MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA
GOBIERNO DE COSTA RICA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

INSTITUTO COSTARRICENSE DE PESCA Y ACUICULTURA

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN

DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO



BUENAS PRÁCTICAS EN GANADERÍA SOSTENIBLE

NAMA GANADERÍA

Elaborada en el marco de:

TRANSFORMA-INNOVA

COFINANCIADO POR:

Unión Europea

Por encargo de:
Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección del Clima, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

IMPLEMENTADO POR:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

CATIE

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL Costa Rica

CRUSA

FUNBAM

PNUD

Créditos:

Publicado por: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Domicilio de la sociedad: Bonn y Eschborn, Alemania

Agencia San José, Costa Rica
Tel: +506 2520 1535
www.giz.de

Programa TRANSFORMA-INNOVA
Versión no.1
Junio, 2026

Esta publicación es propiedad del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) del Gobierno de Costa Rica y fue desarrollado por Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en el marco del Programa TRANSFORMA-INNOVA.

Autores
Cristóbal Villanueva, coordinador CATIE
Andrés Vega – CATIE
Mabel Arcos – CATIE
Laura Zamora – CATIE
Enrique Valenciano – CATIE

Revisión:
Jorge Segura – MAG
Hans Herz – GIZ
Diana Ramírez – GIZ
Valeria Zumbado – GIZ
Andrés Méndez - GIZ

Diseño:
Óscar Rosabal Ross

Elaborada en el marco de:

TRANSFORMA-INNOVA

EN COORDINACIÓN CON:

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA GOBIERNO DE COSTA RICA | MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA | INSTITUTO COSTARRICENSE DE PESCA Y ACUICULTURA | SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN | DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

COFINANCIADO POR:

Unión Europea

Por encargo de:
Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección del Clima, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear
de la República Federal de Alemania

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

IMPLEMENTADO POR:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

CATIE Solutions for the Inclusive Green Development / Soluciones para el Desarrollo Verde Inclusivo

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL Costa Rica

CRUSA

FUNBAM

PNUD



TRANSFORMA-INNOVA

“El Programa TRANSFORMA-INNOVA es co-financiado por la Unión Europea junto al Ministerio de Medio Ambiente, Acción Climática, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMUKN) de Alemania, a través de la Iniciativa Climática Internacional (IKI). El programa es implementado por la Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Conservación Internacional Costa Rica (CI-CR), Fundación Costa Rica - Estados Unidos para la Cooperación (CRUSA), Fundación Banco Ambiental (FUNBAM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).”

Índice

Siglas **2**
Introducción **4**
Infografía de beneficios de las buenas prácticas **6**

1. Pastoreo racional **8**
a. Descripción de la práctica: 8
b. Beneficios 8

2. Pasturas en asocio con leguminosas herbáceas **13**
a. Descripción de la práctica 13
b. Beneficios 14

3. Cercas vivas **17**
a) Descripción de la práctica 17
b) Beneficios 19

4. Árboles dispersos en potreros **21**
a) Descripción de la práctica 21
b) Beneficios 21

5. Bancos forrajeros **25**
a) Descripción de la práctica 25
b) Beneficios 25

6. Manejo integral del estiércol: **29**
a) Descripción de la práctica 29
b) Beneficios 29

7. Ensilaje **31**
a) Descripción de la práctica 31
b) Beneficios 31

8. La yuca como alternativa para ganadería sostenible **33**
a) Descripción de la práctica 33
b) Beneficios 35

9. Uso eficiente de la energía en fincas y plantas de procesamiento **37**
a) Descripción de la práctica 37
b) Beneficios: 37

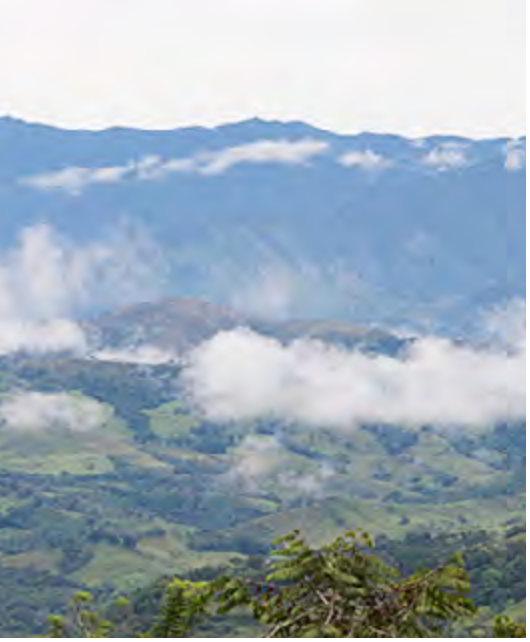
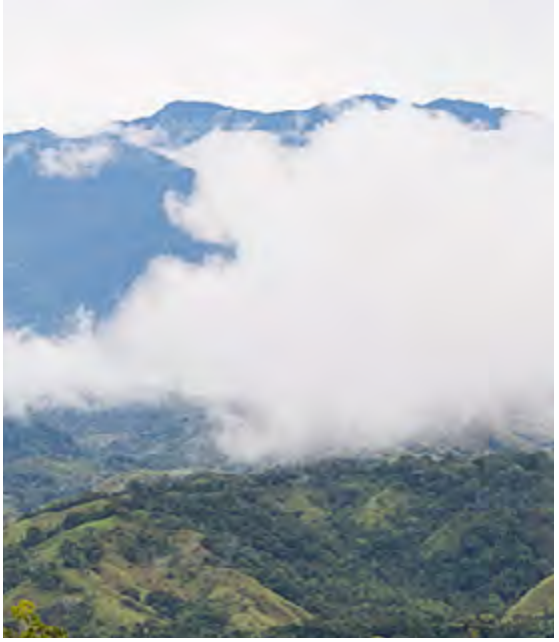
10. Cosecha de almacenamiento de agua **40**
a) Descripción de la práctica 40
b) Beneficios 41

