacer los requerimientos de los mercados, por lo que es necesario promover el trabajo para la adquisición de certificados de calidad, cortes, así como avanzar en desarrollo e innovación a nivel de los productos derivados.

2.4. Descripción económica del cultivo de pastos y forrajes para ganadería en Colombia

2.4.1. Descripción del proceso de producción de pastos y forrajes

En las secciones previas se indicó que los insumos correspondientes a alimento y suplementos equivalen entre el 60 y el 70 % de los costos. Además, otro aspecto son los pastos y el mantenimiento de estos, con una contribución relativa de entre el 10 y el 15 % (ver **Tabla 2.1.**); en consecuencia, la contribución total a los gastos, de manera relativa, asociada a la alimentación, es del orden de entre el 70 y el 85 %. Así mismo, en las distintas etapas de producción, el alimento hace parte de los costos principales (ver **Tabla 2.2.**). Finalmente, se indicó que dentro de las metas del sector el incremento de la productividad está ligado a diferentes factores, entre ellos, el manejo de pasturas y el tipo de pasto. Por todo lo anterior, es claro que la disponibilidad, cantidad y calidad de los pastos y forrajes son un aspecto fundamental ligado a la productividad, la viabilidad de la producción, la rentabilidad y la sostenibilidad de producción ganadera.

Desde una perspectiva de proceso, las etapas relacionadas para la producción de pasturas comprenden la selección del sitio y el análisis agroecológico, la selección de las especies de plantas, la preparación del terreno, la siembra, la fertilización y el adecuado manejo nutricional, el riego y/o manejo y gestión del recurso hídrico, el control sanitario, incluyendo plagas, malezas y enfermedades, el

pastoreo o, dependiendo del fin, el corte, el ensilaje y el almacenamiento, el mantenimiento y la renovación de los pastos y la comercialización.

Las primeras etapas de producción se muestran en la **Figura 2.15**. A partir de la figura puede evidenciarse la complejidad subyacente en cada una de las etapas. Nótese que estas primeras etapas no llevan a la producción de un solo kilo de proteína vegetal, por lo que errores en esta etapa pueden conllevar un aumento de los costos por operaciones correctivas y baja viabilidad económica por bajos rendimientos.

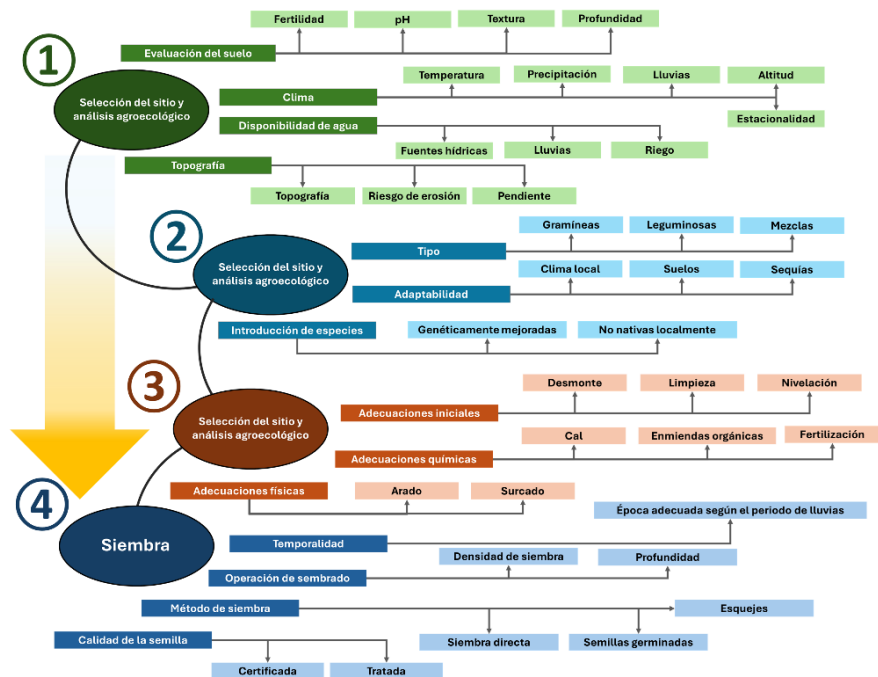


Figura 2.15. Ilustración de las primeras etapas de producción de pastos.

En la **Figura 2.16.** se muestran las etapas siguientes a la siembra, las cuales pueden ocurrir tanto de forma previa a su uso o de forma simultánea.

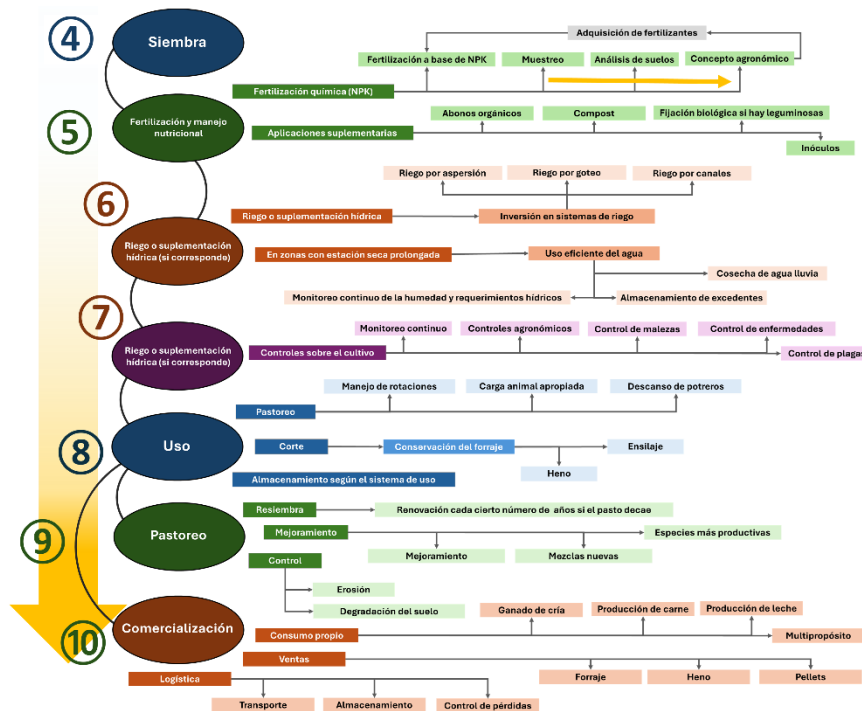


Figura 2.16. Ilustración de las primeras etapas de producción de pastos (siembra → uso: pastoreo y comercialización).

A partir del detalle del proceso se puede observar que aunque los pastos son organismos del reino vegetal y en consecuencia sus necesidades mínimas se asocian con suelo fértil, agua y luz, en la actividad pecuaria se deben considerar otros aspectos como son la

densidad de carga, los tiempos de descanso y el concepto agronómico, esto último es esencial, ya que el objetivo de la producción no es que se adapte y crezca, sino que su rendimiento en masa sea máximo en el menor tiempo, con la mayor calidad nutricional y con los mínimos costos posibles.

2.4.2. Descripción económica del proceso de producción de pastos y forrajes

Los costos del proceso productivo de pastos muestran una gran variabilidad; por ello, una generalización entre países diferentes puede no resultar adecuada. Incluso la comparativa entre un mismo país mostrará una gran variabilidad debido a que los factores edafológicos, logísticos, comerciales, hídricos, entre otros, no son iguales. Así, por ejemplo, en Colombia no será igual la implementación de un pasto en los departamentos de La Guajira y Magdalena comparada con Córdoba y Sucre, aunque se encuentren en la misma región. Situación similar ocurre entre departamentos con vocación ganadera, por ejemplo, Córdoba versus Caquetá. Aunque los suelos en términos generales sean aptos en ambos casos, los costos logísticos de transporte y adquisición de insumos son diferentes, más aún si estos son importados; la razón de esto es la ubicación geográfica respecto a los centros urbanos, puertos y vías de acceso. Sin embargo, y habiendo aclarado lo anterior, se hará una descripción de los costos relativos de la producción de pastos en Colombia, lo cual debe entenderse como un análisis de referencia que permite una interpretación y valoración económica generalizada, y no como un estudio de costo absoluto.

En concordancia con lo anterior, en Colombia, la adquisición de datos e información económica precisa puede verse limitada por la variabilidad regional, la calidad de la semilla disponible, el acceso a

insumos, los servicios ecosistémicos aprovechables, los servicios en los centros urbanos, el tamaño de la explotación, entre otros.

Los costos pueden discriminarse en cuatro categorías: Insumos, mano de obra, maquinaria y costos indirectos. En la **Tabla 2.3.** se ilustran algunos componentes de los diferentes costos.

Tabla 2.3. Ilustración de los costos mínimos para la producción de pastos y forrajes

Insumo	Ejemplo	Observaciones
Insumos de producción (esenciales)	Terreno	El terreno puede ser rentado o propio. Dependiendo de lo anterior, se deberán considerar impuestos por la tenencia y uso del suelo o costos por contrato de arrendamiento y explotación.
	Agua	Aunque los requerimientos de agua son variables, la disponibilidad de esta fijará los costos. Si son abundantes los costos, se reducirán, si son escasos puede ser necesaria la implementación de sistemas de riego con mayor o menor tecnificación.
Insumos de producción (comunes)	Semilla	Los costos de la semilla variarán en términos de la calidad y su certificación. En algunos lugares la disponibilidad es alta e incluso su propagación no tiene un costo de adquisición; sin embargo, en otros escenarios el costo puede ser significativo (por ejemplo, en lugares donde la adaptación de todo tipo de semilla se ve restringida).
	Fertilizantes (N, P, K)	Estos insumos tienen costos variables dependiendo de su ubicación geográfica,
	Enmiendas Agroquímicos	pero también muestran una alta dependencia.

Mano de obra	Preparación de suelo	Los niveles de preparación del suelo son variables y, por ende, los costos asociados a ellos. En algunos lugares, por ejemplo, el desmonte puede ser una actividad recurrente y obligatoria, mientras que en otros puede no ser necesaria.
	Labores culturales Aplicación de insumos	La mano de obra asociada a la aplicación de insumos estará muy ligada a la extensión. En predios de pequeño tamaño muchas actividades son asumidas por el núcleo familiar y/o la vecindad. En otros, de mayor extensión, se requerirá una mayor inversión.
	Corte/pastoreo	Los costos estarán muy ligados al objetivo del proceso productivo y a la etapa en la cual se implemente. Por ejemplo, el corte requerirá más personal y va direccionado al almacenamiento con o sin fin comercial, mientras que el pastoreo requiere menor personal. Los costos son fuertemente dependientes de la extensión en el caso del corte.
Maquinaria	Arado Rastrillos Implementos de corte Tractor	Estos son de uso común, pero pueden mostrar una alta variabilidad. En el caso de instrumentos de esfuerzo humano, los costos son reducidos; por el contrario, de esfuerzo a través de motores (por ejemplo, un tractor), los costos son más elevados.
	Implementos de cosecha	Fundamentalmente se considera en los sistemas intensivos o direccionados para la venta.
	Bombas y equipamiento de riego	Esencial en los casos donde el recurso hídrico es escaso o donde se produce con un alto grado de tecnificación.

Otros	Administración Depreciación Interés sobre el capital Arrendamiento Servicios públicos	Pueden mostrar una alta variabilidad dependiendo de la ubicación geográfica, por ejemplo, los servicios públicos, como la electricidad, poseen costos relativamente mayores en el Caribe colombiano respecto a otras regiones. Estos corresponden a costos indirectos.
-------	---	--

De acuerdo con www.agronegocios.co, a partir de información del 2015, el costo promedio aproximado de producir una hectárea de pasto, con un ciclo de 40-60 días, en condiciones adecuadas de crecimiento, puede ser del orden de 200.000 pesos colombianos. Además, el proceso de fertilización durante el establecimiento del cultivo tiene un costo relativo promedio de aproximadamente el 48 % del costo total, mientras que para la semilla puede ser del 14 %.

Datos más recientes muestran que, en total y de forma aproximada, para la etapa de implementación y solo para el primer año de producción, los costos totales pueden ser del orden de entre 600.000 y 1.500.000 pesos colombianos por hectárea o más, lo cual dependerá de la extensión y de la tecnificación requerida. Así, para ciclos sucesivos, los costos de renovación, de mantenimiento y de fertilización seguirán siendo importantes, aunque por lo general serán menores que el costo inicial. Lo anterior, nos permite visualizar la fluctuación temporal de los costos en el tiempo. Así, en una ventana de 10 años, se pasó de un valor medio casi del 350 %, lo que claramente es el impacto de las dinámicas económicas de cada país, que se asocia a factores como la inflación, fluctuaciones del mercado, impuestos, el efecto del cambio climático sobre el crecimiento y producción de pastos y forrajes, ciclos climáticos como el fenómeno de La Niña y El Niño para el caso de Colombia, la ocurrencia de inundaciones o períodos de sequía, etc. Una descripción más general se muestra en la **Tabla 2.4**.

Tabla 2.4. Ilustración de los costos mínimos para la producción de pastos y forrajes.

Insumo	Costo estimado por ha (COP)	Dependencia
<ul style="list-style-type: none"> ● Preparación del suelo ● Limpieza ● Nivelación 	100.000 - 500.000	De factores como la pendiente, la vegetación previa, el tipo de suelo.
<ul style="list-style-type: none"> ● Semilla certificada ● Tratamiento 	50.000 - 200.000	De la especie, la calidad, el origen (exótica o nativa), la certificación.
<ul style="list-style-type: none"> ● Fertilización NPK ● Enmiendas 	200.000 - 800.000	De las características locales e implica análisis de suelos.
<ul style="list-style-type: none"> ● Labores culturales ● Limpieza ● Control de malezas 	100.000 - 300.000	Del número de intervenciones por año.
<ul style="list-style-type: none"> ● Cosecha ● Pastoreo ● Transporte interno 	Alta variabilidad	De la actividad. Los costos se reducen si es una actividad de pastoreo, o si implica el corte, transporte y almacenamiento.
<ul style="list-style-type: none"> ● Costos indirectos ● Administración ● Depreciaciones 	Entre el 10 y el 25 % del total	De múltiples características que requieren identificarse según cada caso.

2.4.3. Descripción geográfica de la aptitud para la producción de pastos y forrajes en Colombia

Colombia es un país con una alta variabilidad en múltiples dimensiones. Desde un punto de vista cultural, la categorización interna define al menos cinco regiones con características culturales diferentes, a lo que se suman diferencias en una misma región. Desde una dimensión edafológica y climática, existen una amplia variedad de suelos y climas, grandes cambios en la topografía, la temperatura

media, el régimen de lluvias, la disponibilidad de agua, etc. Además, existe una variabilidad económica y del uso del suelo que restringe fuertemente algunas partes del país respecto a otras. Entre ellas, la región amazónica colombiana, que comprende aproximadamente el 40 % del territorio nacional, o la zona insular, siendo la más conocida el archipiélago de San Andrés y Providencia.

Por lo tanto, es claro que no todo el país cumplirá con las mismas condiciones para la producción de pastos y forrajes. En general, las características favorables para el cultivo de pastos y forrajes son la disponibilidad de amplias planicies, buen régimen de lluvias, regiones de piedemonte con climas cálidos, templados, diversidad de suelos con textura franca, además de aspectos como experiencia productiva e infraestructura. Entre los departamentos que más se destacan para la agricultura de pastos debido a sus características están Casanare, Meta, Santander, Caldas, Antioquia, Tolima, Huila, Valle del Cauca, Córdoba, Boyacá y Cundinamarca. Cabe indicar que, como puede notarse, muchos de los departamentos del Caribe colombiano no muestran idoneidad, debido principalmente a aspectos climáticos, suelos pobres o degradados, y poca disponibilidad de agua, pero también otros departamentos no caribeños no se incluyen porque poseen zonas muy frías, suelos demasiado jóvenes, degradados o con fuertes pendientes.

Por otro lado, otros departamentos son ambientalmente no adecuados para su intervención ganadera debido a su importancia ecosistémica, como lo son los departamentos de la Amazonia (Amazonas, Putumayo, Vaupés, etc.) o el Chocó. No obstante, la clasificación aquí expuesta no considera fluctuaciones dentro de un mismo territorio, aspecto que, como es de esperarse, indudablemente ocurre. Por ejemplo, el departamento de Córdoba es más seco en la parte norte mientras que en la parte centro-sur sus características son propias de un bosque

húmedo tropical, con una humedad relativa alta (entre el 80 y 90 %), y con suelos variados, que van desde aluviales caracterizados por ser suelos fértiles, pasando por vertisoles con buena retención de agua, pero que por sus contenidos de arcillas son difíciles de manejar en épocas lluviosas, e incluso, inceptisoles y ultisoles hacia el sur, caracterizados por una menor fertilidad. Desde el punto de vista de la disponibilidad hídrica, el departamento posee una red hidrográfica densa caracterizada por los ríos Sinú, San Jorge, Canalete y la Ciénaga Grande de Lorica, con una extensión de entre 30.000 y 44.000 km² dependiendo de si es época seca o de lluvias.

2.5. Recomendaciones y conclusiones

Dentro de las conclusiones que se derivan de este estudio en relación con los aspectos técnicos y económicos para el fortalecimiento del sector ganadero en Colombia se encuentran:

- Se hace necesario promover mejoras en la calidad de las semillas empleadas en el cultivo de pasturas y forrajes, promoviendo el uso de semillas mejoradas y certificadas de forma articulada con programas de investigación adaptados territorialmente, idealmente por departamentos debido a la variabilidad geográfica del país.
- Promover la adecuada utilización de programas de fertilización, los cuales estén basados en criterios objetivos como lo son el análisis de suelo y el concepto agronómico, asimismo, estimular el uso de abonos orgánicos donde sea viable.
- Desarrollar estrategias que permitan la formación técnica agropecuaria para el adecuado conocimiento del proceso productivo por parte del productor, la implementación de sistemas de rotación y pastoreo de forma planificada y la optimización de recursos económicos y ecosistémicos.

- Aumentar la inversión estatal en el uso óptimo del recurso hídrico, así como el aumento en la infraestructura hídrica (recolección de agua lluvia, riego suplementario, sistemas de riego).
- Desarrollar estrategias que permitan la difusión, promoción e implementación de sistemas silvopastoriles como alternativa de resiliencia frente al cambio climático y manteniendo un enfoque productivo.
- Implementar seguros agrícolas y climáticos como mecanismo para la gestión de riesgos frente a pérdidas por sequía, inundaciones y eventos extremos.
- Implementar políticas y apoyos gubernamentales direccionados al fortalecimiento del sector productivo en sus diferentes escalas, a través de créditos, subsidios temporales, incentivos fiscales y programas de extensión técnica.