11. Manejo y uso racional del agua en plantas de procesamiento **45**
a) Descripción de la práctica 45
b) Beneficios 47

12. Otros documentos de interés **51**

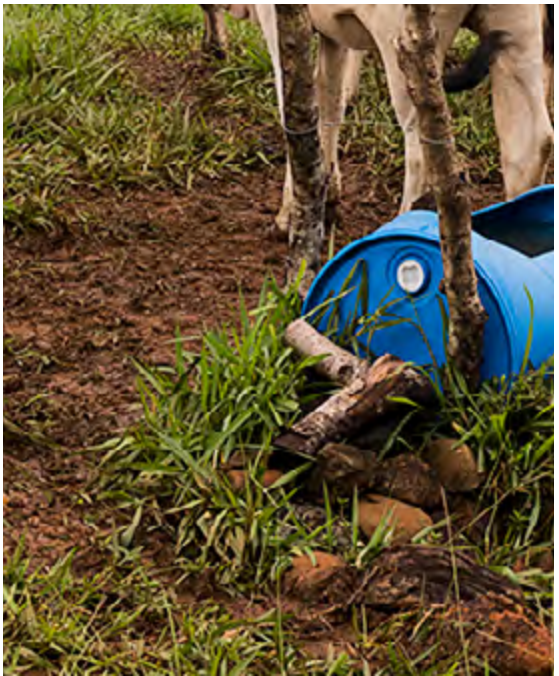
Siglas

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIAT	Centro Interamericano de Administraciones Tributarias
COLANTA	Cooperativa Lechera de Antioquia
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FLAR	Fondo Latinoamericano de Reservas
GEI	Gases de efecto invernadero
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
IPPC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
NAMA	Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropiadas
NDC	Contribución Nacionalmente Determinada
PR	Pastoreo racional
PIB	Producto Interno Bruto
POC	Punto Óptimo de Cosecha
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria
SSP	Sistemas Silvopastoriles
SST	Sólidos Suspendidos Totales
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional








Introducción

¿Qué son las buenas prácticas en ganadería?

Las buenas prácticas en ganadería son un conjunto de técnicas de manejo validadas científicamente que permiten producir carne y leche de manera más eficiente, rentable y respetuosa con el ambiente. No son recetas únicas: son herramientas adaptables a cada finca, cada clima y cada productor.

En el marco de la NAMA Ganadería y del Programa TRANSFORMA INNOVA, estas prácticas han sido sistematizadas en 11 fichas técnicas que cubren desde el manejo de pasturas y la alimentación animal, hasta el uso eficiente del agua y la energía en finca y en plantas de procesamiento. Cada ficha documenta la evidencia disponible, los beneficios ambientales y económicos, y casos reales de aplicación en Costa Rica.

¿Por qué son importantes?

La ganadería es uno de los pilares de la economía costarricense: aporta cerca del 10% del PIB agropecuario y genera más de 200.000 empleos directos. Al mismo tiempo, es un sector expuesto a los efectos del cambio climático — sequías, variabilidad en la producción de forraje, estrés calórico— y es fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Adoptar buenas prácticas no es solo un compromiso ambiental: es una decisión estratégica para que la ganadería costarricense sea competitiva, sostenible y viable a largo plazo. Actualmente, más de 4000 fincas y 190.000 hectáreas en el país operan bajo este modelo, demostrando que producir más y mitigar las emisiones.

¿Cuál es su impacto?



Ambiental

Gestión integral del metano entérico, captura de carbono en suelos y cercas vivas, protección de agua y biodiversidad.



Económico

Hasta 100% más producción de leche, doble de carga animal, menor gasto en fertilizantes y concentrados.



Climático

Mayor resiliencia ante sequías: suelos con más materia orgánica retienen agua y sostienen la producción en épocas críticas.



Social

Empleo rural estable, seguridad alimentaria, acceso a mercados diferenciados y reconocimiento de servicios ambientales.

¿Por qué impulsar estas prácticas?

El Programa TRANSFORMA INNOVA acompaña al gobierno de Costa Rica en el impulso a una ganadería sostenible porque reconoce que la transición a sistemas productivos bajos en carbono requiere más que voluntad: requiere conocimiento accesible, acompañamiento técnico y evidencia que respalde cada decisión. Estas fichas técnicas son la respuesta concreta a esa necesidad.

Al sistematizar y difundir las buenas prácticas de la NAMA Ganadería, se busca:

- Brindar a personas productoras y técnicas herramientas prácticas y validadas para mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de sus fincas.
- Acelerar la adopción de prácticas que mitigann GEI, en línea con los compromisos climáticos de Costa Rica (NDC y carbono neutralidad).
- Posicionar a Costa Rica como referente regional en ganadería baja en carbono, abriendo oportunidades de mercado y financiamiento climático.
- Demostrar —con datos reales de fincas costarricenses— que la ganadería sostenible es rentable, replicable y escalable.



A continuación, se presenta un resumen de las fichas técnicas de cada una de estas prácticas, además pueden encontrar el detalle de cada práctica, su implementación y los resultados documentados en los links de cada una. **Le invitamos a explorarlas.**

Figura 1. Prácticas doumentadas en las fichas técnicas.

Infografía de beneficios de las buenas prácticas

BENEFICIOS BASE



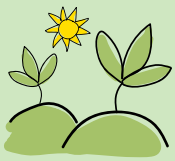
MITIGACIÓN DE GEI



SOSTENIBILIDAD SOCIOECONÓMICA



RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO



CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

BENEFICIOS ADICIONALES



CONSERVACIÓN DEL AGUA



ELEMENTOS DE MERCADEO



CONSERVACIÓN DEL SUELO



SEGURIDAD ALIMENTARIA



SALUD PÚBLICA

Tabla de beneficios por práctica

#	Buena práctica	Actividad	Beneficios		
			★☆☆	★★☆	★★★
1	Pastoreo racional	Ganadería	• Elementos de mercado • Salud pública	• Mitigación de GEI • Conservación de la biodiversidad • Conservación del agua	• Conservación de suelo • Resiliencia al cambio climático • Sostenibilidad socioeconómica
2	Pasturas en asocio con leguminosas herbáceas	Ganadería	• Conservación de suelo	• Mitigación de GEI • Resiliencia al cambio climático	• Conservación de la biodiversidad • Sostenibilidad económica
3	Cercas vivas	Ganadería	• Seguridad alimentaria	• Conservación del suelo • Conservación del agua	• Resiliencia al cambio climático • Conservación de la biodiversidad • Mitigación de GEI
4	Árboles dispersos en potrero	Ganadería	• Seguridad alimentaria	• Conservación del suelo • Conservación del agua	• Resiliencia al cambio climático • Conservación de la biodiversidad • Mitigación de GEI
5	Banco forrajero	Ganadería	• Conservación del agua • Seguridad alimentaria	• Mitigación de GEI • Conservación de la biodiversidad	• Resiliencia al cambio climático • Conservación del suelo • Sostenibilidad socioeconómica
6	Manejo integral del estiércol	Ganadería	• Seguridad alimentaria • Sostenibilidad socio económica • Salud pública	• Conservación del agua • Conservación de la biodiversidad • Aumento o sostenibilidad de la producción	• Conservación del suelo • Mitigación de GEI • Resiliencia al cambio climático
7	Ensilaje	Ganadería	• Conservación del agua • Mitigación de GEI	• Conservación del suelo • Sostenibilidad socio económica	• Resiliencia al cambio climático • Seguridad alimentaria
8	Uso de yuca industrial para la alimentación animal bovina	Ganadería	• Salud pública • Conservación de la biodiversidad • Elementos de mercadeo	• Conservación del agua • Reducción de GEI • Conservación del suelo	• Seguridad alimentaria • Sostenibilidad socio económica • Resiliencia al cambio climático
9	Uso eficiente de energía en fincas y plantas de procesamiento	Ganadería	• Conservación de la biodiversidad • Seguridad alimentaria	• Resiliencia al cambio climático • Elementos de mercadeo	• Mitigación de GEI • Sostenibilidad socio económica
10	Cosecha, almacenamiento y uso eficiente del agua	Ganadería	• Reducción de GEI • Salud pública • Conservación del suelo	• Seguridad alimentaria • Conservación de la biodiversidad	• Resiliencia al cambio climático • Conservación del agua • Alimento o sostenibilidad de la producción
11	Manejo y uso racional del agua en plantas de procesamiento		• Mitigación de GEI • Salud pública	• Resiliencia al cambio climático • Conservación de la biodiversidad	• Sostenibilidad socio económica • Conservación del agua



1. Pastoreo racional

a. Descripción de la práctica:

El pastoreo racional (PR) se define como la más avanzada y eficiente técnica de manejo de los pastos, basada en armonizar los principios de la fisiología vegetal con las necesidades de los animales, con un mejoramiento creciente de los suelos a través de procesos bióticos, todo esto bajo la intervención del hombre (Rúa, 2015) y nace de la búsqueda por optimizar el uso de recursos y las investigaciones desarrolladas por el fisicoquímico francés André Marcel Voisin.

El PR toma en cuenta la fisiología vegetal, es decir, la relación entre la planta comestible por los animales herbívoros y el suelo, los animales, el clima y demás condiciones del ambiente, el ecosistema del que hacen parte, y en general de todos los factores que influyen y que modifican el desempeño de estas plantas (pastos y forrajes), de tal manera que armoniza esa fisiología vegetal con las necesidades en calidad y cantidad de forraje que demanda la ganadería (rumiantes; Rúa, 2015).

La mayor diferencia del PR con otros sistemas de pastoreo radica en la participación del ser humano como aquel que debe intervenir, controlando y administrando racionalmente toda esta oferta ambiental y todos estos recursos, para beneficio de personas y ecosistemas.

En Costa Rica para 2026, las fincas NAMA Ganadería reportaban 190.000 ha bajo pastoreo racional, con una cantidad cercada a 4000 fincas; para que una finca ganadera sea considerada como una finca NAMA, debe implementar pastoreo racional como técnica principal, seguido del resto de técnicas detalladas en el plan de finca (Segura, 2024).

b. Beneficios

En la figura 2 se esquematizan los principales beneficios ambientales y socioeconómicos que brinda la implementación del pastoreo racional a las fincas ganaderas.