Podemos concluir que la producción de ganado, en sus distintas formas, y la agricultura de pastos y forrajes en Colombia contribuyen en gran medida a la economía nacional y, además, son un sector productivo que aún tiene un gran potencial de crecimiento. La ganadería como sector productivo agropecuario contribuye significativamente al PIB nacional, a la generación de empleo en zonas rurales, y es un punto clave para garantizar la seguridad alimentaria de la población. Sin embargo, su crecimiento se ve limitado por retos de tipo fiscal, técnicos y climáticos. Entre los puntos débiles sobre los que hay que poner especial atención se encuentran una baja productividad, tiempos productivos relativamente largos, costos relativamente altos, una cadena productiva fragmentada y márgenes reducidos de rentabilidad para los productores. En particular, se debe propender a mejorar la calidad y eficiencia del forraje en aras de fortalecer otros sectores pujantes de la economía, como son la producción de carne y leche.

Finalmente, es importante indicar que, de no hacerse mejoras en la cadena productiva ganadera, Colombia podría perder competitividad frente a países vecinos que tienen cadenas ganaderas más eficientes como Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, la Universidad de Córdoba y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261.

Bibliografía

Agronegocios. Los pastos de calidad permiten aumentar 30 % la producción de leche y carne. www.agronegocios.co. Consultada 2025.

Agronet. Conozca cómo está distribuido el inventario pecuario de Colombia. www.agronet.gov.co. Consultada 2025.

Agrosavia – Instituto Colombiano Agropecuario. Industria de ganado de carne: cría, levante y ceba. pp. 6, Repositorio Agrosavia. (1969).

Bai Y.S.L., Zhu P.Z., Li Z.G., Han G.D. Forage-animal energy balance and benefit analysis of household ranches in different stocking rates. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 32, 1401-1410 (2024). DOI: 10.12357/cjea.20230694

Botero L., & Rodríguez D. Costo de producción de un litro de leche en una ganadería del sistema doble propósito, Magangué, Bolívar. *Revista MVZ*, 11 (2006). DOI: 10.21897/rmvz.444

Campos P., Mesa B., Álvarez A. Pasture-Based Livestock Economics under Joint Production of Commodities and Private Amenity Self-Consumption: Testing in Large Nonindustrial Privately Owned Dehesa Case Studies in

Andalusia, Spain. Agriculture, 11, 214 (2021). DOI: 10.3390/agriculture11030214

Castillo O., Macea M.K., Negrette M. Microeconomía de la producción de ganado vacuno de carne en el valle medio del río Sinú (Montería – Colombia): técnica de producción, costos, modelo oferta-precio. Revista Facultad de Ciencias Económicas (2015). DOI: 10.18359/rfce.1611

Colombia Sostenible. La Iniciativa Colombia Sostenible. Para mitigar el cambio climático, familias campesinas implementan sistemas silvopastoriles en Antioquia. www.colombiasostenible.gov.co. Consultada 2025.

Contexto Ganadero. ¿Qué da más dinero? ¿Cría, levante, ceba o ciclo completo? www.contextoganadero.com. Consultada 2025.

Demagnet R. Manual de especies forrajeras y manejo de pastoreo. Departamento Agropecuario Watt's S.A. pp. 97 (2025).

De Souza W.L., Romanzini E.P., Delevatti L.M., Gonçalves Leite R., Bernardes P.A., Cardoso A. da S., Reis R.A., Malheiros E.B. Economic Evaluation of Nitrogen Fertilization Levels in Beef Cattle Production: Implications for Sustainable Tropical Pasture Management. Agriculture, 13(12), 2233 (2023). DOI: 10.3390/agriculture13122233

Estudio oficial, sector agropecuario Colombia, crecimiento, participación en PIB: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural/DANE (2025). www.minagricultura.gov.co. Consultada 2025.

Fedegán. Datos sobre hato bovino, empleo, aportes al PIB agropecuario. www.fedegan.org.co. Consultada 2025.

Guía de costos pecuarios 2020. Valle del Cauca. Gobernación del Valle del Cauca. www.valledelcauca.gov.co. Consultada 2025.

- Iasi A., Di Bennardo F., Pergola M. Evaluation of the Economic and Environmental Sustainability of Livestock Farms in Inland Areas. *Agriculture*, 13, 1708 (2023). DOI: 10.3390/agriculture13091708
- Kappes A., Tozooneyi T., Shakil G., Railey A.F., McIntyre K.M., Mayberry D.E., Rushton J., Pendell D.L., Marsh T.L. Livestock health and disease economics: a scoping review of selected literature. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1168649 (2023). DOI: 10.3389/fvets.2023.1168649
- Lopez-Ramirez C., García-Caceres R.G. Caracterización de la cadena de abastecimiento de la carne bovina en Colombia. *Ingeniería y Desarrollo* 38, 44-65 (2021). DOI: 10.14482/inde.38.1.338.17
- Observatorio de Complejidad Económica - OEC. Datos de carne bovina. Visitado 2025. <https://oec.world/es>. Consultada 2025.
- Papadopoulou A., Ragkos A., Theodoridis A., Skordos D., Parissi Z., Abraham E. Evaluation of the Contribution of Pastures on the Economic Sustainability of Small Ruminant Farms in a Typical Greek Area. *Agronomy*, 11(1), 63, (2021). DOI: 10.3390/agronomy11010063
- Presidencia de Colombia. Aumento de cultivos de café y producción ganadera jalaron crecimiento del sector agro en 2024 y de la economía nacional. MinAgricultura/DANE. Consultada 2025.
- Presidencia de Colombia. Producción de carne bovina genera más de un millón de empleos en Colombia. [www. upra.gov.co](http://www.upra.gov.co). Consultada 2025.
- Rapiya M., Mndela M., Truter W., Ramoelo A. Assessing the Economic Viability of Sustainable Pasture and Rangeland Management Practices: A Review. *Agriculture*. 15, 690, 2025. DOI: 10.3390/agriculture15070690
- Rincón-Castillo Á., Flórez-Díaz H., Ballesteros-Chavarro, H.H. Productividad de carne bovina en sistemas sostenibles de pastoreo intensivo para pequeños productores de la Orinoquia colombiana. *Agrosavia*, (2025). DOI: 10.21930/agrosavia.manual.7408157

Rodríguez D.K. Precio de la carne: qué tienen que ver los costos de intermediación con su cotización. Portafolio. www.portafolio.co. Consultada 2025.

Romanzini E.P., Pavezzi R.B., Reis R.A., Hadley D., Malheiros E.B. Economic evaluation from beef cattle production industry with intensification in Brazil's tropical pastures. *Tropical Animal Health and Production*, 52(5), 2659-2666 (2020). DOI: 10.1007/s11250-020-02304-8

Rueda de Vivero R.A., Gómez Guarnizo J.D. Productividad del sector ganadero bovino en Colombia durante los años 2000 a 2009. Universidad del Rosario (2011). DOI: 10.48713/10336_2629

Ruiz-Torres J., Fonseca-Cifuentes G., Fandiño Núñez, J. Costeo ABC: La contabilidad de gestión a través de la Pyme ganadera de leche en Colombia. *Revista de la Universidad del Zulia*, 15, 177-199 (2024). DOI: 10.5281/zenodo.13665453

Salinas-Martínez J.A., Posadas-Domínguez R.R., Ángeles-Hernández J. C., et al. The economic effects of grazing in small-scale lamb fattening production systems in central México through a scenario analysis. *Tropical Animal Health and Production*, 54, 233 (2022). DOI: 10.1007/s11250-022-03240-5

Viloria de la Hoz, J. Aspectos económicos de la ganadería en el departamento de Córdoba. *Economía & Región*. 2, 87-123, 2019.

Capítulo 3.

Impacto del cambio climático sobre la agricultura, la ganadería y la seguridad alimentaria.

*Manuel Palencia, Nazly G. Chate-Galvis,
Enadis Gaviria-Contreras, Luis R. Anaya-Tatis,
Keybi E. Mora-Salgado*

*Palencia M., Chate-Galvis N.G., Gaviria-Contreras E., Anaya-Tatis L.R., Mora-Salgado K.E. Impacto del cambio climático sobre la agricultura, la ganadería y la seguridad alimentaria. En: García-Quintero A., Palencia M., Combatt E.M. (Eds). Aproximación al aprovechamiento del recurso hídrico en la ganadería y la producción de pastos. MT-Pallantia Publisher s.a.s., pp. 78-121. Cali-Colombia, 2025.
DOI: 10.34294/b.005.c3.2025.09.*

Sobre los autores

Manuel Palencia

Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GI-CAT), Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali – Colombia.

Nazly G. Chate-Galvis

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. Unidad de Desarrollo Tecnológico en Nuevos Materiales (UDT-NM), Polymeiker s.a.s., Montería – Colombia.

Enadis Gaviria-Contreras

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

Luis R. Anaya-Tatis

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia. Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible e Innovación (GIDS), Instituto de Ciencia y Tecnología Analítica Golden-Hammer s.a.s., Montería-Colombia.

Keybi E. Mora-Salgado

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

—

Contenido

Resumen.

3.1. Introducción.

3.2. Cambio climático: Fundamentos y aspectos claves.

3.3. Impacto del cambio climático sobre los organismos vivos.

3.3.1. Impacto del cambio climático sobre los peces.

3.3.2. Impacto del cambio climático sobre los mamíferos.

3.3.3. Impacto del cambio climático sobre los microorganismos.

3.3.4. Impacto del cambio climático sobre los insectos.

3.3.5. Impacto del cambio climático sobre las plantas.

3.3.6. Impacto del cambio climático sobre los seres humanos.

3.4. Impacto del cambio climático en Colombia.

3.4.1. Impacto del cambio climático en función de las características climáticas de Colombia.

3.4.2. Impacto del cambio climático sobre la agricultura y ganadería colombiana.

3.5. Conclusiones.

Agradecimientos.

Bibliografía.

—

Resumen

El cambio climático representa una amenaza creciente para la agricultura, la ganadería y, en consecuencia, la seguridad alimentaria en Colombia. Las variaciones en temperatura, precipitación, frecuencia de eventos extremos y disponibilidad de agua afectan directamente la productividad agropecuaria del país, dada su alta diversidad climática y ecológica. En la agricultura, los cultivos más sensibles, como el café arábico, ya están mostrando reducciones en rendimiento debido al aumento de temperaturas y cambios en los patrones de lluvia. Estudios recientes han demostrado que por cada grado Celsius de

aumento en la temperatura, cultivos como el arroz, el café y la caña de azúcar presentan caídas en su productividad. El fenómeno de El Niño también impacta negativamente en cultivos básicos como el frijol común, reduciendo rendimientos en años secos. Ante estas condiciones, algunas zonas podrían ser más aptas para especies de café que toleran mejor el calor y la humedad. Además, la ganadería, en regiones cálidas como la región Caribe y la Orinoquía, también se ve afectada por la reducción en la producción de pastos y forraje durante temporadas secas, lo que limita el desarrollo del ganado. Asimismo, el aumento del estrés térmico en las zonas cálidas, el aumento de las enfermedades asociadas con el clima y una menor disponibilidad de agua afectan la salud y la productividad del ganado y, en consecuencia, la economía del sector. Por otro lado, la seguridad alimentaria se ve negativamente impactada por la sinergia de los efectos indirectos y directos. Así, la disminución de la producción agrícola y ganadera conlleva un aumento de los precios de los alimentos, un incremento en la vulnerabilidad de poblaciones humanas y un aumento en la dependencia de las importaciones, debilitando la soberanía alimentaria. En respuesta a estos escenarios, Colombia debe fortalecer las estrategias de adaptación y mitigación con el fin de incrementar la resiliencia de las comunidades y de sus sectores productivos. En este capítulo, se ofrece una visión general del impacto del cambio climático sobre la seguridad alimentaria, la ganadería y la agricultura a través de la descripción del fenómeno y su incidencia sobre distintos tipos de organismos, lográndose de este modo entender las consecuencias sobre los ecosistemas, las dinámicas entre organismos y la economía pecuaria. Es claro que diferentes retos deben afrontarse, siendo uno de ellos la necesidad de transformar el modelo productivo agropecuario hacia sistemas más resilientes y bajos en emisiones.

Palabras claves: *Ganadería, pasturas y forrajes, cambio climático, seguridad alimentaria, objetivos de desarrollo sostenible.*

3.1. Introducción

El planeta tierra puede, desde un sentido amplio, describirse como un sistema abierto, compuesto por múltiples subsistemas con características dinámicas, en el que además actúan fuerzas que operan a diferentes escalas, desde aquellas descritas por el universo microscópico (átomos y moléculas) y aquellas de mayor envergadura definidas como macroscópicas, como los son los organismos vivos, las poblaciones de organismos, y las comunidades que componen un ecosistema. Sin embargo, independientemente de la escala, los diferentes subsistemas se encuentran fuertemente interrelacionados, habiendo fuerzas que operan a nivel fundamental, a nivel ecosistémico, e incluso otras actúan a nivel planetario; a saber, la gravedad, el clima, las placas tectónicas, la energía geotérmica, las corrientes marinas, entre otras. En particular, el clima, entendido como el conjunto de condiciones o eventos de naturaleza atmosférica que caracterizan un área geográfica, es una fuerza que opera tanto a nivel local como a nivel planetario.

Aunque el cambio climático entendido como la variación de la temperatura por causa de alteraciones antropogénicas del entorno es un término más o menos común, el planeta ha experimentado distintos cambios climáticos a lo largo de su historia, solo que su origen no ha sido el resultado de actividades humanas. Por ejemplo, el período de glaciaciones del Pleistoceno, donde el descenso de la temperatura media del planeta alcanzó niveles tales que llevó a la extinción de muchas especies. Otras se adaptaron y superaron los escenarios de supervivencia que sobrevivieron a tales cambios. Sin embargo, no todos los fenómenos asociados con el cambio del clima son de escala planetaria o negativos, por ejemplo, durante la transición del paleolítico al neolítico la temperatura del planeta alcanzó niveles tales

que permitieron la proliferación de muchas especies, y en el caso del ser humano, tuvo lugar la agricultura.

En contraste, cambios de carácter local han sido relacionados con impactos locales; normalmente estos impactos ponen a prueba la adaptabilidad de las especies y sus habilidades para la supervivencia. Así, por ejemplo, las civilizaciones mayas y aztecas decayeron como resultado de sequías severas que afectaron sus mecanismos de adquisición de alimentos. Independientemente de lo interesante que puede ser la historia climática pasada, nuestra atención se centrará en el cambio climático actual y sus consecuencias presentes, a mediano y a largo plazo. En particular, se hace énfasis en uno de los sistemas de producción de alimentos más importantes actualmente, la ganadería. Nótese que esta puede ser entendida, junto con la agricultura y la acuicultura, como uno de los pilares fundamentales de la alimentación humana.

En el mismo orden de ideas, el impacto del cambio climático sobre la ganadería y la agricultura de pastos y forrajes es un aspecto crucial para la seguridad alimentaria, es así que, puede considerarse como uno de los retos más grandes de la humanidad dado que, es un fenómeno de escala planetaria, en un planeta que posee múltiples características demográficas, geográficas y sociales. En ese sentido, se hará énfasis en Colombia y las distintas características relacionadas con la interrelación de la ganadería, el cultivo de pastos y forrajes, el recurso hídrico y los impactos sociales y económicos que sobrevienen (escasez hídrica, inundaciones, comportamiento anormal de los ciclos de lluvia, inseguridad alimentaria, etc.).

En particular, Colombia, debido a sus características geográficas, diversidad climática, sensibilidad y variabilidad ecosistémica, y dinámicas climáticas tales como la superposición de los fenómenos del

Niño y de La Niña, con la estacionalidad húmeda y seca, entre otras situaciones y características, es un país que puede tener tanto ventajas como desventajas locales frente al cambio climático.

3.2. Cambio climático: Fundamentos y aspectos claves

El cambio climático es la alteración del clima como consecuencia de la actividad humana sobre el planeta. Se entiende como un aumento en la temperatura media del planeta, por lo que se describe como calentamiento progresivo; sin embargo, como consecuencia de los cambios de temperatura (i.e., energía interna planetaria) se desencadenan una serie de variaciones relacionadas con los vientos, las precipitaciones, la frecuencia en la ocurrencia de fenómenos extremos (huracanes, tornados, sequías, etc.), las acumulaciones de hielo, e incluso, la distribución de poblaciones de entidades biológicas, entre otros.

Para entender el cambio climático se debe partir del balance energético del planeta. En términos generales, el planeta recibe energía del sol, la cual no es otra que radiación de onda corta (i.e., radiación de mayor frecuencia y por ende más energética). Esta energía interacciona con el planeta, una parte es absorbida y otra es irradiada al espacio en forma de radiación de onda larga (i.e., radiación de menor frecuencia y por ende menos energética). Así, desde un punto de vista del balance energético, si entre más energía de la que se emite, la energía interna promedio del planeta aumentará. En consonancia con lo anterior, el calentamiento global sería el síntoma de un fenómeno subyacente: el efecto invernadero. Para entender este fenómeno y sus causas es necesario reconocer que es un fenómeno natural indispensable para lograr valores de temperatura media global compatibles con las características bióticas de los seres vivos. Si esto

no ocurriera, la temperatura media global disminuiría y el planeta experimentaría fenómenos climáticos como las glaciaciones.

Para mayor claridad, es importante entender que la temperatura efectiva del planeta, considerado como un todo, es la temperatura correspondiente a la energía absorbida desde el sol con la energía emitida al espacio. Así, la temperatura efectiva es de aproximadamente 255 K (i.e., -18 °C). Por lo tanto, el planeta debería ser muy frío en promedio, con la mayoría del agua en forma de hielo para condiciones de presión estándar. Nótese que, bajo este razonamiento, aunque el agua se encuentre en estado sólido en la superficie, en las profundidades por efecto de una mayor presión se encontrará en estado líquido. Sin embargo, lo que se observa es que la temperatura efectiva del planeta es muy superior, siendo del orden de aproximadamente 288 K (i.e., 15 °C). Ahora bien, la diferencia entre la temperatura predicha y la temperatura observada es de alrededor de los 30 °C, lo cual se explica por la reabsorción, a nivel superficial, de la energía radiante emitida. Ese fenómeno, análogo al reciclaje térmico de energía mediante procesos de reflexión interna en los invernaderos agrícolas, es la razón por la que este fenómeno se conoce como efecto invernadero.