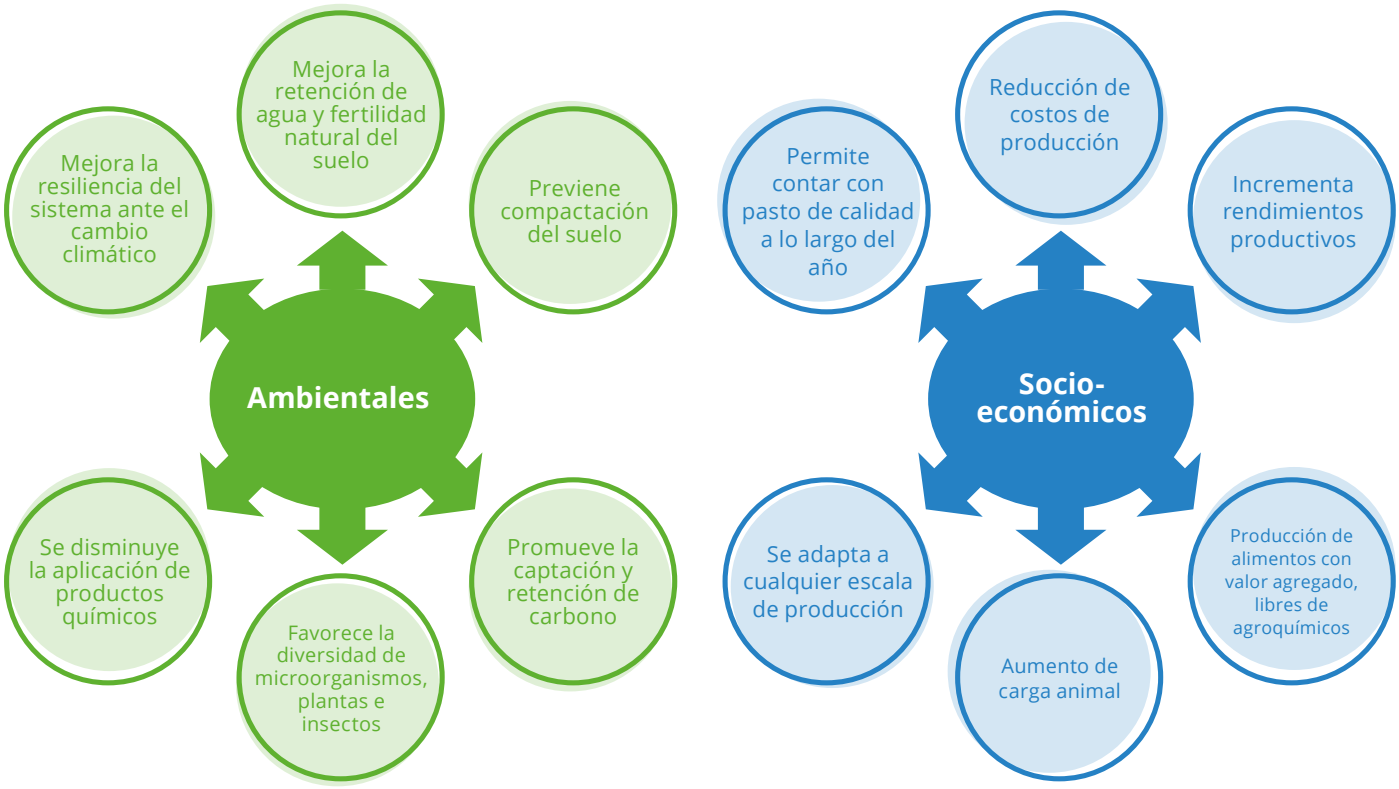


Figura 2. Esquema de beneficios ambientales y socioeconómicos del pastoreo racional.

1. Mitigación de gases de efecto invernadero

El pastoreo racional permite integrar al ganado dentro de un sistema que no solo emite, sino que también captura carbono. A través de una adecuada carga animal y de los ciclos de ocupación y descanso, se favorece la regeneración de las pasturas y la incorporación de materia orgánica al suelo, activando procesos naturales de secuestro de carbono. Esto mejora la fertilidad del suelo, reduce la erosión y disminuye la necesidad de fertilizantes químicos, lo que a su vez limita emisiones de gases como el óxido nitroso. Además, al manejar el pasto en su punto óptimo, se incrementa su digestibilidad y se reduce la producción de metano entérico. En conjunto, estas prácticas pueden incluso generar balances positivos, donde la captura de carbono supera las emisiones del sistema.

2. Resiliencia al cambio climático

El incremento de la materia orgánica en el suelo mejora su capacidad de retener agua, lo que permite a las pasturas resistir mejor los períodos de sequía y mantener una producción más estable durante el año. El pastoreo racional evita el sobrepastoreo al respetar los tiempos de recuperación de las plantas, lo que favorece una mayor cobertura vegetal, protege el suelo y optimiza el ciclo del agua. Experiencias en campo han demostrado aumentos significativos en la disponibilidad de pasto incluso en épocas críticas, fortaleciendo la capacidad de adaptación de los sistemas ganaderos frente a variabilidad climática.

3. Conservación de la biodiversidad

Este sistema promueve una mayor diversidad biológica al manejar el pastoreo de forma intensiva pero controlada, reduciendo la selección de especies por parte del ganado y mejorando la distribución de nutrientes en el suelo. Esto favorece el desarrollo de una amplia variedad de plantas, microorganismos e insectos, contribuyendo a un equilibrio ecológico más estable. Además, el pastoreo racional puede integrarse con sistemas silvopastoriles, fortaleciendo corredores biológicos y promoviendo la conservación de fauna y flora en los paisajes productivos.

4. Sostenibilidad socioeconómica

El aumento en la producción de biomasa permite incrementar la carga animal por hectárea, lo que se traduce en mayores niveles de producción e ingresos. Experiencias en países como Costa Rica muestran incrementos significativos en la producción de leche y mejoras en la rentabilidad. Al mismo tiempo, la reducción en el uso de insumos externos como fertilizantes, combustibles y maquinaria disminuye los costos operativos. Esto genera sistemas más eficientes, rentables y resilientes frente a cambios económicos o climáticos, favoreciendo además el desarrollo rural y la generación de empleo.

Finca	Finca La Quinua, Turrubares de San José. Sistema doble propósito		Finca San Antonio, Pejibaye de Pérez Zeledón. Sistema cría y doble propósito	
Parámetro	**Antes de PR**	**18 meses con PR**	**Inicio de PR**	**2 años con PR**
Carga animal (UA/ha)	1,4	2,8	1,3	2,0
Número de vientres	30	58	79	105
Intervalo Entre Partos (meses)	19,4	16	-	-
Producción leche (kg/hato/día)	147	305	-	-
Relación beneficio/costo	-	-	2,64	3,62
Rentabilidad (%)	-	-	164	262

Fuente: Adaptado de Pezo (2018)

Cuadro 1. Efecto del manejo bajo pastoreo racional sobre parámetros productivos, reproductivos y económicos de dos fincas ganaderas de Costa Rica.

5. Otros beneficios

5.1. Salud pública

El pastoreo racional contribuye a la producción de alimentos más limpios, con menor uso de agroquímicos y mejores características nutricionales, como menor contenido de colesterol y mayor presencia de compuestos beneficiosos para la salud.

5.2. Elementos de mercadeo

Este enfoque permite diferenciar productos ganaderos al incorporar atributos como menor huella de carbono, mejor calidad nutricional y altos estándares de bienestar animal. Además, abre oportunidades para comercializar servicios ambientales, posicionando a la ganadería como parte de la solución frente a los desafíos ambientales actuales.

5.3. Conservación del agua

El mejoramiento de la estructura del suelo y el aumento de la materia orgánica favorecen la retención e infiltración de agua. Asimismo, prácticas como el uso de bebederos y la delimitación de áreas evitan que el ganado acceda directamente a fuentes naturales, reduciendo su contaminación y protegiendo ecosistemas asociados.

5.4. Conservación del suelo

El manejo adecuado de las pasturas promueve la actividad biológica del suelo, mejora su estructura y aumenta su fertilidad a lo largo del tiempo. La diversidad microbiana regula procesos clave como el ciclo de nutrientes y la captura de carbono, contribuyendo a su conservación. Evidencias muestran incrementos importantes en carbono orgánico y nutrientes en suelos manejados bajo este sistema, en comparación con el pastoreo tradicional.

En el cuadro 4 se aprecia el efecto del pastoreo racional sobre las condiciones fisicoquímicas del suelo. Ojeda et al. (2014) obtuvieron resultados similares en un sistema con PR de 18 años de implementado, mostrando un incremento del 58% y 26% para carbono orgánico y N total respectivamente en comparación al sistema de pastoreo tradicional.

Parámetro	Antes de PR	14 meses con PR
Densidad aparente (g/cm^3)	1.118	1.042
Nitrógeno Total (%)	0.258	0.340
Fósforo disponible (mg/kg)	0.188	0.143
Potasio disponible (cmol(+)/kg)	0.862	1.585
Materia Orgánica (%)	4.917	5.991
Carbono orgánico (%)	2.852	3.476
Conductividad eléctrica (dS/m) *	0.325	0.350

*dS= deciSiemens por metro

Fuente: Adaptado de Bautista et al. (2022)

Cuadro 2. Efecto del pastoreo racional sobre las condiciones fisicoquímicas del suelo.

Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre pastoreo racional



2. Pasturas en asocio con leguminosas herbáceas

a. Descripción de la práctica

Las leguminosas constituyen un grupo de plantas fácilmente reconocible por sus frutos en forma de vaina, que suelen albergar varias semillas, y por sus flores vistosas de tonos amarillos, violáceos o rojos, con una estructura característica de cinco pétalos dispuestos de manera irregular. Su raíz pivotante alberga nódulos donde bacterias del género Rhizobium fijan nitrógeno atmosférico, lo que les confiere un papel clave en la fertilidad del suelo. Su diversidad morfológica es amplia: pueden ser herbáceas, rastreras, trepadoras, erectas o incluso arbustivas (Villareal, 1990).

Más allá de sus características botánicas, las leguminosas cumplen funciones esenciales en los sistemas ganaderos. No solo mejoran la calidad nutricional de la dieta animal, sino que también aportan nitrógeno al sistema, razón por la cual resulta estratégico promover su presencia en las pasturas (Sevillal y Fernández, 1991). Con cerca de 748 géneros y unas 19.700 especies distribuidas en distintos ecosistemas, predominan en regiones tropicales y muestran una notable capacidad de adaptación a condiciones adversas como altas temperaturas, precipitaciones extremas y suelos de baja fertilidad. Esta resiliencia, junto con su aporte proteico de bajo costo, las convierte en un recurso valioso para la alimentación animal (Sánchez, 2001).