A nivel planetario, la reflexión interna de la energía radiante emitida ocurre por acción de la atmósfera, la cual es básicamente un conjunto de gases que envuelve el planeta por acción del campo gravitacional. Así, la composición de la atmósfera determinará la reabsorción de la radiación, por lo tanto, podemos identificar fácilmente cuáles son los gases de efecto invernadero de origen natural. Estos son, entre otros, CO₂, CH₄, N₂O, H₂O y O₃. Desde un punto de vista químico, la funcionalidad química de estos compuestos y sus espectros de absorción y emisión son determinantes para entender el porqué de su capacidad para atrapar radiación infrarroja (ver **Figura 3.1.**).

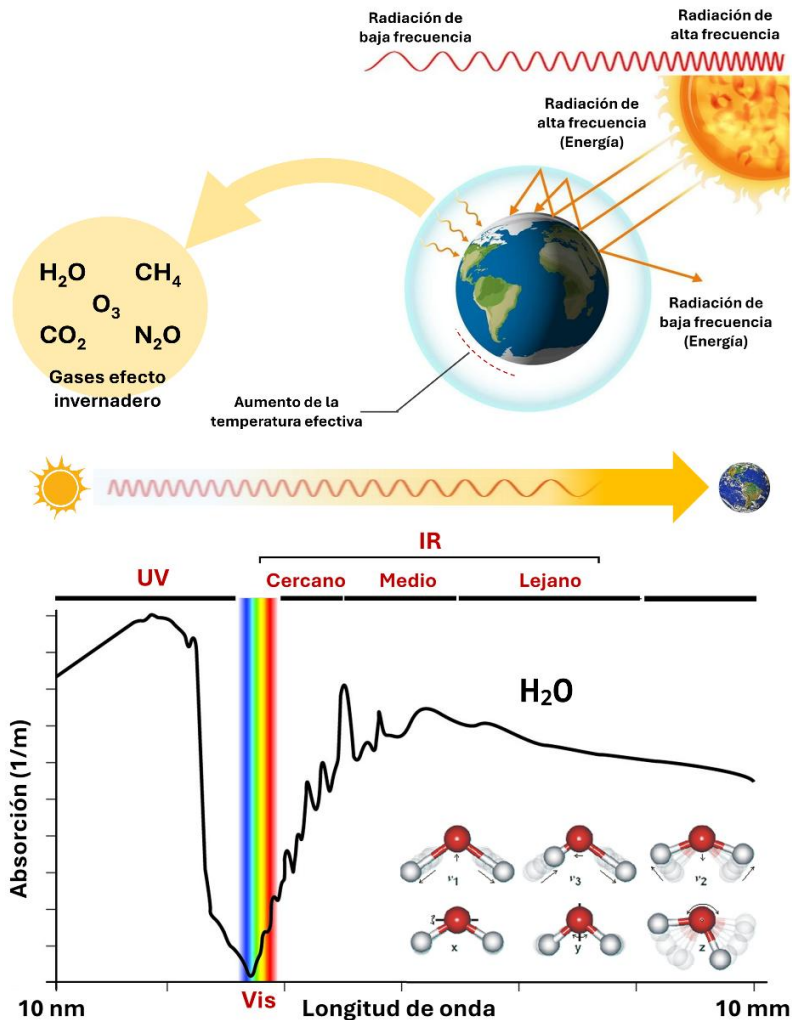


Figura 3.1. Ilustración del efecto invernadero (figura superior) y espectro de absorción del agua con sus diferentes modos vibracionales.

Dentro de los fenómenos asociados al cambio climático se encuentran: el incremento en la concentración de gases de efecto invernadero como resultado de las actividades humanas (por ejemplo, la quema de combustibles fósiles), los cambios en el uso del suelo que han conducido a la deforestación y han llevado a una reducción significativa de los sumideros de dióxido de carbono, la emisión de aerosoles reflectantes, el derretimiento del hielo, lo cual se asocia con una reducción de la reflexión de la superficie del planeta, y aumento del vapor de agua atmosférico como resultado de una mayor evaporación. Es importante indicar que estos fenómenos se retroalimentan positivamente incrementando la magnitud de su efecto, así, por ejemplo, al aumentar la temperatura se reduce la capa de hielo, se incrementa el vapor de agua y se desencadenan incendios que destruyen los bosques en un tipo de "deforestación térmica".

3.3. Impacto del cambio climático sobre los organismos vivos

El cambio climático, como se indicó previamente, trae consigo variaciones en los patrones climatológicos a nivel mundial y con ello, se desencadenan cambios que van más allá del incremento de la temperatura efectiva del planeta. Entre los cambios más comunes se encuentra la ocurrencia de fenómenos meteorológicos atípicos, como olas de calor más intensas y frecuentes, tormentas, sequías e inundaciones. Además, tienen lugar cambios en la composición de fases y componentes de los ecosistemas, como la acidificación de los océanos, la disminución del oxígeno disuelto, cambios de humedad en el suelo, entre otros. En consecuencia, todas esas alteraciones son modificaciones del equilibrio natural sobre el que se sustentan los ecosistemas actuales.

Dado que se puede concluir que el cambio climático es en sí mismo un fenómeno de perturbación del equilibrio ecosistémico, es claro que

este impactará desde organismos microscópicos hasta poblaciones de macroorganismos. Algunos ejemplos comúnmente mencionados son alteraciones de los patrones de migración, reproducción, fisiología e interacciones ecológicas. A continuación, se realizará una descripción generalizada de los impactos sobre distintos tipos de organismos.

3.3.1. Impacto del cambio climático sobre los peces

Los peces son organismos acuáticos que comprenden una amplia variedad de especies, con características fisiológicas, nutricionales, comportamentales y hábitats muy variados. Además, son un eslabón fundamental de la cadena alimenticia, siendo la fuente de alimento para muchos organismos, entre ellos el ser humano. Muchas de las especies son ectotermas, es decir, su temperatura corporal depende de la temperatura del entorno circundante. En consecuencia, su fisiología está adaptada a variaciones de temperatura en un rango más o menos amplio dadas las fluctuaciones térmicas de algunos cuerpos de agua. Además, estos organismos son por definición acuáticos, es decir, su entorno es fuertemente influenciado por aspectos como la temperatura del agua, los contenidos de oxígeno disuelto, corrientes en ríos y mares, entre otros. Es así como, por ejemplo, dado que la solubilidad de los gases en agua depende fuertemente de la temperatura y la presión, de forma tal que a mayor temperatura menor solubilidad, los aumentos de temperatura empujan a una disminución de los contenidos de oxígeno disuelto en las aguas. Sin embargo, aunque físicamente el análisis anterior sea consistente, no se espera una hipoxia masiva de los peces (muerte por déficit de oxígeno), dado que situaciones más dramáticas se alcanzan en otras circunstancias, como son, el crecimiento desbordado de microorganismos que desencadena procesos de eutroficación, o como se observa en sistemas piscícolas intensivos, un exceso en la densidad de siembra desencadena una competencia masiva por los recursos disponibles.

Habiendo aclarado lo anterior, tampoco significa que un aumento en la temperatura media del planeta no impacte los peces, sino todo lo contrario, lo hace, pero impactando otros aspectos. Por ejemplo, el metabolismo, el crecimiento, la reproducción, la sincronización de desoves, la densidad poblacional, entre otros. Es claro que los contenidos de oxígeno disuelto promedio disminuirán, por lo que el estrés por bajo oxígeno podría presentarse en algunos escenarios específicos.

Por otro lado, la temperatura también afecta la disolución de las sales; en consecuencia, pueden experimentarse cambios de salinidad en los entornos acuosos. Sin embargo, tampoco debe entenderse como un cambio abrupto en los contenidos de sales promedio, sino como una perturbación del entorno que, en escenarios específicos, puede ser importante. Nótese que en la naturaleza existen situaciones donde la temperatura y la salinidad cambian abruptamente de manera local, por lo que los tiempos de adaptación son menores a una situación de pequeños cambios progresivos. Al igual que el impacto térmico, los cambios de salinidad no significan un riesgo de muerte masiva, más no significan que no exista un problema grave. En específico, las especies pueden ver afectada su disponibilidad de alimento y con ello trastornos en su densidad poblacional. Claro está, dependerá de cada especie, siendo más fuerte para aquellas que vean más perturbadas las densidades relativas de alimento.

En contraste con lo anterior, otros aspectos pueden ser más graves e irreversibles. Por ejemplo, el cambio de algunos hábitats de forma irreversible. Una situación evidente es el deshielo, el cual ocurre a tasas apreciables. La desaparición del hielo superficial impactará el nivel del océano y, en consecuencia, los ecosistemas costeros, los ecosistemas árticos y antárticos, entre otros. De allí se deriva una concatenación de impactos debido a la articulación de la biota en los

distintos ecosistemas. Otro impacto ocurriría a nivel microbiológico. Una ilustración sobre las dinámicas que han sido identificadas como de mayor impacto se presenta en la **Figura 3.2**. Los microorganismos de aguas más cálidas dispondrán de condiciones óptimas para su proliferación, y con ello, pueden ocurrir desequilibrios ambientales y migración de enfermedades.

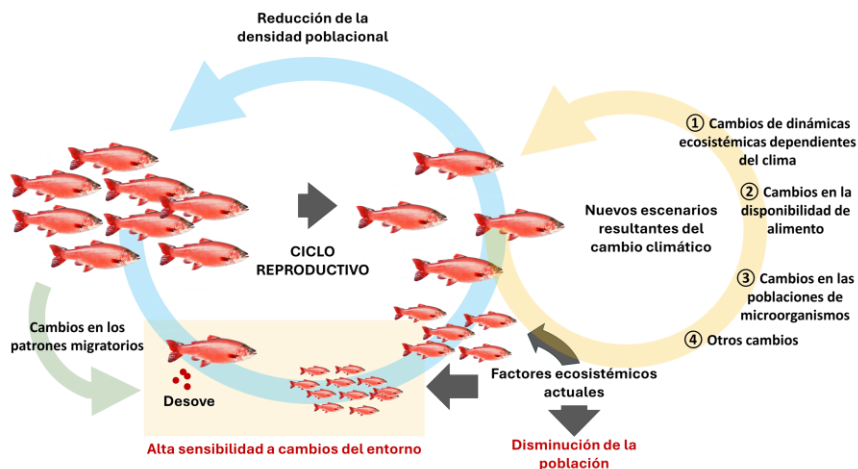


Figura 3.2. Ilustración de alteraciones en la dinámica de las poblaciones de peces y ecosistemas como resultado del cambio climático.

Sin embargo, el hecho de que el cambio climático disminuya negativamente las poblaciones de peces de forma progresiva y no abrupta no debe minimizarse. Se estima que alrededor del 90 % de los peces marinos empleados para la alimentación humana están totalmente explotados o sobreexplotados, lo cual se entiende en parte por el hecho de que aproximadamente tres mil millones de personas a nivel global dependen de la pesca marina. Lo anterior es un dato alarmante si se tiene en cuenta que esta cifra de disminución poblacional por agotamiento resultante de la sobreexplotación no

incluye la disminución por contaminación, cambio climático o fenómenos naturales locales. En la **Tabla 3.1.** se muestran ejemplos documentados del impacto del cambio climático sobre los peces.

Tabla 3.1. Ejemplos del impacto del cambio climático sobre peces.

Especie	Impacto	Comentarios	Ref.
<i>Solea solea</i> , <i>Arnoglossus</i> <i>laterna</i> , <i>Lumpenus</i> <i>lampretæformis</i> , <i>Trisopterus</i> <i>esmarkii</i> , <i>Pleuronectes</i> <i>platessa</i> , <i>Leucoraja</i> <i>naevus</i> , entre otras.	Desplazamientos en la distribución de peces marinos en el mar del norte, tanto en profundidad como en desplazamiento.	Se identificó un impacto sobre la cadena alimenticia de especies depredadoras en el mar del norte. Estudios previos demostraron que los peces con distribuciones más sensibles a la temperatura incluían especies de presas clave de depredadores que no se desplazan.	(1)
9 especies de tiburones y rayas	El estudio en el nordeste atlántico identificó que cinco especies estudiadas se encontraban en el límite superior de su nicho térmico. Además, seis se encontraban en hábitats ya no idóneos para su supervivencia adecuada.	Se observa un desplazamiento de las especies hacia aguas más profundas y al norte. Además, se evidencian cambios de tamaño en la edad madura.	(2)

Ballenas de las especies <i>Eubalaena japónica</i> y <i>Dugong dugon</i> . (*)	Algunas especies de ballenas son altamente vulnerables debido al desplazamiento de sus presas, que se ven afectadas por el cambio en la temperatura. Básicamente, la afectación se da por menor disponibilidad de alimento.	El impacto principal no se direcciona hacia la pérdida de las especies de mamíferos marinos, sino hacia una pérdida desproporcionada de la diversidad funcional con la consecuente alteración de los ecosistemas marinos a escala global.	(3)
--	---	---	-----

(1) Perry et al., Science (2005), (2) Coulon N. Global Change Biology (2024) y (3) Albouy et al., Scientific Reports (2020). (*) No corresponde a peces sino a mamíferos marinos.

3.3.2. Impacto del cambio climático sobre los mamíferos

El efecto del cambio climático sobre los mamíferos terrestres depende de su biología, capacidad de adaptación, tamaño poblacional, áreas de distribución, características ecosistémicas propias de su hábitat, comportamiento (por ej., migraciones), entre otros. Así, si el mamífero ocupa un hábitat específico, su vulnerabilidad dependerá de la vulnerabilidad de su hábitat. Ejemplos típicos son los osos polares en el Ártico y los mamíferos de los páramos.

Además, los mamíferos se exponen a estrés térmico, pueden experimentar deshidratación y en consecuencia los requerimientos de agua aumentan. Si su alimento se ve afectado por el clima, pueden experimentar escasez y malnutrición, lo que impactará los aspectos reproductivos, tiempos de gestación y la supervivencia de las crías, además, se verán expuestos a enfermedades emergentes y distorsiones de su hábitat (ver **Tabla 3.2.**).

Tabla 3.2. Ejemplos del impacto del cambio climático sobre mamíferos.

Mamífero	Impacto	Comentarios	Ref.
Alce (<i>Alces alces</i>)	Se identificó que un aumento de la temperatura en verano (temperaturas máximas superiores a 20 °C, en Suecia) producía una disminución másica de las crías de alce.	Las observaciones se explicaron por un mayor costo termorregulatorio que implica un mayor gasto del animal en mantener la temperatura corporal.	(1)
Múltiples poblaciones de especies que incluían aves y mamíferos terrestres	Se evidenció que las poblaciones han disminuido en las regiones que han experimentado cambios de temperatura más marcados.	Se observó que el efecto sobre los mamíferos es menor que el efecto observado en aves.	(2)
16 especies de mamíferos carnívoros del Amazonas	Un modelamiento de 16 especies de mamíferos carnívoros estableció que algunas de las especies podrían perder hasta el 26 % de su hábitat térmicamente óptimo.	El escenario del 26 % fue catalogado como óptimo, mientras que el escenario pesimista estableció una pérdida de casi el 49 %.	(3)

(1) Holmes et al., *Oecology*, 2023, (2) Spooner et al., *Global Change Biology* (2018) y (3) Leão et al., *PeerJ Journal* (2023).

Por otro lado, el tamaño corporal de los mamíferos se correlaciona positivamente con el riesgo de extinción, pero a su vez, con el tamaño del área de distribución (mamíferos de mayor tamaño se distribuyen en zonas más grandes), la esperanza de vida (los mamíferos más

grandes pueden tener una esperanza de vida que supera a la de los mamíferos más pequeños en ocho veces), la densidad de población (los mamíferos más grandes tienden a densidades de población y abundancia más bajas) y la tasa de reproducción (los mamíferos se reproducen con menos frecuencia y de forma menos oportunista, además de poseer tiempos de gestación más largos y camadas más pequeñas), entre otros aspectos.

En relación con la respuesta al calor, ante el cambio climático los mamíferos se verán expuestos a una mayor energía térmica, siendo la única forma de disiparla a través del enfriamiento por evaporación (ver **Figura 3.3.**). En consecuencia, lo más probable es que el cambio climático impacte la homeostasis de estos animales. Sin embargo, respecto a los mamíferos más pequeños, aspectos como una menor relación superficie-volumen, una ganancia de calor ambiental relativamente baja, una mayor inercia térmica y menor producción de calor metabólico hacen que los mamíferos de mayor tamaño se adapten mejor a los cambios de temperatura. A pesar de ello, también es importante señalar que el exceso de calor puede disiparse mediante ajustes de comportamiento (e.g., búsqueda de la sombra) (ver **Figura 3.4.**).

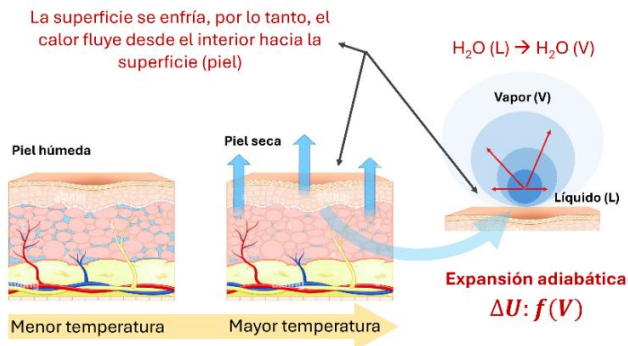


Figura 3.3. Disipación del calor mediante enfriamiento (principio termodinámico).



Figura 3.4. Adaptación del ganado mediante búsqueda de sombra.

Otro mecanismo es liberar el calor durante la noche mediante rutas no evaporativas con el fin de reducir la pérdida de agua y minimizar la deshidratación. En consecuencia, se ha planteado que dos escenarios clave para establecer el efecto del cambio climático sobre los grandes mamíferos, más allá de la perturbación de sus fuentes de alimentos (i.e., reducción de energía), son: (i) un escenario de exceso de agua y (ii) un escenario de escasez. Claramente, el segundo escenario es el menos favorable y exige a los mamíferos adaptaciones fisiológicas (e.g., enfriamiento cerebral selectivo, aumentando la temperatura corporal umbral para la sudoración de manera tal que se promueva la pérdida de calor seco) y de comportamiento (e.g., ingesta de líquidos de sus presas en el caso de los carnívoros, búsqueda de sombra durante el día y aumento de la actividad nocturna).