En este contexto, la asociación entre gramíneas y leguminosas se entiende como una relación armónica y equilibrada entre especies que puede darse tanto con plantas nativas como con especies introducidas previamente evaluadas (Sánchez, 2001). Esta combinación permite aprovechar las fortalezas de cada grupo: las gramíneas aportan volumen constante de forraje, contribuyen a la estructura del suelo y se adaptan a diversas condiciones sin generar problemas de meteorismo; mientras que las leguminosas enriquecen la dieta con proteína y minerales, mejoran la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno y aumentan la palatabilidad del

pasto. Aunque existe el riesgo de meteorismo asociado a las leguminosas, este puede manejarse adecuadamente con un balance en su consumo (Calistro, 2015).

Entre las especies introducidas destaca el maní forrajero Arachis pintoi, ampliamente utilizado en asociación con pasturas debido a su buena adaptación al pastoreo y su tolerancia moderada a la sombra. En Costa Rica se han documentado varias de sus ventajas, como su crecimiento rastrero que evita la defoliación completa en sistemas intensivos, su longevidad y su capacidad de producir semillas subterráneas que forman bancos en el suelo. Estas características favorecen su persistencia y su capacidad de cobertura, consolidándolo como una opción estratégica en sistemas ganaderos sostenibles (Pezo e Ibrahim, 1999)

b. Beneficios

1. Mitigación de GEI

Las leguminosas contribuyen significativamente a la mitigación de gases de efecto invernadero gracias a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante una simbiosis con bacterias del género Rhizobium. Este proceso reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos, disminuyendo así las emisiones asociadas, especialmente de N_2O (Sánchez, 2001; Ibrahim, 1994).

Además, la fijación biológica de nitrógeno es autorregulada, lo que mejora la eficiencia en el uso de este nutriente y reduce pérdidas (Phelan et al., 2015, citado por Milano, 2018).

La incorporación de leguminosas en pasturas también favorece el secuestro de carbono en el suelo y aumenta la productividad del sistema, permitiendo producir más en menos área y reduciendo la presión sobre nuevos terrenos. A su vez, la mejor calidad del forraje incrementa la eficiencia digestiva de los rumiantes, reduciendo emisiones de metano. Incluso compuestos como los taninos, presentes en bajas concentraciones, pueden contribuir a disminuir la producción de metano y mejorar el ciclo de nutrientes (Milano, 2018).

2. Resiliencia al cambio climático

Las asociaciones entre gramíneas y leguminosas fortalecen la resiliencia de los sistemas ganaderos al incrementar la materia orgánica del suelo, lo que mejora la retención de humedad y la tolerancia a periodos de sequía. Algunas especies, como Arachis pintoi, destacan por su alta adaptabilidad y capacidad de recuperación frente a eventos climáticos extremos (Ibrahim, 1994). Estas asociaciones también mejoran la calidad nutricional del forraje, aumentando la eficiencia productiva a lo largo del tiempo (Pezo e Ibrahim, 1994).

En términos funcionales, aportan nitrógeno al sistema reduciendo la dependencia de insumos externos; incrementan la calidad del forraje mediante mayores contenidos de proteína y minerales; y elevan la producción de biomasa, lo que permite sostener mayores cargas animales. En conjunto, estos factores favorecen sistemas más estables frente a la variabilidad climática (Rojas et al., 2005).

3. Conservación de la biodiversidad

El uso de asociaciones promueve la biodiversidad al mejorar las condiciones del suelo y generar hábitats más favorables para diversos organismos. La mayor cobertura vegetal contribuye a regular el microclima del suelo, favoreciendo la actividad biológica y aumentando la materia orgánica, lo que incrementa la presencia de lombrices y otros organismos beneficiosos (Pezo e Ibrahim, 1994). Asimismo, estas asociaciones crean entornos que albergan una mayor diversidad de especies, contribuyendo al equilibrio ecológico y a la sostenibilidad de los sistemas productivos (Milano, 2018; Herrada et al., 2016).

4. Sostenibilidad socioeconómica

Desde una perspectiva productiva, las asociaciones gramínea-leguminosa permiten un uso más eficiente y complementario de los recursos, generando mayores rendimientos de forraje que los monocultivos (Milano, 2018).

La inclusión de leguminosas mejora la producción de leche y carne, así como la eficiencia reproductiva, debido a su alto valor nutricional, especialmente en proteína y minerales (Sánchez, 2001). Esto se traduce en menores costos por reducción de insumos y mayores ingresos por incremento en la productividad.

Experiencias con Arachis pintoi muestran aumentos significativos en la producción de leche y carne, además de beneficios en la fertilidad del suelo (Pezo e Ibrahim, 1999; Rincón y Villalobos, 2021). También se evidencian mejoras en la salud animal y en la calidad de productos como leche y carne, así como una mayor disponibilidad y calidad de forraje durante todo el año (González, 1992).

5. Otros

5.1. Conservación del suelo

Las leguminosas desempeñan un papel clave en la conservación del suelo al mejorar su fertilidad de manera natural mediante la fijación de nitrógeno (Sánchez, 2001). Además, contribuyen a mejorar propiedades físicas como la estructura, la infiltración y la densidad aparente, gracias al aporte de materia orgánica de alta calidad (Roncedo y Pérez, 2005). En particular, las leguminosas rastreras ayudan a reducir la erosión y el crecimiento de malezas al cubrir el suelo, protegiéndolo del impacto de la lluvia y la escorrentía (Nieuwenhuyse et al., 2008).

5.2. Estudio de caso: Finca El Tonka de Tulin

La experiencia de la finca El Tonka de Tulin evidencia la viabilidad y sostenibilidad de las asociaciones entre gramíneas y leguminosas en sistemas ganaderos. A lo largo de varias décadas, el uso de kudzu ha permitido mejorar la alimentación del ganado, incrementar la fertilidad del suelo y conservar los recursos naturales a bajo costo.