3.3.3. Impacto del cambio climático sobre los microorganismos

Microorganismo (MO) es un concepto genérico para referirse a un organismo vivo no visible a simple vista, con un tamaño del orden de varios cientos de micras y, en general, son entidades biológicas como bacterias, protistas, hongos unicelulares, y arqueas. Habitan prácticamente en todos los ambientes del planeta, desde los

"normales", es decir, aquellos donde la vida humana se desarrolla con frecuencia, hasta en condiciones extremas de supervivencia, incluyendo lugares donde muchos otros organismos no pueden sobrevivir. Su éxito en materia de supervivencia se debe a su extraordinaria capacidad para adaptarse a las variaciones del entorno, independientemente de si estas ocurren de forma progresiva o de manera abrupta. No se les considera organismos vivos racionales, pero no por ello debe mirarse con simplicidad su organización, desarrollo, estructura y comportamiento, entre otros aspectos. En términos generales, puede decirse que, como organismos vivientes, su fisiología, bioquímica, genética e interacción con otras entidades son muy dinámicas.

Para entender la capacidad de adaptación de los MOs frente a variaciones de su entorno es necesario identificar los principales cambios que tienen lugar. Estos son a nivel térmico (i.e., cambios de temperatura), en relación con la acidez (i.e., cambios composicionales ligados a variaciones de pH), salinidad (i.e., cambios composicionales relacionados con la fuerza iónica), en relación con la presión (i.e., cambios asociados al estrés mecánico), la radiación (i.e., cambios debido a la exposición a energía radiante), la disponibilidad de nutrientes (i.e., cambios relacionados con la composición química), cambios de toxicidad (i.e., cambios asociados con la presencia de entidades químicas nocivas), entre otros.

En términos generales, las especies microbianas que logran adaptarse a los cambios previamente mencionados han logrado perfeccionar diferentes mecanismos adaptativos que les permiten: Conservar la integridad de su estructura celular, ya sea tanto a nivel de la pared celular o la membrana, su sistema proteico, o su material genético, entre otros; mantener sus funciones metabólicas en condiciones desfavorables; tener una capacidad de autorreparación tal que

minimice el impacto de estresores ambientales; regular la expresión de sus genes de forma tal que puede adoptar mecanismos de protección y/o modificación del entorno; ajustar sus características fisiológicas que le permitan adaptar su crecimiento, reproducción y metabolismo a nuevas condiciones, e incluso, en algunos casos, poseer la capacidad de reconocer señales del entorno que le permiten anticipar los cambios de este. Los principales mecanismos de adaptación al entorno se resumen en la **Tabla 3.3**.

Tabla 3.3. Principales mecanismos de adaptación de los MOs.

Mecanismo	Descripción
Modificación de membranas y lípidos celulares	Resistencia a cambios de temperatura, presión, osmolaridad, entre otros. Los MOs modifican la composición lipídica de su membrana a diferentes niveles. Por ejemplo: Grado de saturación de sus ácidos grasos, longitud de la cadena lipídica, modificación estructural mediante la inserción de ramificaciones, cambios en la naturaleza química de los lípidos. Mediante este mecanismo, el MO logra mantener la fluidez adecuada, modula la rigidez celular en función de la temperatura y asegura la permeabilidad apropiada. También los MOs pueden producir osmoprotectores que interactúan con la membrana para hacer frente a estrés osmótico.
Proteínas de choque térmico y chaperonas, proteasas	Resistencia a cambios inducidos por calor, radiación, salinidad, entre otros. Para hacer frente a la desnaturalización o agregación de las proteínas en condiciones adversas, los MOs utilizan proteínas chaperonas que ayudan al plegamiento correcto, evitan agregados y facilitan la degradación de proteínas dañadas. También los MOs pueden usar sistemas de ubiquitinación, proteasas específicas y mecanismos de reparación de plegamiento.

Protección y reparación del ADN	Hacer frente a estrés oxidativo, la radiación, los agentes químicos que afectan el ADN. El MO desarrolla formas de reparación de ADN, mecanismos para evitar su oxidación mediante proteínas de unión al ADN, la cromatina u otras estructuras.
Regulación a nivel post- y transcripcional, y epigenético	Frente a variaciones no específicas del entorno (multicausales) se producen cambios en la expresión de los genes que permiten la activación de factores de transcripción, señalización a través de sensores que captan información de su entorno (quorum sensing), regulación de ARN mensajero, ARN no codificante, entre otros.
Metabolismo adaptativo	Frente a variaciones no específicas del entorno (multicausales) se genera adaptación del metabolismo para usar sustratos diferentes mediante el cambio de sus rutas metabólicas, optimizar la eficiencia energética, minimizar la producción de ROS, variar la velocidad de crecimiento, entrar en estado de latencia o dormancia.
Sistema de transporte de iones y bombas, homeostasis iónica.	Cambios en concentración de iones (salinidad, pH, metales tóxicos, entre otros). Los MOs regulan activamente el ingreso y la salida de iones mediante bombas y transportadores.
Producción de compuestos protectores de bajo peso molecular.	Osmoprotectores (trehalosa, glicina betaina, etc.), antioxidantes (glutatión, enzimas como superóxido dismutasa, catalasa, peroxidasas), pigmentos que filtran radiación, proteínas extremófilas que soportan condiciones adversas.
Estrategias poblacionales y comunitarias	Formación de biofilms que ofrecen protección colectiva; intercambio horizontal de genes; regulación colectiva (quorum sensing); selección natural cuando la presión es prolongada.

Anticipación y memoria ambiental	Algunos microorganismos pueden “anticipar” cambios cuando el estrés sigue patrones previsibles, ajustando su fisiología de forma previa a la ocurrencia del estrés. También puede tener lugar la memoria celular, a partir de la cual la experiencia previa puede modificar respuestas posteriores.
----------------------------------	---

El cambio climático puede afectar las poblaciones de MOs mediante diferentes formas, entre ellas, los cambios de temperatura y humedad del suelo y el agua, lo cual puede afectar sus tasas de crecimiento, su metabolismo y sus tasas de reproducción. Este impacto adquiere vital importancia si los MOs afectados componen la rizosfera, ya que es allí donde se encuentra la mayor población de MOs fijadores de nitrógeno, lo que es esencial para el crecimiento de las plantas. Otro efecto posible es la producción de cambios en la disponibilidad de carbono orgánico y nutrientes minerales, la acidificación de las aguas y la distribución de poblaciones de microorganismos como resultado de cambios en las dinámicas climáticas.

3.3.4. Impacto del cambio climático sobre los insectos

Los insectos son una clase de organismos invertebrados que comprenden una variedad de especies presentes en casi todos los ambientes del planeta. Están relacionados con varias funciones ecológicas entre las que se encuentran polinización, control de plagas, descomposición, dispersión de semillas y, además, son un eslabón importante de la cadena alimenticia dado que sirven de alimentos a un variado espectro de especies. Así mismo, muchos de ellos pueden ser considerados plagas (e.g., la langosta, hormigas, escarabajos, nematodos, entre otros) y vectores de enfermedades (e.g., mosquitos, garrapatas, moscas, entre otros). El cambio climático impacta negativamente estos organismos debido a cambios en la temperatura, humedad, patrones de lluvias, perturbaciones de las plantas

hospederas, su interacción ecológica con otros organismos y la disponibilidad de alimentos.

Los insectos tienen tiempos de vida relativamente cortos en comparación con otro tipo de organismos. Su vida puede conceptualizarse como efímera, por ejemplo, vidas de unas pocas horas o semanas como la mariposa monarca, uno o dos semanas como la mosca de la fruta, algunas semanas y meses como es el caso de las hormigas obreras, aunque en el mismo tipo de insecto, las hormigas reinas pueden vivir varios años, o tiempos de vida relativamente grandes como los escarabajos que pueden vivir varios años dependiendo de la especie. Así, en estos cortos periodos de tiempo tiene lugar todo el desarrollo fisiológico del organismo, el cual se inicia con el huevo y allí se da el desarrollo embrionario hasta la eclosión. Los sitios donde se da la ovación son de amplio espectro; pueden ser plantas, agua, suelos e incluso organismos vivos. Posteriormente, emergen las larvas, siendo esta la etapa de crecimiento más dinámica y activa, el crecimiento se acelera, su metabolismo demanda más energía por lo que se alimentan intensamente, y acumulan energía para el período de reposo y transformación (pupa). Finalmente, en la etapa adulta los insectos alcanzan las condiciones para su reproducción; es en esta etapa en la que los insectos adquieren los rasgos distintivos de su especie (alas, patrones de coloración y otras características específicas).

En este ciclo de vida, independientemente de que sea extremadamente corto o largo en sus distintas etapas, uno de los principales factores que influyen es la temperatura. Siendo un parámetro relacionado con la velocidad de ocurrencia de las distintas etapas, la humedad o más bien un adecuado balance de humedad, la cual es un aspecto fundamental en etapas como la eclosión de los huevos, la supervivencia de las larvas o la transformación en adultos.

Dentro de los efectos del cambio climático se identifica una combinación de efectos directos e indirectos, es decir, aquellos que repercuten directamente sobre los insectos y otros que se desencadenan por los efectos directos. Por ejemplo, el incremento de la temperatura y la disminución de la humedad (ver **Figura 3.5.**).

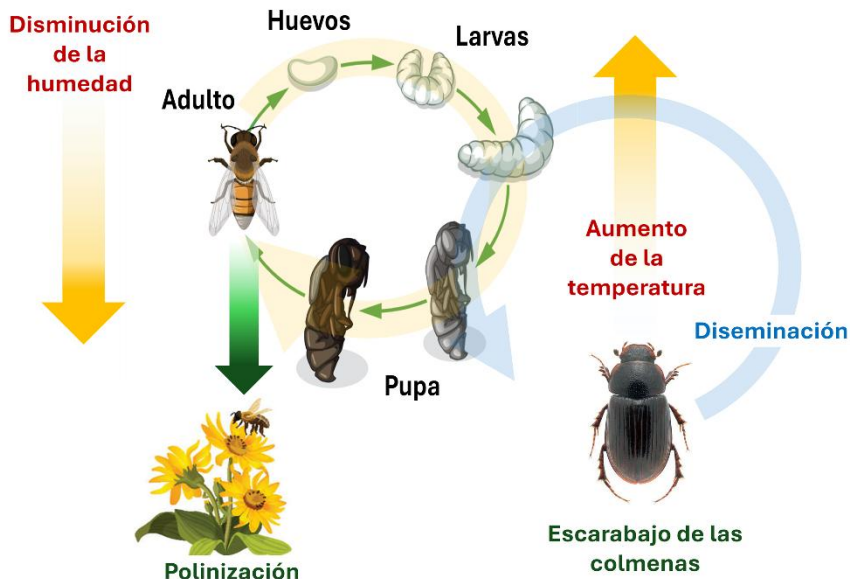


Figura 3.5. Ejemplo del impacto del cambio climático sobre las dinámicas de interacción entre distintos tipos de insectos: abejas (polinizadores) vs. escarabajo de las colmenas (plaga para la industria apícola).

El aumento de la temperatura puede conllevar un aceleramiento del metabolismo de los insectos, incrementar su velocidad de desarrollo y disminuir la tasa de supervivencia. Además, los cambios en el clima en términos de los períodos de lluvia tanto en intensidad como en duración pueden producir grandes desequilibrios en variables físicas

como la humedad y en consecuencia afectar la etapa larvaria, la eclosión y el desarrollo y/o supervivencia en la etapa adulta. Adicionalmente, todo esto puede generar cambios ecosistémicos significativos, por ejemplo, la expansión de plagas y, en el caso de los insectos polinizadores, la emergencia de estos insectos respecto a la etapa de floración puede desajustarse impactando el desarrollo de algunas plantas. Nuevamente, el escarabajo de las colmenas es un ejemplo, donde es importante resaltar que sus huevos experimentan un rápido crecimiento en condiciones de calidad, i.e., mayores a 21 °C (ver **Figura 3.6.**).

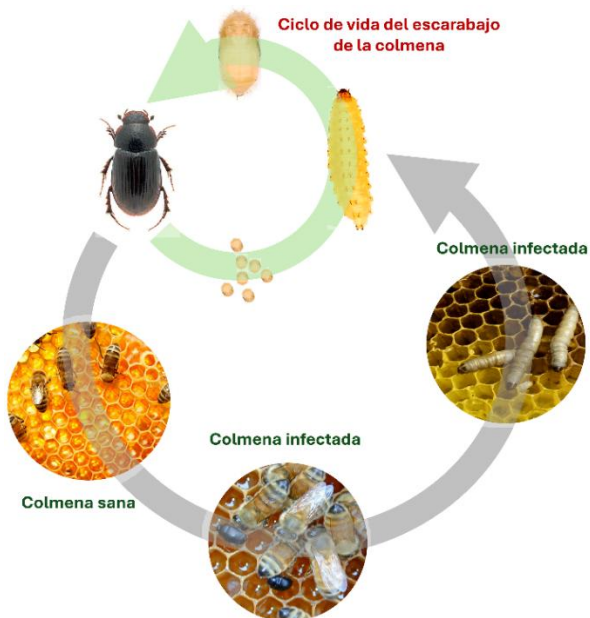


Figura 3.6. Ejemplo de la diseminación y adaptación de plagas fuera de su entorno autóctono y su impacto sobre sistemas productivos: abejas (productoras de miel) vs. escarabajo de las colmenas (plaga del sur de África).

3.3.5. Impacto del cambio climático sobre las plantas

Las plantas son organismos adaptados a muchos entornos y condiciones. Son fundamentales desde el punto de vista de la alimentación y una de sus características más relevantes, desde un punto de vista ecológico, es que son los productores primarios de energía química, lo cual logran mediante la fijación de carbono, al mismo tiempo que consolidan los ecosistemas proveyendo un hábitat para otros organismos, alimento, contribuyendo en la formación del suelo, además de las interacciones simbióticas y de competencia que establecen entre ellas y con otros organismos. Uno de los principales efectos del cambio climático sobre las plantas, entre ellas los pastos y forrajes, es la ocurrencia de cambios metabólicos, los cuales se direccionan hacia un incremento en los contenidos de fibra de menor digestibilidad, lo que se traduce en un menor aprovechamiento energético por parte de los organismos herbívoros. Lo anterior se explica a través de varios mecanismos, los cuales se describirán de forma generalizada.

En primer lugar, uno de los mecanismos es la alteración de procesos fisiológicos clave para el desarrollo y la reproducción de las plantas, por ejemplo, la floración. Esta es una etapa muy importante del ciclo de vida de los organismos del reino vegetal y comprende una etapa de transición entre el estado vegetativo y el reproductivo. Este proceso es modulado por aspectos inherentes del organismo como lo son su genética, edad y hormonas; además, también se ve influenciado por aspectos externos, es decir, señales ambientales que le indican al organismo el estatus de idealidad del proceso; es así como nos son familiares afirmaciones tales como "las plantas florecen durante la primavera". Lo anterior nos permite visualizar cómo la temperatura impacta los procesos que tienen lugar en las plantas.

En la **Figura 3.7**. se muestra un esquema general de las diferentes etapas de las plantas (germinación, estado vegetativo y fase reproductiva).

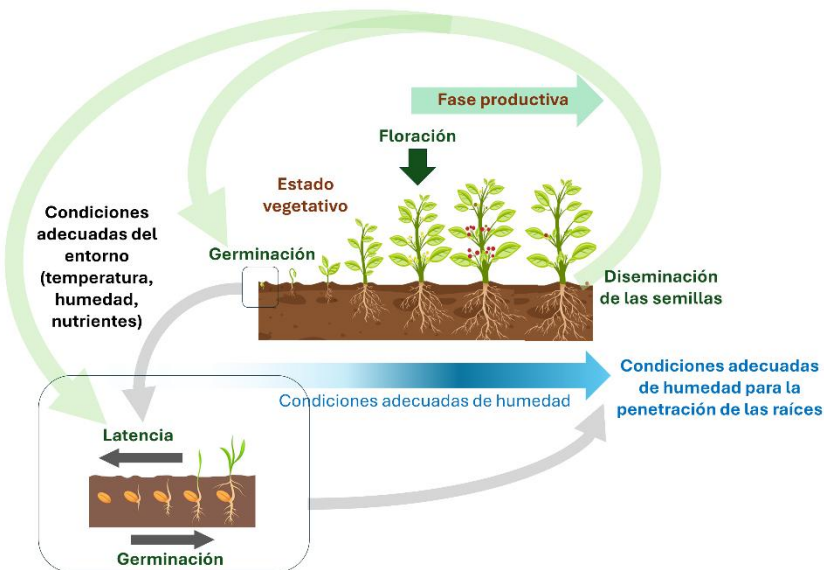


Figura 3.7. Ciclo de crecimiento de las plantas. La semilla sale del estado de latencia solo en las condiciones adecuadas, dando lugar a la germinación. Posteriormente, tiene lugar el estado vegetativo donde la planta consume energía para el crecimiento del sistema radicular y el follaje, seguido de la floración que corresponde a la etapa de transición entre la fase vegetativa y la fase productiva.

De este modo, las variaciones en la temperatura ambiental, ya sea a través de cambios graduales de carácter estacional, fluctuaciones diarias, vernalización, o la generación de estrés por calor influyen en el proceso de floración de diversas maneras: (i) aumento o retrasos en la floración (i.e., antes o después de que las condiciones del entorno

sean óptimas para polinización o para sobrevivencia de semillas), (ii) alteración de la expresión de genes (i.e., cambios en la naturaleza de biomoléculas implicadas en el proceso de floración y reproducción vegetal), (iii) modulación de la respuesta hormonal (i.e., cambios en el tipo de fitohormona en términos de concentraciones), (iv) afectación de la morfología, (v) alteraciones de la viabilidad reproductiva (i.e., debido a la ocurrencia de estrés térmico se puede producir un impacto sobre el polen, el néctar, feromonas, etc.). Por lo anterior, es claro que, en los retos desencadenados por el cambio climático, entender cómo la temperatura afecta la floración impacta la agricultura, la producción de alimentos, la ecología y la conservación de los ecosistemas. Algunos ejemplos específicos se muestran en la **Tabla 3.4**.

Tabla 3.4. Ejemplo del impacto del cambio climático sobre el proceso de floración.

Mecanismo	Efecto	Descripción
Temperaturas bajas	Retraso	En los casos en que la planta se desarrolla a bajas temperaturas, sin ocurrencia de la vernalización, la floración se retrasa debido a una ralentización del metabolismo, retardándose el crecimiento, y los genes promotores de la floración no se activan.
	Vernalización	Bajo la ocurrencia de bajas temperaturas de forma sostenida, el estrés térmico puede silenciar represores de floración, permitiendo de este modo que las plantas florezcan en condiciones desfavorables.
Temperaturas moderadamente altas	Aceleración	En muchas especies, un aumento moderado de la temperatura produce una aceleración de la transición vegetativo-reproductiva. Esto ocurre porque algunos activadores responden a la temperatura, siendo un fenómeno más marcado cuando la planta es originaria de climas térmicamente variables.

	Variabilidad	Las altas temperaturas aumentan la variación fenotípica de las plantas en el momento de la floración. Un estudio sugiere que la siembra de forma vegetativa bajo temperaturas inicialmente bajas seguida de un aumento de la temperatura ofrece mayor estabilidad en la floración.
Temperaturas excesivamente altas	Retraso o inhibición	Si la temperatura excede un valor límite o crítico, la floración puede retrasarse o incluso no ocurrir, o no ocurrir de forma adecuada. Por ejemplo, en el <i>Chrysanthemum</i> , el calor en verano retarda el proceso de floración mediante la reducción de la expresión de genes.
	Efectos reproductivos	El estrés térmico por la exposición a altas temperaturas ambientales puede producir daños en los gametos, reducir la viabilidad del polen, disminuir la cantidad de flores producidas, reducir el volumen de néctar, etc.

Por otro lado, los cambios de temperatura impactan fuertemente cómo las plantas modulan sus respuestas hormonales. El impacto tiene lugar más allá del estrés térmico por frío o calor intensos, por lo tanto, puede hablarse de condiciones óptimas y perturbación del estado de máximo desarrollo en rangos de temperatura no catalogados como estrés. La respuesta hormonal es una parte importante del mecanismo de adaptación de las plantas a su entorno y, a diferencia de los animales, las hormonas vegetales (o fitohormonas) no son de naturaleza proteica. Ejemplos de estas son las auxinas, las giberelinas, los brasinosteroides, el ácido abscísico, el etileno, jasmonatos, citocinas, entre otras. Algunas de las estructuras de los compuestos más característicos de cada grupo se muestran en la **Figura 3.8**.

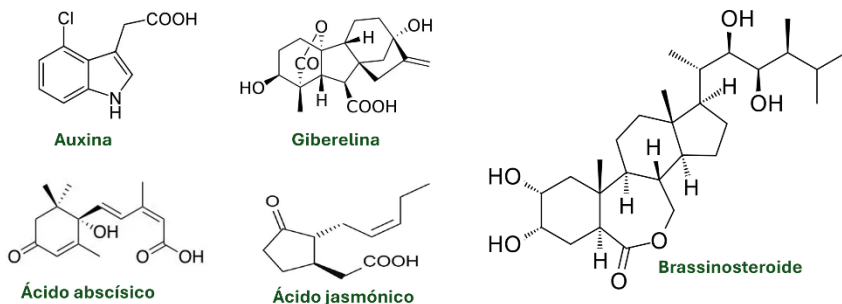


Figura 3.8. Ejemplo de la estructura química de algunas fitohormonas.

Dado que las fitohormonas se modulan por efectos de la temperatura, se producen varias situaciones que afectan, por ejemplo, la elongación de los tallos, la orientación, el tamaño y el número de estomas de las hojas. Estos cambios tienen por objetivo la disipación de calor, optimizar la captación de luz y evitar al máximo los daños por aumento de la temperatura. Otro ejemplo es el de la floración, el cual ya se explicó y desarrolló previamente. Ahora bien, desde una perspectiva agrícola, los cambios tienen asociadas alteraciones en el rendimiento, calidad del fruto, tolerancia a enfermedades, etc. La modulación hormonal por la temperatura puede agruparse por rangos térmicos. Así, las temperaturas cálidas direccionan cambios en la planta hacia un aumento de hormonas promotoras del crecimiento (por ejemplo: Auxina, giberelinas, brasinoesteroides). Las temperaturas bajas direccionan los cambios hacia un aumento de hormonas del estrés (ácido jasmónico, etileno, ácido abscísico, etc.), aumento de factores protectores, y de ajuste de crecimiento (por ejemplo: Factores que actúan produciendo la inhibición de elongación o la detención temporal del crecimiento).

Otros efectos generales para todas las plantas pueden resultar más evidentes, como son un mayor número de incendios forestales o

dsecación del suelo por aumento de la temperatura, lo que está asociado con condiciones no óptimas para la germinación.

3.3.6. Impacto del cambio climático sobre los seres humanos

Los seres humanos son organismos con características de poblaciones complejas, pero también, la enorme capacidad de transformación del medio en el que habitan representa una ventaja no adaptativa, ya que resulta de la modificación del entorno. De forma generalizada, los impactos del cambio climático pueden ocurrir de forma directa, por ejemplo, pueden producir alteraciones de la salud, el estado y percepción de bienestar tanto físico como mental, inseguridad alimentaria, desabastecimiento de agua y pérdida de los recursos hídricos, grandes desplazamientos de la población, impactos negativos de tipo económico, etc.

Dentro de los diferentes mecanismos que pueden ser identificados se encuentran: La mortalidad por eventos extremos que pueden ser variados en naturaleza, siendo ejemplos comunes las olas de calor registradas en diferentes países, inundaciones, sequías, e incendios forestales.

La proliferación de enfermedades e infecciones, las cuales pueden tener un origen variado, ya sea por expansión de los vectores que las transmiten, tanto en aire, agua y alimentos, como enfermedades emergentes. Como se expuso en secciones previas, los cambios de temperatura hacen que zonas esencialmente prohibitivas en términos del crecimiento de determinados patógenos poco a poco sean más idóneas y por ende susceptibles de ser colonizadas. Las alteraciones del estado de bienestar pueden originarse tanto por la escasez de agua potable como por la inseguridad alimentaria que conlleva la desnutrición. Así, por ejemplo, la Organización Mundial de la Salud

(OMS) estima que el cambio climático generará alrededor de 250.000 muertes adicionales entre el 2030 y el 2050 por factores como enfermedades relacionadas con el calor (aumento en enfermedades cardiovasculares, respiratorias y alérgicas, así como también, enfermedades infecciosas), con la seguridad alimentaria (desnutrición) y con la calidad de las aguas (malaria y otras afecciones gastrointestinales). Además, al ser un organismo emocional, el impacto de todos los efectos combinados sobre la salud mental es significativo. En el caso de los seres humanos, la pérdida de los hogares por desastres naturales, incertidumbre, estrés nutricional, pérdida de calidad de vida, entre otros escenarios, puede llevar al deterioro progresivo de la salud mental. Por otro lado, los impactos económicos, desde los efectos negativos sobre la ganadería, la agricultura y la infraestructura productiva, hacen que los ingresos medios de muchos hogares se vean afectados.

3.4. Impacto del cambio climático en Colombia

En el caso específico de Colombia, los distintos efectos antes mostrados reflejan claramente los potenciales impactos del cambio climático sobre la seguridad alimentaria, la ganadería y los pastos. Sin embargo, dadas las características geográficas del país, puede haber situaciones específicas que adquieren mayor o menor relevancia. Dentro de los efectos observados se encuentra un aumento de la temperatura promedio en casi todas las regiones geográficas, con un mayor impacto en lugares con altitudes medias y bajas. Sin embargo, la ausencia de estaciones hace que las plantas y los animales en general estén adaptados a temperaturas anuales más o menos constantes, por lo que efectos sobre algunos procesos fisiológicos de los organismos no se ven enormemente afectados. Asimismo, se han observado cambios en los regímenes de precipitación, por lo que algunas zonas han experimentado una notable reducción en el agua

disponible, mientras que otras han experimentado lluvias más intensas. Por ejemplo, en la zona sur de la región andina, en los departamentos como Nariño y en algunos departamentos de la zona Norte, como La Guajira y Cesar, han registrado disminuciones del promedio de lluvias anuales. En términos generales, el impacto del cambio climático impacta fuertemente a Colombia debido a la diversidad de ecosistemas (ver **Figura 3.9.**), su economía fuertemente ligada al sector agrícola, ganadero y acuícola, la presencia de zonas con una infraestructura débil, niveles altos de pobreza monetaria y multidimensional, y escasa resiliencia de las comunidades al cambio climático.

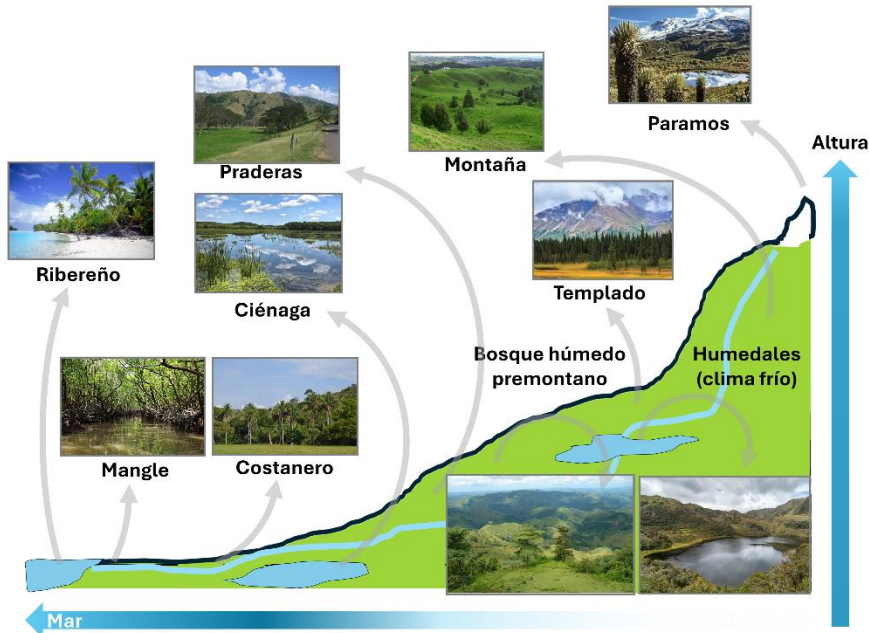


Figura 3.9. Ejemplo de la diversidad de climas en Colombia.

Uno de los ecosistemas más fuertemente impactados son los páramos; estos comprenden varias zonas de la zona montañosa del país, en las cuales la extensión de los glaciares viene disminuyendo drásticamente. Así, se han visto afectados los servicios hídricos relacionados con los páramos. En contraste, las zonas costeras se han visto afectadas por el aumento en el nivel del mar, la producción de erosión costera e inundaciones con agua salada en zonas interiores con cultivos e infraestructura.

3.4.1. Impacto del cambio climático en función de las características climáticas de Colombia

Para el entendimiento adecuado del impacto del cambio climático en Colombia es importante caracterizar, aunque sea de forma general, sus características climáticas. En este orden de ideas, Colombia es un país cercano al ecuador, por lo que no posee un clima estacional con cambios abruptos de temperaturas entre diferentes estaciones; sin embargo, el clima del país es diverso debido a las variaciones altitudinales. Así, Colombia posee zonas frías de alta montaña, zonas templadas y zonas calientes. Además, posee una alta pluviometría en muchas de sus regiones, caracterizando sus periodos anuales por dos temporadas en función de las lluvias y la ausencia de estas (i.e., época seca y época de lluvia). Por lo anterior, posee un conjunto de ecosistemas muy característicos como son: Bosque seco tropical, bosque húmedo tropical, páramos, bosques de montaña, zonas selváticas, desérticas, valles, tierras cultivables en zonas de ladera, ecosistemas de pantanos, ciénagas, manglares, entre otros.

Desde el punto de vista climatológico, dos fenómenos tienen lugar de forma periódica en Colombia, los denominados fenómeno del Niño y de La Niña. El primero es un período caracterizado por anomalías de la temperatura superficial del mar en el Pacífico tropical, lo que

desencadena efectos atmosféricos a escala global relacionados con las lluvias, los vientos, la humedad, etc. En Colombia, corresponde a un período de sequía, déficit de lluvias, altas temperaturas, escasez del recurso hídrico, mayor riesgo de incendios, disminución de la productividad agrícola y ganadera. En contraposición, La Niña corresponde a un período de lluvias por encima del comportamiento habitual, por lo que se producen inundaciones, deslizamientos de tierra, exceso de humedad ambiental, etc. En términos del cambio climático, estos fenómenos se acentúan y su impacto negativo se realza.

Por otro lado, en las temporadas que pueden considerarse climáticamente no anómalas, es decir, en la época seca y en época de lluvia. En el primer caso, se acentúan la disminución de las lluvias, el aumento de la temperatura, mayor evaporación del agua, menor disponibilidad de agua para actividades agropecuarias, disminución de los caudales de los ríos, entre otras. En regiones como la Andina, el Caribe y la Orinoquía la temporada seca puede durar varios meses y superponerse al fenómeno del Niño. Por otro lado, la temporada de lluvia tiene lugar cuando los vientos alisios generan una carga de humedad desde los océanos a territorio continental. Este excedente de humedad propicia una alta pluviosidad en intensidad y frecuencia.

Cuando el Niño se superpone con la época seca, el riesgo de incendios incrementa apreciablemente (ver **Figura 3.10.**). Es así como varios departamentos son susceptibles de incendios forestales, entre ellos, Cesar, La Guajira, Magdalena, Boyacá, Tolima, Antioquia, Cauca, Valle del Cauca, Norte de Santander, Córdoba, Sucre, Huila, Bolívar, Meta, Vichada y Nariño, entre otros. Además, los suelos más susceptibles son aquellos sobreexplotados, siendo a los que a su vez poseen mayor riesgo de degradación y vulnerabilidad por quemas. Entre los departamentos más sensibles desde este último enfoque se

encuentran los departamentos de Caldas, Risaralda, Tolima, Boyacá, Santander, Sucre, Huila, Antioquia, Norte de Santander, Bolívar, Cundinamarca y Cesar.

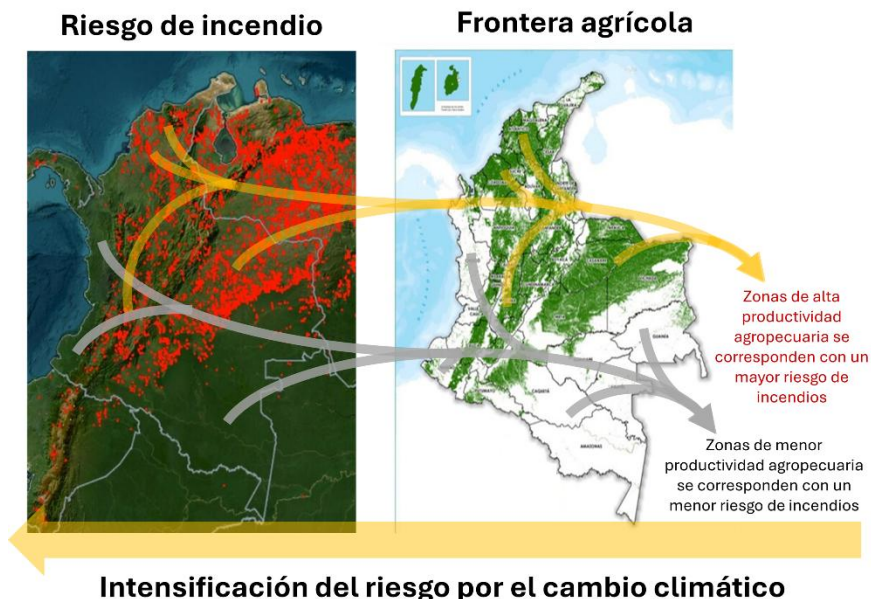


Figura 3.10. Correlación entre el riesgo de incendios y la frontera agrícola colombiana.

3.4.2. Impacto del cambio climático sobre la agricultura y ganadería colombiana

Colombia es un país con una producción agrícola grande, con productos característicos que impactan fuertemente su economía, entre los que están el café, el arroz, la palma de aceite, la caña de azúcar, el maíz, las flores y un espectro amplio de frutas, entre otros.

Por lo tanto, el impacto sobre la agricultura impactará la economía del país y la seguridad alimentaria; sin embargo, el impacto ni sus consecuencias serán uniformes, estos dependerán del tipo de cultivo, características del suelo, altitud, etc.

Teniendo en cuenta variables climáticas como temperatura promedio, máxima, mínima, humedad del suelo, radiación, tasa de precipitaciones (intensidad y frecuencia), entre otras, se ha identificado que el impacto del aumento de temperatura sobre la producción es mayor para el arroz, café y caña de azúcar, siendo de -3,76, -0,2 y -0,19 %, respectivamente, por cada grado centígrado de aumento. En contraste, otros cultivos experimentan un aumento en su producción, como lo son la palma de aceite y el maíz, con 2,55 y 1,28 % por cada grado centígrado, respectivamente.

Por otro lado, como se indicó previamente, el fenómeno del Niño y de La Niña son eventos climáticos periódicos que se alternan en lapsos de tiempo más o menos regulares. Sin embargo, el cambio climático los puede intensificar, trayendo con esto la ocurrencia de eventos extremos. Así, por ejemplo, para el caso del Niño, se esperan sequías más prolongadas, pérdida de humedad del suelo, resequedad de pasturas, mayores riesgos de incendios, etc. De esta manera, un claro impacto sobre la producción agrícola se direcciona hacia mayores costos de producción, dado que se requerirá una mayor inversión y frecuencia en sistemas de riego, bombeo de agua, control de incendios, medidas de corrección de suelos, readaptación de semillas, adquisición de seguros agrícolas, etc. Así, por ejemplo, Boyacá se caracteriza por cultivos agrícolas y pasturas, y en el cual se ha estimado que aproximadamente 11.588 hectáreas han sufrido grandes afectaciones por el déficit hídrico, en particular, los cultivos de papa y frijol. Una situación similar ocurre en el Meta, donde la producción de pasturas para el alimento animal se ha visto afectada en una extensión

aproximada de 12.000 hectáreas. Situaciones similares pueden ser identificadas para otros departamentos y otros tipos de cultivos. En Córdoba, varios pastos nativos han mostrado variaciones en producción de forraje en función de las condiciones meteorológicas vinculadas al fenómeno del Niño, y estaciones secas más severas debido al cambio climático; y en Chinchiná (Caldas), los productores cafeteros han observado cambios en las fechas de inicio de las lluvias, un aumento en la frecuencia de los días secos, y una mayor incidencia de plagas.