La facilidad de reproducción de la leguminosa y su buena aceptación por los animales han sido claves para mantener el sistema en el tiempo. Además, se han observado beneficios como una mayor eficiencia productiva, reducción en el uso de fertilizantes, mejor adaptación a condiciones de sombra, mejora en la estructura del suelo y disminución de la erosión, consolidando este modelo como una alternativa efectiva para la ganadería sostenible.



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre pasturas en asocio con leguminosas herbáceas





3. Cercas vivas

a. Descripción de la práctica

Las cercas vivas constituyen una práctica ampliamente difundida en los sistemas agropecuarios, basada en el establecimiento de líneas de árboles, arbustos o palmas que delimitan linderos, potreros o áreas de uso dentro de la finca. Más allá de su función básica de división, estas estructuras funcionan como soportes para alambres —ya sean de púas, lisos o eléctricos— y se caracterizan por el uso de postes vivos que son podados periódicamente para su mantenimiento (Budowsky, 1987; Russo, 2016).

En su estructura, las cercas vivas combinan dos elementos principales: las especies leñosas y el sistema de alambre que restringe o controla el acceso. Pueden estar formadas únicamente por árboles o arbustos, o bien integrarse con postes muertos, dependiendo de las condiciones y decisiones de manejo. En la actualidad, las cercas eléctricas han ganado popularidad por su eficiencia y practicidad, y especialmente por su relación de costo/beneficio y practicidad en la planificación del pastoreo.

Estas cercas se encuentran en una amplia diversidad de contextos biofísicos y culturales, adaptándose a distintos tipos de suelo, climas y sistemas productivos. Además, son una herramienta para los productores que buscan incorporar árboles en sus fincas, contribuyendo a la arborización y a la sostenibilidad de los sistemas productivos (MAG, 2010).

Reconocidas como una buena práctica en ganadería sostenible, las cercas vivas forman parte de sistemas agroforestales o silvopastoriles de tipo lineal, cumpliendo un papel clave en la organización de la finca y complementando otras tecnologías sostenibles (Russo, 2016; Botero y Russo, 2016). Su adopción se ve favorecida por el conocimiento empírico que las y los productores ya poseen sobre ellas, así como por su favorable relación costo-beneficio, lo que facilita su implementación y escalamiento.

En el contexto de Costa Rica, esta práctica ha sido priorizada en iniciativas como la NAMA ganadería, junto con estrategias como el pastoreo racional y la mejora de la fertilidad del suelo. En estos sistemas, se recomienda el uso de cercas vivas en todas las divisiones de potreros, sustituyendo los postes muertos y fortaleciendo así la integración de prácticas sostenibles (Chacón, 2022; MAG, 2023).

Las siguientes imágenes ejemplifican las cercas vivas, su integración con otras tecnologías sostenibles y funciones (Figura 3).



Figura 3. Cercas vivas en fincas ganaderas. Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tipos de cercas vivas

Las cercas vivas pueden clasificarse, según su composición y estructura, en simples o multiestrato (Murgueitio et al., 2003). Las cercas simples se caracterizan por tener una o dos especies dominantes manejadas a una altura uniforme mediante podas periódicas, cuya frecuencia varía según las condiciones climáticas. Estas suelen emplear especies adaptadas a cada zona, como Bursera simaruba, Gliricidia sepium o *Erythrina berteroana*, entre otras (Villanueva, 2001).

Por su parte, las cercas multiestrato integran una mayor diversidad de especies leñosas de diferentes alturas y usos, incluyendo especies maderables, frutales, forrajeras y medicinales. Esta diversidad no solo amplía los beneficios productivos, sino que también favorece la biodiversidad y la conectividad ecológica. En algunos casos, ciertas especies se manejan con menor frecuencia de poda, permitiendo que estas cercas funcionen como corredores biológicos que contribuyen a la conservación de la fauna y al equilibrio de los paisajes agropecuarios.

b) Beneficios

1. Mitigación al cambio climático

Las cercas vivas contribuyen a la mitigación del cambio climático principalmente por su capacidad de capturar y almacenar carbono, al estar formadas por árboles en crecimiento. Esta función aumenta conforme se incrementa la densidad, edad, complejidad y extensión de las cercas, así como según el manejo y las condiciones del sitio. Estudios en regiones como Chorotega muestran que el secuestro de carbono puede variar ampliamente dependiendo de la edad y densidad de los árboles, evidenciando su potencial como sumideros de carbono.

Además, especies utilizadas en cercas vivas, como la Leucaena leucocephala, aportan beneficios adicionales al reducir las emisiones de metano entérico en el ganado, gracias a compuestos como los taninos que mejoran la eficiencia digestiva. De esta manera, las cercas vivas no solo capturan carbono, sino que también contribuyen a disminuir otras fuentes de gases de efecto invernadero dentro del sistema ganadero.

2. Resiliencia al cambio climático

Las cercas vivas fortalecen la capacidad de adaptación de las fincas ganaderas frente a condiciones climáticas adversas, al proporcionar sombra, forraje y, en algunos casos, alimentos para las personas. Estos elementos ayudan a enfrentar altas temperaturas, sequías y eventos extremos, mejorando la estabilidad productiva del sistema.