Algunas estimaciones del impacto sobre el sector ganadero indican pérdidas alrededor de 122.400 millones de pesos colombianos relacionados con la ganadería y los sectores conexos. Aunque el efecto no sea directamente sobre la supervivencia del ganado, el impacto por causas indirectas sigue siendo significativo, siendo en algunos casos relacionados con el aumento de costos de producción por daños en las pasturas, lo que implica la reposición de pastos, la suplementación con especies forrajeras, desnutrición animal, etc.

3.5. Conclusiones

El cambio climático plantea nuevos escenarios que implican retos de complejidad variable. Desde un punto de vista ecosistémico, los efectos han sido descritos para distintos organismos, poblaciones de estos y lugares en muchas partes del planeta. Es claro que el efecto sobre los organismos vivos no es uniforme ni en magnitud ni en intensidad; sin embargo, se ha observado que los efectos indirectos repercuten grandemente y a mediano plazo al impactar las dinámicas ecosistémicas, la cadena alimentaria, y la disponibilidad de recursos, en especial, el agua. Para hacer frente a esta problemática se requiere mayor conciencia global y acciones direccionadas hacia la mitigación de los impactos mediante acciones coordinadas que van, desde la

reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la conservación y la restauración de hábitats y ecosistemas, el desarrollo de variedades resistentes a cambios térmicos en organismos de interés alimenticio y económico, el monitoreo continuo de poblaciones, la adopción de políticas de salud pública, planificación del uso del suelo, etc. Además, se requiere profundizar en la investigación del cambio climático sobre las especies menos estudiadas, las interacciones ecológicas (un punto débil), sus límites de tolerancia térmica, las posibilidades de adaptación genética, y la simulación predictiva y preventiva de fenómenos climáticos extremos y sus consecuencias.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, la Universidad de Córdoba y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261.

Referencias

- Albouy C., Delattre V., Donati G., Frölicher T.L., Albouy-Boyer S., Rufino M., Pellissier L., Mouillot D., Leprieur F. Global vulnerability of marine mammals to global warming. *Scientific Reports*, 10, 4257 (2020). DOI: 10.1038/s41598-020-61227-4
- Armour K.C. Energy budget constraints on climate sensitivity in light of inconstant climate feedbacks. *Nature Climate Change*, 7 (5), 331-335 (2017). DOI: 10.1038/nclimate3278
- Bergonzi S., Albani M.C., van Themaat E.V., Nordström K.J.V, Wang R., Schneeberger K., Moerland P.D., Coupland G. Mechanisms of Age-Dependent Response to Winter Temperature in Perennial Flowering

of *Arabis alpina*. *Science*, 340, 6136 (2013). DOI:10.1126/science.1234116

Burghardt L.T., Runcie D.E., Wilczek A.M., Cooper M.D., Roe J.L., Welch S.M., Schmitt J. Fluctuating, warm temperatures decrease the effect of a key floral repressor on flowering time in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist*, 210, 564-76 (2016). DOI: 10.1111/nph.13799

Byrom R.E., Shine K.P. Methane's Solar Radiative Forcing. *Geophysical Research Letters*, 49 (15), e2022GL098270 (2022). DOI: 10.1029/2022GL098270

Cavicchioli R., Ripple W.J., Timmis K.N., Azam F., Bakken L.R., Baylis M., Behrenfeld M.J., Boetius A., Boyd P.W., Classen A.T., Crowther T.W., Danovaro R., Foreman C.M., Huisman J., Hutchins D.A., Jansson J.K., Karl D.M., Koskella B., Mark Welch D.B., Martiny J.B.H., ... others. (2019). Scientists' warning to humanity: Microorganisms and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 17, 569-586 (2019). DOI: 10.1038/s41579-019-0222-5

Charry A., Enciso K., Peters M., Burkart S. Sustainable intensification of beef production in Colombia—Chances for product differentiation and price premiums. *Agricultural & Food Economics*, 7, 22 (2019). DOI: 10.1186/s40100-019-0143-7

Coulon N., Elliott S., Teichert N., Auber A., McLean M., Barreau T., Feunteun E., Carpentier A. Northeast Atlantic elasmobranch community on the move: Functional reorganization in response to climate change. *Global Change Biology*, e17151 (2024). DOI: 10.1111/gcb.17157

Del Olmo I., Poza-Viejo L., Piñeiro M., Jarillo J.A., Crevillén P. High ambient temperature leads to reduced FT expression and delayed flowering in *Brassica rapa* via a mechanism associated with H2A.Z dynamics. *The Plant Journal*, 100, 343-356 (2019). DOI:10.1111/tjp.14446

- Descamps C., Boubnan N., Jacquemart A.L., Quinet M. Growing and Flowering in a Changing Climate: Effects of Higher Temperatures and Drought Stress on the Bee-Pollinated Species *Impatiens glandulifera* Royle. *Plants*, 10, 988 (2021). DOI:10.3390/plants10050988
- Devireddy A.R., Tschaplinski T.J., Tuskan G.A., Muchero W., Chen J.G. Role of Reactive Oxygen Species and Hormones in Plant Responses to Temperature Changes. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 8843 (2021). DOI: 10.3390/ijms22168843
- Deutsch C.A., Tewksbury J.J., Tigchelaar M., Battisti D.S., Merrill B.A., Huey R.B., Naylor R.L. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361 (6405), 916-919 (2018). DOI: 10.1126/science.aat3466
- Eremina M., Rozhon W., Poppenberger B. Hormonal control of cold stress responses in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73, 797-810 (2015). DOI: 10.1007/s00018-015-2089-6
- Eremina M., Unterholzner S.J., Rathnayake, A., Castellanos, M., Khan M., Kugler K.G., May S.T., Mayer K.F., Rozhon W., Poppenberger B. Brassinosteroids participate in the control of basal and acquired freezing tolerance of plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113, E5982-E5991 (2016). DOI: 10.1073/pnas.1611477113
- Firsov K.M., Chesnokova T.Y., Razmolov A.A. Impact of Water Vapor Continuum Absorption on CO₂ Radiative Forcing in the Atmosphere in the Lower Volga Region. *Atmospheric and Oceanic Optics*, 36 (2), 162-168 (2023). DOI: 10.1134/S1024856023030053
- Fuller A., Mitchell D., Maloney S.K., Hetem R.S. Towards a mechanistic understanding of the responses of large terrestrial mammals to heat and aridity associated with climate change. *Climate Change Responses*, 3, 10 (2016). DOI: 10.1186/s40665-016-0024-1

- Guan N., Li J., Shin H.D., Du G., Chen J., Liu L. Microbial response to environmental stresses: from fundamental mechanisms to practical applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, 3991-4008 (2017). DOI: 10.1007/s00253-017-8264-y
- Holmes S.M., Dressel S., Morel J., Spitzer R., Ball J.P., Ericsson G., Singh N.J., Widemo F., Crooms J.P.G.M., Danell K. Increased summer temperature is associated with reduced calf mass of a circumpolar large mammal through direct thermoregulatory and indirect, food quality, pathways. *Oecologia*, 201, 1123–1136 (2023). DOI: 10.1007/s00442-023-05367-0
- Janni M., Maestri E., Gulli M., Marmioli M., Marmioli N. Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: a critical review. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1297569 (2023). DOI: 10.3389/fpls.2023.1297569
- Leão C.F., Lima Ribeiro M.S., Moraes K., Silva Ribeiro Gonçalves G.S.R., Moreira Lima M.G.M. Climate change and carnivores: shifts in the distribution and effectiveness of protected areas in the Amazon. *PeerJ Journal*, 11, e15887 (2023). DOI: 10.7717/peerj.15887
- Li N., Euring D., Cha J.Y., Lin Z., Lu M., Huang L.J., Kim W. Y. Plant Hormone-Mediated Regulation of Heat Tolerance in Response to Global Climate Change. *Frontiers in Plant Science*, 11, 627969 (2021). DOI: 10.3389/fpls.2020.627969
- Martínez K., Pereira M., De Miguel C., Sanchez-Aragon L., Ludeña C.E., Álvarez A., Ordoñez A., Romero G., Calderón S. *Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Agricultura* (2016). DOI: 10.18235/0006181.
- Marzban G., Tesei D. The Extremophiles: Adaptation Mechanisms and Biotechnological Applications. *Biology*, 14, 412 (2025). DOI: 10.3390/biology14040412
- Nakano Y., Higuchi Y., Sumitomo K., Hisamatsu T. Flowering retardation by high temperature in *Chrysanthemum morifolium*: involvement of

flowering locus T-like 3 gene repression. *Journal of Experimental Botany*, 64, 909-920 (2013). DOI: 10.1093/jxb/ert411

Orgeret F, Thiebault A., Kovacs K.M., Lydersen C., Hindell M.A., Thompson S.A., Sydeman W. J., Pistorius P.A. Climate change impacts on seabirds and marine mammals: The importance of study duration, thermal tolerance and generation time. *Ecology Letters*, 24, 218-239 (2021). DOI: 10.1111/ele.13920

Osorio L.F. Bosques y Cambio Climático, Colombia Forestal, 15, Supl.1 (2012). DOI: 10.14483/2256201X.3869.

Perry A.L., Low P, Ellis J.R., Reynolds J.D. Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science*, 308, 1912-1915 (2005). DOI: 10.1126/science.1111322

Preston J.C., Fjellheim S. Flowering time runs hot and cold. *Plant Physiology*, 190, 5-18 (2022). DOI:10.1093/plphys/kiac111

Rosenblatt A.E., Post D.M. Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 3457–3462 (2023). DOI: 10.1073/pnas.15890845

Stewart P.S., Voskamp A., Santini L., Fiber M.F., Devenish A.J., Hof C., Willis S.G., Tobias J.A. Global impacts of climate change on avian functional diversity. *Ecology Letters*, 25, 673-685 (2022) DOI: 10.1111/ele.13830

Spooner F.E.B., Pearson R.G., Freeman R. Rapid warming is associated with population decline among terrestrial birds and mammals globally. *Global Change Biology*, 24, 4521–4531 (2018). DOI: 10.1111/gcb.14361

Solarte A., Rico A., Zapata C., Chará J., Murgueitio E. Barriers and strategies for scaling up livestock agroforestry systems in the Colombian Amazon Piedmont. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 38, 5 (2022). DOI: 10.17533/udea.rccp.v38n1a5

- Somayaji A., Dhanjal C.R., Lingamsetty R., Vinayagam R., Selvaraj R., Varadavenkatesan T., Govarthanan M. An insight into the mechanisms of homeostasis in extremophiles. *Microbiological Research*, 263, 127115 (2022). DOI: 10.1016/j.micres.2022.127115
- Tapasco J., Le Coq J.F., Ruden A., Rivas J.S., Ortiz J. The Livestock Sector in Colombia: Toward a Program to Facilitate Large-Scale Adoption of Mitigation and Adaptation Practices. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 61 (2019). DOI: 10.3389/fsufs.2019.00061
- Yang S., Liu Y., Chen L., Cao N., Wang J., Gao S. Direct radiative forcing of light-absorbing carbonaceous aerosol and the influencing factors over China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 25 (16), 9335-9355 (2025). DOI: 10.5194/acp-25-9335-2025

Capítulo 4.

Análisis de la producción agropecuaria de pequeña escala en el departamento de Córdoba.

*Nazly G. Chate-Galvis, Manuel Palencia,
Luis R. Anaya-Tatis, Enadis Gaviria Contreras,
Rafael A. Bolaño-Vásquez, Yerly E. Alemán-Ramírez*

*Chate-Galvis N.G., Palencia M., Anaya-Tatis L.R., Gaviria Contreras E., Rafael A. Bolaño-Vásquez, Alemán-Ramírez Y.E. Análisis de la producción agropecuaria de pequeña escala en el departamento de Córdoba. En: García-Quintero A., Palencia M., Combatt E.M. (Eds). Aproximación al aprovechamiento del recurso hídrico en la ganadería y la producción de pastos. MT-Pallantia Publisher s.a.s., pp. 122-147. Cali-Colombia, 2025.
DOI: 10.34294/b.005.c4.2025.09.*

Sobre los autores

Nazly G. Chate-Galvis

*Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.
Unidad de Desarrollo Tecnológico en Nuevos Materiales (UDT-NM), Polymeiker s.a.s.,
Montería – Colombia.*

Manuel Palencia

*Grupo de Investigación en Ciencias con Aplicaciones Tecnológicas (GI-CAT),
Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle,
Cali – Colombia.*

Luis R. Anaya-Tatis

*Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.
Grupo de Investigación en Desarrollo Sostenible e Innovación (GIDS), Instituto de Ciencia
y Tecnología Analítica Golden-Hammer s.a.s., Montería-Colombia.*

Enadis Gaviria Contreras

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Montería – Colombia.

Rafael A. Bolaño-Vásquez

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Montería – Colombia.

Yerly E. Alemán-Ramírez

Mindtech Research Group (Mindtech-RG), Mindtech s.a.s., Cali/Montería – Colombia.

—

Contenido

Resumen

4.1. Introducción.

4.2. Una perspectiva general de la producción pecuaria de pequeña escala en Colombia.

4.3. Producción pecuaria de pequeña escala en el departamento de Córdoba.

4.3.1. Producción bovina de pequeña escala.

4.3.2. Producción avícola de pequeña escala.

4.3.3. Producción porcícola de pequeña escala.

4.3.4. Producción caprina y ovina de pequeña escala.

4.4. Conclusiones.

Agradecimientos.

Referencias.

—

Resumen

La producción agropecuaria ha sido históricamente uno de los pilares económicos y sociales de Colombia, especialmente en zonas rurales donde gran parte de la población depende de la agricultura y la ganadería para su subsistencia. En particular, el departamento de Córdoba se caracteriza por una diversidad agroecológica, geográfica, climática y disponibilidad de tierras que le permite la implementación de múltiples sistemas de producción, tanto a gran escala como de pequeña escala. Sin embargo, a pesar de la relevancia que tienen los pequeños productores en la economía del departamento, la información disponible sobre sus dinámicas, características productivas y desafíos sigue siendo escasa.

La producción agropecuaria, en específico relacionada con la ganadería y de pequeña escala, en Córdoba es el foco de este capítulo. En términos generales se manifiesta en sistemas productivos de agricultura familiar que combinan

la cría de animales con algunos cultivos, especialmente, el componente pecuario se caracteriza por ganado bovino, aves de corral y porcinos, habiendo en menor proporción una ganadería reciente de ovinos y caprinos. Estos sistemas suelen operar con bajos niveles de tecnificación, escaso acceso al crédito y limitaciones en la comercialización. No obstante, su importancia trasciende lo económico, dado que cumplen una función clave en la seguridad alimentaria local, la conservación de saberes ancestrales y el equilibrio ecológico, al mantener prácticas más sostenibles frente a modelos agroindustriales intensivos.

La escasez de información detallada sobre la producción agropecuaria de pequeña escala impide tomar decisiones adecuadas de política pública que respondan a las realidades del territorio; en consecuencia, esta invisibilización limita las posibilidades de diseñar programas efectivos de apoyo a los pequeños productores, así como también limita el fomento de la asociatividad, la innovación tecnológica adaptada al contexto local y la resiliencia ante el cambio climático.

A pesar de estas dificultades, la producción agropecuaria de pequeña escala en Córdoba representa un potencial enorme para el desarrollo rural con criterios de sostenibilidad económica, ambiental y social. De este modo, este capítulo se centra en una descripción de la producción pecuaria de ganado bovino, porcino, aviar, caprino y ovino de pequeña escala, siendo, por tanto, una primera aproximación que surge del reconocimiento de estos sistemas agropecuarios no solo desde una cuestión técnica o económica, sino también social.

Palabras claves: *Ganadería, producción agropecuaria, Córdoba (Colombia), seguridad alimentaria, objetivos de desarrollo sostenible.*

4.1. Introducción

Desde el punto de vista económico, Colombia presenta un panorama amplio, marcado fuertemente por actividades primarias y extractivas, siendo la agricultura y la ganadería las que dominan en las zonas rurales. En términos generales, las actividades agropecuarias de pequeña escala representan un pilar muy importante en la economía nacional, solo en las zonas urbanas de las grandes ciudades e intermedias se puede decir que la actividad agropecuaria es nula. En ciudades pequeñas, por lo general, el entorno rural es grande y la superposición entre lo rural y lo urbano es muy grande.

Las actividades agropecuarias son común y mayoritariamente realizadas por pequeños productores rurales, ya que esto no es solo una fuente de ingresos, sino que representa también un medio de subsistencia para gran parte de la población. Particularmente, en el departamento de Córdoba, ubicado en la parte occidental de la región Caribe, las actividades agropecuarias de pequeña escala constituyen una pieza fundamental del engranaje socioeconómico, por lo que, en su conjunto, impactan enormemente en la seguridad alimentaria, la cultura y la economía rural, la generación de empleo y es una de las manifestaciones más clara de la interacción humana con su entorno.

A pesar de la relevancia de la producción agropecuaria de pequeña escala, históricamente, las actividades agrícolas en Colombia se han caracterizado por una fuerte dualidad: por un lado, en muchos departamentos tiene lugar la agricultura y ganadería extensiva, la cual muchas veces son orientadas a la exportación de productos con poca transformación; mientras que, por otro lado, existe un amplio número de pequeños productores que trabajan en condiciones no óptimas, pero que aun así, es decir, empleando sistemas productivos no ideales, sostienen una parte sustancial del abastecimiento interno. Es así que,

en esta dicotomía, los pequeños productores agropecuarios, aquí llamados productores agropecuarios de pequeña escala, concepto en el que se incluyen campesinos, comunidades afrodescendientes, pueblos indígenas y familias rurales dedicadas a la agricultura familiar y la cría de ganado, bovino, porcícola, avícola, etc., han experimentado y resistido históricamente distintos procesos ligados a una alta pobreza multidimensional, conflictos por la tierra, falta de acceso a crédito, debilidades en la infraestructura productiva, políticas de desarrollo económico no orientadas al pequeño productor, una limitada articulación con los mercados, los cuales muchas veces se caracterizan por estar basados en un comercio informal y/o locales, entre otros aspectos. Sin embargo, pese a esas debilidades estructurales, la contribución de los productores agropecuarios de pequeña escala es incuestionable – según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se estima que generan ingresos para más del 60 % de la población rural en Colombia y que aproximadamente el 70 % de los alimentos que consumen los colombianos son producidos por pequeños agricultores –, hecho que se explica en parte por las bondades de los suelos, el clima, el recurso hídrico, etc.

El departamento de Córdoba es esencialmente un departamento de una economía agropecuaria y regional, posee un fuerte componente agrícola y de ganadería bovina en su economía, con la participación además de actividades de acuicultura y pesca, y en determinados puntos específicos, zonas de explotación minera. Posee una geografía variada que incluye llanuras, sabanas, ríos y zonas de bosque tropical seco, ecosistemas costeros, de ciénaga y aluviales definidos por tres cuencas hidrográficas (i.e., la cuenca del río Sinú, del río San Jorge y del río Canalete). En municipios como Tierralta, Purísima, San Pelayo, Tuchín, Chimá, Ciénaga de Oro y Lórica, los sistemas de producción agropecuaria a pequeña escala son los principales generadores de

empleo, actúan como motores de emprendimiento, comercio y dinamizan circuitos económicos locales que van desde la producción para el autoconsumo hasta el comercio en mercados campesinos, incluso en algunos casos, con un alcance mayor que el departamental y regional.

Por otro lado, el papel ecológico de la producción agropecuaria de pequeña escala es de resaltar. En contraste con los grandes sistemas de producción agroindustrial caracterizados por el monocultivo de, por ejemplo, café, caña de azúcar, banano, arroz, entre otros, los cuales requieren el uso intensivo de agroquímicos y conllevan la degradación progresiva de los suelos, la agricultura de pequeña escala – cuando se orienta desde un enfoque agroecológico – tiende a ser más respetuosa con el medioambiente siendo su impacto sobre los equilibrios de los ecosistemas mucho menor. Por lo tanto, y en consonancia con lo anterior, la explotación del entorno mediante actividades agropecuarias de pequeña escala puede identificarse como un enfoque sostenible de producción, que además contribuye con la seguridad y la soberanía alimentaria, por lo que deben tomarse las medidas necesarias para su fortalecimiento. En la actualidad, uno de los principales retos de estos sistemas de producción radica en la presencia de serios cuellos de botella en términos de infraestructura de poscosecha, acceso a tecnologías apropiadas, conexión con centros de consumo y apoyo institucional.

En este contexto, es apremiante repensar el rol estratégico de las actividades agropecuarias de pequeña escala en el éxito de las políticas de desarrollo rural, para ello, hay que redefinir estas actividades económicas no como un sector de la economía secundario que necesita asistencia social, sino como un eje económico central capaz de generar empleo, dar valor agregado, susceptible de innovación y sostenible.

4.2. Una perspectiva general de la producción pecuaria de pequeña escala en Colombia

La agricultura es una de las actividades humanas más antiguas y fundamentales para la supervivencia de la sociedad. De hecho, se asocia al origen mismo de esta al permitir establecer al ser humano en puntos geográficos específicos. Desde un punto de vista conceptual, la agricultura se define como el conjunto de prácticas y conocimientos direccionados al cultivo de la tierra para la producción de alimentos, fibras, materias primas y otros productos vegetales que satisfacen las necesidades básicas de la humanidad. En términos más amplios, la agricultura consiste en un proceso en el cual interaccionan el ser humano y la naturaleza, surgiendo como resultado de esta interacción cambios ecosistémicos direccionados a la generación de productos para satisfacer necesidades humanas.

Bajo este enfoque, es claro que la importancia de la agricultura debe analizarse desde diferentes dimensiones. Primero, desde una perspectiva económica, es una fuente crucial de empleo e ingresos, especialmente en zonas rurales. En países de bajos ingresos, como Colombia, una proporción significativa de la población depende directamente de la agricultura para su sustento. Además, la producción agrícola es la base de un gran número de cadenas productivas, por lo que es clave para el crecimiento económico y la estabilidad financiera de muchas regiones.

En segundo lugar, la agricultura es esencial para la seguridad alimentaria. Sin una producción agrícola estable, sostenible e interconectada, no es posible garantizar el abastecimiento de alimentos esenciales como arroz, maíz, trigo, papa, frutas y verduras. Por tanto, el fortalecimiento del sector agrícola es indispensable para garantizar la seguridad alimentaria, combatir el hambre y la

desnutrición, especialmente en contextos de crisis climática, conflictos o crisis económicas.

Tercero, desde una perspectiva sociológica, la agricultura desempeña un papel central en la identidad de muchos pueblos, especialmente de las comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes, cuyas formas de vida, saberes ancestrales y costumbres están estrechamente ligados al trabajo de la tierra. Así, la agricultura no solo produce alimentos, sino que también preserva tradiciones, promueve la cohesión comunitaria y transmite conocimientos intergeneracionales.

Por último, desde el punto de vista ecológico, la agricultura puede tener impactos tanto negativos como positivos. Mal manejada, puede contribuir a la deforestación, la erosión y degradación de los suelos, la pérdida de biodiversidad y la contaminación de las aguas. Sin embargo, cuando se practica de manera sostenible, la agricultura puede ser una estrategia de gran valor en la resiliencia de las comunidades frente al cambio climático, la conservación de los ecosistemas y la sostenibilidad ambiental.

Por otro lado, el término pecuario suele asignarse a la crianza de animales para su aprovechamiento económico en la seguridad alimentaria, sea de autoconsumo, de comercialización o ambas, aunque no se encuentra netamente limitada a este tipo de uso, es decir, es para todos los efectos un sinónimo de ganadería. Así, las actividades pecuarias o ganaderas deben entenderse como la crianza, manejo y aprovechamiento de animales domesticados con fines de producción, principalmente para la obtención de alimentos, pero también para la obtención de otro tipo de materias primas. La ganadería suele clasificarse como extensiva cuando los animales se crían en grandes espacios abiertos con menor intervención tecnológica, o intensiva

cuando se realiza en sistemas más controlados y tecnificados, con altas densidades de animales y productividad.

Al igual que la agricultura, la importancia de la ganadería es amplia y se manifiesta en diversas dimensiones, prácticamente genera los mismos impactos, roles e importancia. Por lo anterior, la ganadería puede entenderse como una forma de agricultura, solo que basada en el “cultivo” (i.e., producción) de animales para la satisfacción de necesidades humanas, lo cual es diferente a la caza, la cual, aunque también pueda proveer alimento y materias primas, no implica la intervención humana en el desarrollo del organismo. Hoy en día la actividad más importante de caza es la pesca marina; sin embargo, en muchos países en desarrollo, la pesca de agua dulce es también significativa. Otra diferencia relevante es el hecho de que el ganado no es un producto primario, por lo tanto, la agricultura hace en muchos casos parte subyacente del proceso pecuario para la generación de alimento vegetal (ver **Figura 4.1.**).

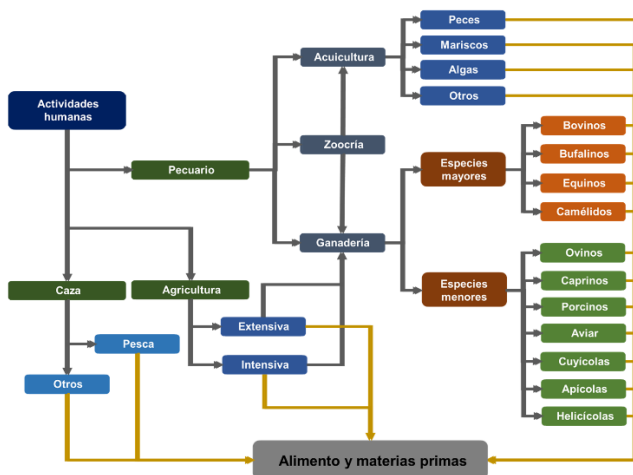


Figura 4.1. La actividad pecuaria y sus subsistemas de producción.

En aras de dar una idea general e introductoria, algunos datos recientes de la producción pecuaria en Colombia se muestran a continuación:

- De acuerdo con datos recientes, 2023, Colombia tenía una población bovina de aproximadamente 29.642.539 cabezas distribuidas en cerca de 620.807 predios y en un amplio espectro de departamentos.
- Para el mismo año, 2023, la población porcina superó los 9,6 millones de animales, de los cuales aproximadamente el 89,5 % corresponden a predios de producción comercial y tecnificada, y el resto a producción de traspatio. Al igual que la ganadería de bovinos, se encuentran distribuidos en un amplio rango de departamentos.
- En aves, sin discriminación por especie, se estima que hay más de 215 millones de aves asociadas a la producción pecuaria; la mayoría en predios tecnificados, aunque también hay una proporción apreciable en predios de traspatio.
- Por otro lado, la población de caprinos es de un poco más de 1,1 millones de ejemplares, los cuales se encuentran distribuidos mayoritariamente en algunos departamentos del Caribe como La Guajira, Cesar, Magdalena y otros.

Nótese que, el sector avícola es el más numeroso en términos de número de animales; sin embargo, el ganado bovino tiene gran peso en número de cabezas, inversión económica y peso contributivo al PIB; por otro lado, la ganadería porcina puede considerarse importante y con crecimiento; mientras que el caprino es más bien marginal, pero con presencia fuerte en algunas regiones. Otro tipo de ganadería, como la bufalina, equina y ovina, no es mencionado aquí; sin embargo, una descripción más completa se mostró en capítulos previos.

4.3. Producción pecuaria de pequeña escala en el departamento de Córdoba

Entre las características generales de la producción pecuaria de pequeña escala podemos citar: La implementación habitual de sistemas mixtos de producción, uso de extensiones de terreno relativamente pequeñas, con baja inversión tecnológica a nivel de infraestructura y de bajo capital de inversión. Además, muchas veces son sistemas autogestionados y mucho del conocimiento asociado con el proceso productivo es de tipo no formal, conocimiento heredado o transmitido mediante voz a voz.

A continuación, se presenta una descripción de las características generales de la producción bovina, porcina, avícola, ovina y caprina por ser las más comunes en la producción de pequeña escala bajo un enfoque de la agricultura familiar. Otros casos se presentan con una ocurrencia mucho más escasa, como lo es la producción equina a pequeña escala, o simplemente no se dan en este tipo de sistema de producción, como lo es la cría de búfalos.

4.3.1. Producción bovina de pequeña escala

La producción bovina de pequeña escala normalmente se caracteriza por sistemas de explotación extensivos o semiextensivos, con pastoreo natural (los animales se alimentan de vegetación disponible en praderas o potreros). Además, los animales suelen ser de razas criollas o mestizas, e incluso con cruzamientos con razas mejoradas, pero por lo general con un menor nivel de mejoramiento genético que el observado en explotaciones industriales. Es común que el ganado se emplee en sistemas de doble propósito, es decir, tanto para la producción de carne como de leche. Sin embargo, lo habitual es que la producción lechera no se emplee en procesos de industrialización o se

someta a un procesamiento significativo, observándose como una práctica común la venta de leche cruda mediante sistemas de distribución propia o a través de la comercialización en mercados locales. Otro ejercicio habitual es la transformación de la leche en otros productos como queso o suero tanto para la alimentación humana como para alimento animal.

En términos de la eficiencia reproductiva, bajo este sistema de producción los resultados no son óptimos. La reproducción es realizada de forma natural (monta), observándose intervalos de tiempo más largos de parto e incluso altas pérdidas de terneros, mortalidad y un cuidado veterinario limitado. En sí misma la producción a pequeña escala es completamente viable; sin embargo, para obtener adecuados rendimientos y, por tanto, ganancias, es claro que se requiere de una inversión apreciable, que en sentido más o menos general, es la principal debilidad de la producción bovina de pequeña escala en el departamento de Córdoba y muchos otros departamentos del país.

Por otro lado, la infraestructura, que incluye corrales, sombra, agua, transporte, zonas de pastos, posee claras limitaciones. Además, la alimentación puede ser un problema dependiendo de las características de la zona, muchas veces está basada en recursos forrajeros locales, residuos agrícolas o simplemente es deficiente, observándose que, comúnmente en familias con ingresos limitados, por lo que el ganado muestra un inadecuado desarrollo y síntomas de desnutrición.

En el caso específico de Córdoba, se sabe de la ocurrencia de la ganadería a pequeña escala; sin embargo, no se dispone de datos que soporten las observaciones sobre el terreno. Normalmente, son predios de producción pequeños con 5-10 o quizás 20 animales

aproximadamente. Los puntos de alimentación son escasos y no es de extrañar que el ganado se encuentre en zonas no apropiadas como lo son orillas de caminos y carreteras, además, no se dispone de registros detallados por municipios.

De acuerdo con datos del Banco de la República (2019), el hato de ganado bovino del departamento representa el 10 % del inventario ganadero nacional y el 30 % del regional. Asimismo, el departamento es un exportador neto de ganado bovino a otras regiones de Colombia. No obstante, si el aporte de Córdoba a la ganadería nacional se mide a partir de los datos de la Encuesta Anual Manufacturera, su participación en la producción bruta industrial dentro del sector es baja, siendo del orden del 5,4 %. Este dato deja entrever que la ganadería de Córdoba no ha logrado industrializar sus actividades, como si lo hicieron los empresarios de Antioquia, Valle, Atlántico y Bogotá. Datos más recientes hablan de una recuperación del sector. Así, por ejemplo, datos del 2024 indican que el departamento de Córdoba se consolida como líder nacional en el sector ganadero al contar con la mayor población de ganado bovino, bufalino, porcino, equino y ovino del país, destacándose la implementación de modelos productivos que reducen el impacto ambiental. Sin embargo, es importante resaltar que los datos, noticias y notas de difusión hacen referencia a la ganadería de escala y no de aquella llevada a cabo mediante agricultura familiar.

4.3.2. Producción avícola de pequeña escala

En la parte avícola, la producción mediante agricultura familiar es de gran diversidad, mientras que la de mayor escala se centra en la producción de gallinas o huevos; sin embargo, es claro que las gallinas son las aves de corral más comunes (ver **Figura 4.2.**).

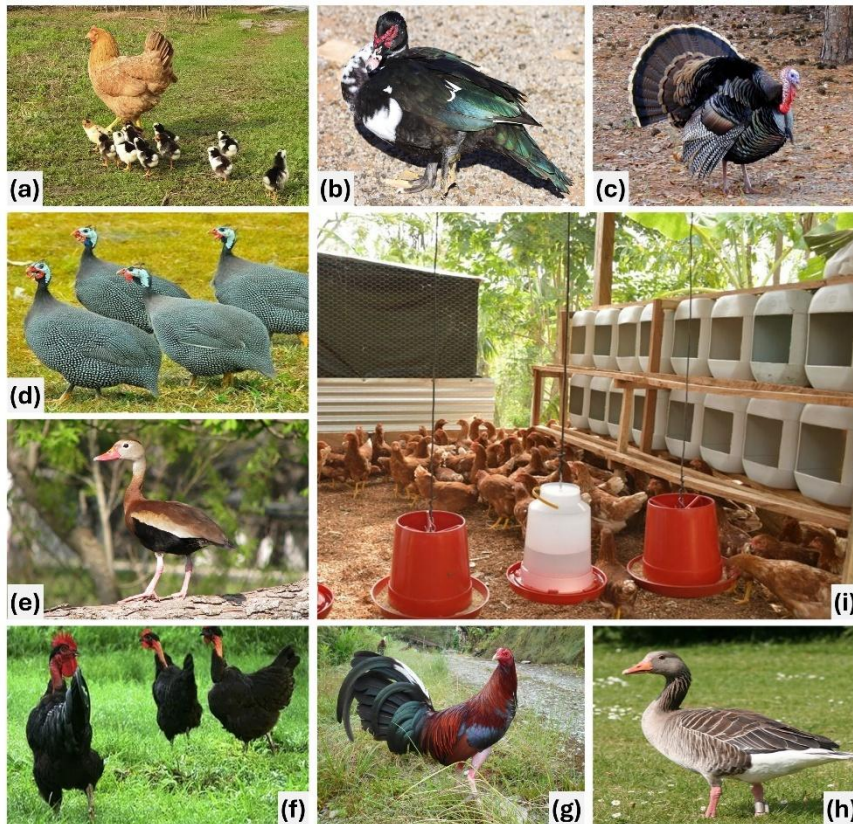


Figura 4.2. Diversidad de aves en sistemas de producción de baja escala: (a) gallinas (*Gallus gallus domesticus*), (b) patos (*Anas platyrhynchos*), (c) pavos (*Meleagris gallopavo*), (d) gallinas de guinea (*Numida meleagris*), (e) pisingo (*Dendrocygna autumnalis*), (f) gallina piroca o pescuezo pelao (*Gallus gallus* - raza), (g) gallo fino (*Gallus gallus* - raza), (h) ganso (*Anser anser*) y (i) ejemplo de un sistema de producción de gallina de pequeña escala del departamento de Córdoba con un grado de tecnificación medio.

El departamento de Córdoba tiene un alto potencial para la actividad avícola, siendo clasificado gran parte del territorio como de aptitud alta y media para avicultura. Es así como en la actualidad existen varias granjas tecnificadas tanto de engorde como de postura. Sin embargo, en términos de pequeña escala, es común que los productores avícolas no cuenten con ninguna certificación, baja o nula tecnificación y, en consecuencia, no es habitual que no se implementen niveles básicos de bioseguridad, incluso, carecen de registros sanitarios de predio avícola. En los sistemas con algún grado de tecnificación, es decir, más allá del ave de corral, se suelen observar lotes de decenas e incluso miles de aves, en casos de un enfoque de agricultura familiar, se destina muchas veces para el autoconsumo, por lo que la explotación comercial es escasa. En términos de infraestructura pueden identificarse en algunos casos galpones y un uso más o menos frecuente de concentrados comerciales. Sin embargo, la dieta mixta es usual y es principalmente de subproductos locales, forrajes, granos adquiridos localmente y residuos agrícolas. La principal debilidad, como se mencionó previamente, es la carencia de registros sanitarios, por lo que la producción es frecuentemente expuesta a enfermedades.

La comercialización es principalmente a nivel de mercados locales o a través de la venta directa al consumidor. La venta de animales vivos es común y el acceso a cadenas de refrigeración para el abastecimiento de mercados urbanos es limitado o prácticamente inexistente. La principal razón de esto es el hecho de que la comercialización formal exige el cumplimiento de regulaciones sanitarias. A esta escala de producción, existen varios retos como son el suministro adecuado de una alimentación adecuada que maximice los rendimientos, la mortalidad y el riesgo sanitario que limita los mercados, la financiación limitada, infraestructura deficiente, entre otros.

Dentro de sistemas productivos a mayor escala se destaca Aviter en el municipio de Ciénaga de Oro, el cual cuenta con certificación avícola biosegura ante el ICA, en Pueblo Nuevo, la granja Río-Aves Erasmus s.a.s., con 164.000 aves, igualmente con certificación de bioseguridad, y en Cereté se han realizado estudios de viabilidad para la creación de una planta de producción y comercialización de carne fresca de pollo.

4.3.3. Producción porcícola de pequeña escala

El departamento de Córdoba cuenta con un inventario porcino de más de 433.000 animales censados, lo que representa aproximadamente el 4 % del total nacional. Además, al igual que la ganadería bovina y avícola, el departamento muestra aptitud alta y media para la porcicultura. En términos medios, en Colombia la carne de cerdo es la tercera más consumida, después del pollo y la carne de res. Se ha estimado que el consumo de carne es de 13,5 kg de carne de cerdo/persona/año. Entre otras razones, es importante destacar que la carne de cerdo se ha mantenido como la de menor variación en su índice de precios, es decir, sus precios se vieron afectados mucho menos en comparación con otras carnes independientemente de los escenarios inflacionarios ocurridos en los últimos tres años (2022-2025).

Desde un enfoque de pequeña escala, la crianza de cerdo es relativamente fácil, por lo que la crianza doméstica, de traspatio (i.e., crianza con mínima infraestructura, alimentación heterogénea, uso de residuos orgánicos, alimentación casera, corrales simples), es común en las zonas rurales del departamento. Su destino va desde el autoconsumo, venta directa de su carne y comercialización mediante puntos de venta de animal en pie, mercados municipales, carnicerías, entre otros. También tiene lugar la crianza productiva/comercial, que sigue siendo de pequeña escala por los volúmenes de producción, pero

que se caracteriza por una mayor infraestructura (i.e., tienen galpones, corrales adecuados, manejo mejorado, parto, destete; posiblemente inseminación artificial o genética local mejorada; mayor control sobre factores sanitarios, alimentación).

Desde un punto de vista sanitario hay retos con enfermedades comunes, mortalidad infantil en lechones, control de parásitos, diarreas, mastitis en madres, afecciones respiratorias, entre otras. Los productores pequeños a veces no tienen fácil acceso a servicios veterinarios ni al cumplimiento de certificaciones sanitarias.

Un ejemplo es la enfermedad de Aujeszky, la cual es una enfermedad que afecta principalmente a los cerdos, aunque no es exclusiva de estos. Esta fue detectada en una granja en el sur del departamento de Córdoba este año. Debido a que su transmisión es por contacto directo entre los animales, su control primario es evitar su ingreso a las granjas. Su impacto sobre la producción es enorme, ya que puede producir pérdidas reproductivas, abortos, mortalidad total de lechones en la etapa de maternidad o trastornos respiratorios durante su desarrollo. El hecho de que la crianza de cerdo se dé a muy pequeña escala y dispersa dificulta su control. Otras enfermedades son la peste porcina clásica, el síndrome reproductivo respiratorio porcino, la diarrea epidémica porcina y la micoplasmosis porcina.

4.3.4. Producción caprina y ovina de pequeña escala

Como se mencionó en capítulos anteriores, la mayor población caprina y ovina del país se concentra en departamentos de La Guajira, Santander, Magdalena, Boyacá, Cesar y Córdoba. Esta ganadería se asocia principalmente a la tradición cultural y gastronómica en el país, por lo que su desarrollo ha sido tradicional y marcadamente regionalizado. Los lugares del país con mayor producción de caprinos

son la alta y media Guajira, caracterizados por un entorno desértico y semidesértico. Otro es el departamento de Santander, también caracterizado por un entorno árido, desértico, topografía muy quebrada, alta temperatura, humedad relativa muy baja, abundante material rocoso y vegetación propia de desierto con mucha espina, lugar donde los caprinos se han habituado. A nivel institucional, el departamento ha venido trabajando en los aspectos sanitarios, la transferencia de tecnología y la apropiación tecnológica por parte de los productores (ver **Figura 4.3.**).

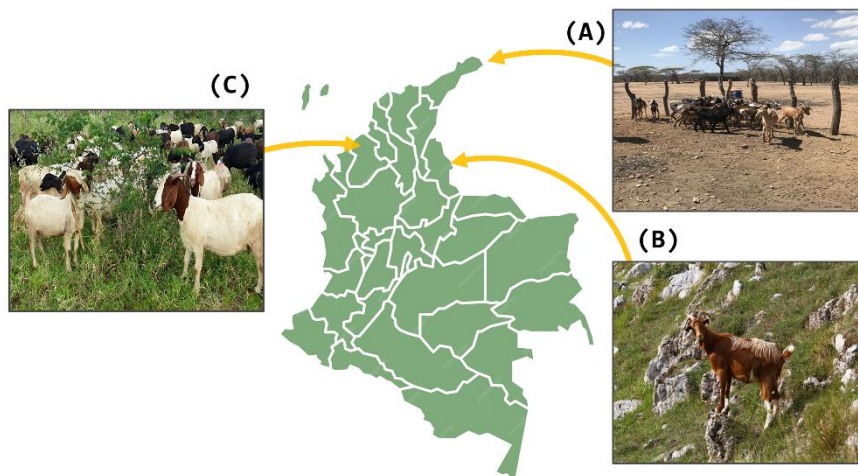


Figura 4.3. Ejemplificación de las diferentes características geográficas de departamentos con producción de caprinos: (A) árido y semidesértico, (B) semidesértico y escarpado, (C) llanuras aluviales con clima tropical.

Esta ganadería se desarrolla normalmente bajo tres enfoques, la crianza extensiva tradicional, en la cual ovejas y cabras pastan en suelos no necesariamente óptimos, se recurre a pastos nativos para su alimentación, lo que incluye arbustos, malezas, etc. Semiestabulado, normalmente cuando los pastos son escasos y se pretende el

resguardo de los animales durante períodos críticos, y al igual que la ganadería bovina, se usan sistemas de doble propósito direccionados a la producción de carne y leche. Desde el punto de vista sanitario, muchos productores tienen poco acceso a servicio veterinario y, por ende, el control sanitario es irregular. Su comercialización normalmente se direcciona al consumo local mediante ventas en mercados rurales, ferias, venta directa, actividades de sacrificio informal, entre otros.

En el departamento de Córdoba, se han identificado producciones de pequeña escala en los municipios de Cereté y Montería, observándose bajos niveles de tecnificación en productores pequeños, escasa suplementación nutricional, uso predominante de pastos locales, tiempos de engorde largos y un índice de conversión por debajo del óptimo esperado. Se estima que en al menos 13 municipios del departamento se encuentra una producción de ovinos y caprinos, de acuerdo con datos del 2023 del ICA, la gobernación de Córdoba y la Universidad de Córdoba. Sin embargo, se han identificado unidades productivas de ovinos en los municipios de Planeta Rica (Unidad productiva San Jorge con 36 animales), Sahagún (Unidad productiva La Esperanza con 36 animales), Ciénaga de Oro (Unidad productiva Las Palmas con 18 animales) y Chimá (Unidad productiva Galilea con 18 animales) (datos 2019 reportados por Agrosavia).

En relación con la producción de pequeña escala, algunas comparaciones entre las características productivas de la ganadería avícola, porcina y caprina/ovina se muestran en la **Tabla 4.1**. En esta comparación se excluye la ganadería bovina por sus características de producción ampliamente más tecnificadas, comúnmente de mayor escala y mucho más estudiadas. Además, debe tenerse en cuenta que la escala productiva varía dependiendo del tipo de ganadería, por ejemplo, 50 animales puede ser pequeña escala y producción de

traspasamiento en aves, pero en porcinos por el costo del animal y sus características puede ser, dependiendo del modo de producción, no considerada una producción intensiva o de una escala intermedia.

Tabla 4.1. Comparación de la ganadería avícola, porcina y caprina/ovina de pequeña escala.

Tipo	Ventajas en pequeña escala	Requerimientos y limitaciones
Avícola	<ul style="list-style-type: none"> ● Ciclos de producción rápidos. ● Retorno rápido de inversión. ● Alimentación eficiente. ● Permite uso de espacio reducido. ● Buen mercado local. ● Se pueden usar hortalizas para una alimentación complementaria. ● Huevos como fuente de proteína se producen de manera frecuente. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta sensibilidad sanitaria. ● Bioseguridad esencial. ● Clima caluroso impacta a las aves. ● Insumos especializados costosos. ● Competencia con avicultura industrial. ● Requerimiento de infraestructura adecuada para reducir mortalidad, los costos energéticos, la ventilación y la iluminación.
Porcina	<ul style="list-style-type: none"> ● Alta conversión alimenticia. ● La carne de cerdo posee una buena demanda. ● Permite el uso de residuos orgánicos/locales para la alimentación. ● Buen potencial de crecimiento en el departamento de Córdoba. ● Mayor valor por animal. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alimentación costosa. ● Enfermedades reproductivas y mayores exigencias sanitarias. ● Infraestructura para parto, maternidad, destete, drenaje, manejo de residuos (purines). ● Necesidad de inversión mayor que en la avicultura.

		<ul style="list-style-type: none"> ● Posee un ciclo productivo mayor que el de la cría de pollos.
Caprina/ovina	<ul style="list-style-type: none"> ● Adaptación a suelos marginales. ● Menor costo en alimentación (uso de pastos naturales/arbolado, arbustos). ● Diversidad de productos (carne, leche, fibra, piel). ● Menor inversión inicial. ● Animales rústicos. ● Complemento para ganadería bovina. ● Su producción es viable en zonas donde la cría de ganado bovino no es viable. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Rendimiento de carne/leche menor por animal comparado a otras especies. ● La reproductividad es más lenta. ● Es susceptible de enfermedades, pérdidas por mortalidad de crías y una nutrición deficiente. ● Presenta dificultad para comercializar productos lecheros/fibras/quesos. ● El transporte y sacrificio es formal y limitado. ● Los desarrollos en genética y selección se encuentran menos desarrolladas.

La cría de cabras y ovejas tiene varios retos a los que hacer frente, entre ellos la limitada tecnificación, la escasa infraestructura para la alimentación, sombra y agua, sus mercados son más exigentes en términos de calidad, presentación e inocuidad de la carne, el apoyo técnico es limitado y las mejoras genéticas son limitadas.

No obstante, a lo previamente expuesto, de acuerdo con datos de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) de Colombia, en el 2022 se produjeron 38.000 toneladas de carne de cordero (ovejas) y cabrito (cabras), las cuales fueron generadas por 110.000 productores de caprinos y ovinos en todo el país. Asimismo, se ha

establecido que esta cadena genera aproximadamente 110.000 empleos directos, y en el caso de la leche de cabra, la producción es de alrededor de 26.100 litros/día. Con base a lo anterior, es claro que este es un sector de la ganadería que, aunque menos fuerte y grande que la ganadería bovina, contribuye a la economía del país en regiones específicas.

4.4. Conclusiones

La ganadería porcina, avícola, caprina y ovina de pequeña escala en Córdoba tiene un gran potencial, aunque debe hacer frente a retos considerables. En general, las especies menores ofrecen ventajas en flexibilidad, escalabilidad, oportunidad de ingresos complementarios, satisfacción de demanda local y diversificación productiva, además, de ser un pilar fundamental para la alimentación y seguridad alimentaria del departamento. Córdoba, debido a su vocación ganadera y sus características geográficas y climáticas, se perfila como un departamento con aptitud para el desarrollo a mayor escala de estas cadenas productivas menores. Sin embargo, para que la pequeña escala mejore su contribución al desarrollo rural, es clave que las políticas y programas locales se orienten a cerrar las brechas técnicas, sanitarias y de mercado que hoy limitan a muchos productores.

Dentro de los aspectos que deben considerarse para el fortalecimiento de la ganadería de pequeña escala se resaltan, en el departamento de Córdoba, pero que es común en muchos lugares del país, se destacan: La necesidad de una mayor tecnificación de medianos productores con el fin de generar un efecto de arrastre para que los pequeños productores se fortalezcan. Se requiere de incentivos institucionales direccionados al fortalecimiento de estas cadenas productivas que posibiliten la adopción de innovaciones tecnológicas sencillas (por

ejemplo, mejora genética, suplementación, gestión nutricional, bioseguridad básica).

Finalmente, la demanda interna de proteína animal sigue creciendo, lo que genera posibilidades de mercado para la carne de cerdo, pollo, cordero/cabrito, huevos, leche caprina, etc. En consecuencia, el departamento de Córdoba tiene una ventaja geográfica (e.g., puertos del Caribe, vías de transporte, grandes extensiones de tierra) que lo hace idóneo para abastecer no solo su demanda local, sino también enviar productos hacia otras regiones.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Mindtech s.a.s., la Universidad del Valle, la Universidad de Córdoba y al Departamento Nacional de Planeación de Colombia a través del Sistema General de Regalías por los recursos suministrados en el marco del proyecto BPIN 2020000100261.

Referencias

Acevedo-Osorio Á., Santoyo-Sánchez J.S. La Agricultura Familiar frente al modelo extractivista de desarrollo rural en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 21 (2018). DOI: 10.15446/ga.v21n2supl.73925

Acevedo Osorio Á., Jiménez Reinales N., Fajardo Montaña D., León Sicard T., Cruz Suárez J.P., Clavijo Ponce N.L., Sánchez Gil H.M., Ruíz Pérez J., León Cuellar V., Aguilar Gómez T., García Álvarez M. de J., García Hoyos A.M., Cortés Lozano A.X., Báez Mojica C.E. *Agroecología: experiencias comunitarias para la agricultura familiar en Colombia*. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO; Editorial Universidad del Rosario (2019). DOI: 10.12804/tp9789587842326

Agronegocios.co / ProColombia. Oportunidad de crecimiento en carne de cerdo en Córdoba. Sala de Prensa ProColombia (2025). Consultada 2025.

AGROSAVIA; Universidad Nacional de Colombia; Universidad de La Salle; Asociación Nacional de Caprinocultores y Ovinocultores de Colombia. (2011). Guía técnica de producción ovina y caprina I. Aspectos favorables y desfavorables para la producción ovina y caprina. Agrosavia/Universidad Nacional de Colombia/Universidad La Salle.

AGROSAVIA; Universidad Nacional de Colombia; Universidad de La Salle; Asociación Nacional de Caprinocultores y Ovinocultores de Colombia. (2011). Guía técnica de producción ovina y caprina: VI productos. Agrosavia/Universidad Nacional de Colombia/Universidad La Salle.

AGROSAVIA; Universidad Nacional de Colombia; Universidad de La Salle; Asociación Nacional de Caprinocultores y Ovinocultores de Colombia. (2011). Guía técnica de producción ovina y caprina: IV. Aspectos de manejo y control nutricional y alimenticio. Agrosavia/Universidad Nacional de Colombia/Universidad La Salle.

ICA. El ICA y los productores de Córdoba aúnan esfuerzos para obtener una producción avícola con calidad. Noticias ICA. (2019), (consultada 2025).

Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. El ICA en Córdoba trabaja de manera articulada en pro de la sanidad de los ovinos y caprinos. Noticias ICA. (2023). Consultada 2025.

Martínez Daza M.A., Valencia Quecano L.I., Grillo Torres C.M., Benítez Urbano O.J., Agudelo López E. Family farming, administrative management and organisational development: The case of speciality coffee farmers, Cauca origin. Economía & Negocios, 4, 36-56 (2022). DOI: 10.33326/27086062.2022.2.1392

Mestra-Vargas L.I., Martínez-Reina A.M., Santana-Rodríguez M.O. Caracterización técnica y económica de la producción de carne ovina en Córdoba, Colombia. Agronomía Mesoamericana, 30, 871-884 (2019). DOI: 10.15517/am.v30i3.36931

Mestra-Vargas L.I., Martínez-Reina A.M., Santana-Rodríguez M.O. Caracterización de la canal de ovinos sacrificados en una planta frigorífica de Córdoba, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 33, 1-15 (2022). DOI: 10.15517/am.v33i1.44572

Ospina-Rivera O.F., Torres-Cruz M.Z., Grajales-Lombana H.A. Aplicación de un sistema de gestión del conocimiento en productores ovinos-caprinos en Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 27, e2788 (2024). DOI: 10.21897/rmvz.2788

Pardo-Romero A., Sandoval-Cáceres Y.P., Cruz-Castiblanco G.N. Características de la agricultura familiar de dos asociaciones de productores de frutas en Arbeláez, Cundinamarca, Colombia. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 3(2), 63-74 (2022). DOI: 10.55996/dekamuagropec.v3i2.101

UPRA. La UPRA presenta la zonificación de la cadena Ovino-Caprino en la Costa Caribe. Sala de Prensa UPRA (2022). Consultada 2025.

Rodríguez Bernal C.S., Forero Álvarez J. El impacto de los ingresos generados por la agricultura familiar en la superación de la pobreza de los campesinos colombianos. *Papel Político*, 26, 1-23 (2021). DOI: 10.11144/Javeriana.papo26.iiga

Semana. Córdoba busca consolidarse como potencia porcina en Colombia. *Semana Economía* (2025). Consultada 2025.



Mindtech s.a.s.

Es una empresa de investigación y desarrollo tecnológico, en ingeniería, ciencia de datos, ciencias fundamentales como la química y la microbiología, agricultura, acuicultura y desarrollo rural, desarrollo sostenible, ciencia de los materiales, ciencias ambientales, agronomía y desarrollo rural, ciencias analíticas aplicadas a problemas científicos, industriales y sociales, entre otras.

Cuenta con un grupo de investigación reconocido por el Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación de Colombia, Mindtech Research Group, ha liderado proyectos a nivel nacional de investigación básica y aplicada, desarrollo tecnológico e innovación. Ha sido la cofundadora de la iniciativa AFICAT que converge en la actualidad a diversas instituciones públicas y privadas a nivel nacional, contribuido con la formación de capital humano a nivel posdoctoral, doctoral, maestría y pregrado.

www.mindtech.com.co