En cuanto al bienestar animal, la sombra generada por los árboles reduce el estrés calórico, lo que se traduce en mejoras en la producción de leche y en la eficiencia del uso de agua y energía. Animales con acceso a sombra presentan mejores indicadores fisiológicos y reproductivos, evitando pérdidas asociadas al estrés térmico. Además, una adecuada distribución de los árboles en cercas vivas permite ofrecer sombra de manera uniforme, evitando la concentración de animales y la degradación del suelo.

Por otro lado, las cercas vivas tienen un importante potencial como fuente de forraje, aportando biomasa de buena calidad nutricional que puede complementar la dieta del ganado o incorporarse al suelo como fertilizante orgánico. Esto contribuye a mejorar la productividad y a optimizar el uso del terreno, incluso liberando áreas para conservación o agricultura.

3. Conservación de la biodiversidad

Las cercas vivas representan una oportunidad para transformar espacios tradicionalmente subutilizados en áreas productivas y ecológicamente funcionales. Pueden generar productos maderables y no maderables, además de integrarse en esquemas de producción sostenible que diversifican los ingresos de la finca.

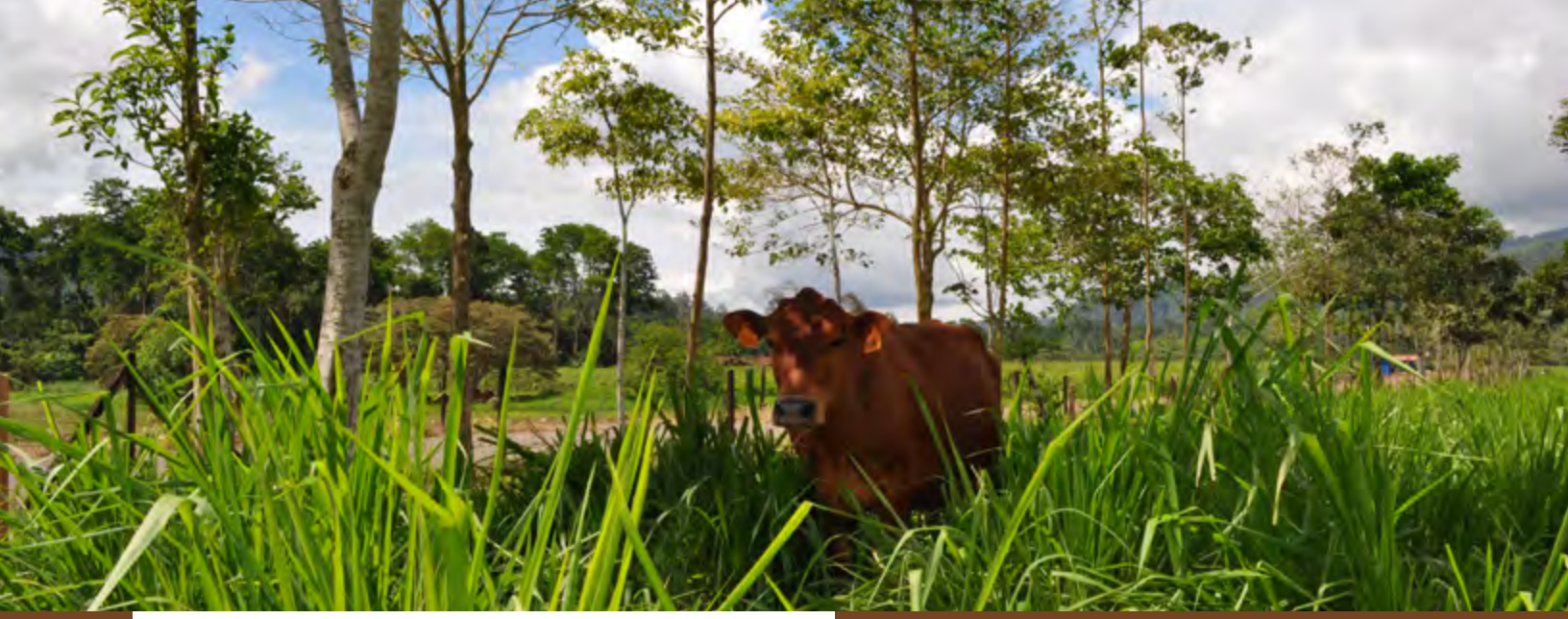
Desde el punto de vista ecológico, estas estructuras favorecen la conectividad del paisaje, actuando como corredores biológicos que facilitan el movimiento, refugio y alimentación de la fauna silvestre. Las cercas vivas multiestrato, con mayor diversidad y estructura, son especialmente valiosas, ya que pueden albergar una riqueza de especies similar a la de bosques secundarios.

Diversos estudios en Costa Rica evidencian que las cercas vivas incrementan significativamente la diversidad de aves y otros organismos, especialmente cuando se combinan con prácticas como el pastoreo racional. En paisajes ganaderos, estas estructuras contribuyen a reducir la fragmentación de hábitats, mejorar la conectividad ecológica y fortalecer la conservación de la biodiversidad.

Asimismo, esta riqueza biológica tiene implicaciones socioeconómicas, ya que puede generar oportunidades adicionales, como el turismo de observación de aves y fauna. En conjunto, las cercas vivas se consolidan como una práctica clave para integrar producción ganadera, conservación ambiental y adaptación al cambio climático.



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre cercas vivas



4. Árboles dispersos en potreros

a. Descripción de la práctica

Los árboles dispersos en la finca son una práctica de los sistemas silvopastoriles donde se encuentran aislados o en pequeños grupos, cumpliendo funciones productivas, socioeconómicas y ambientales.

Estos sistemas son relevantes para la mitigación y adaptación al cambio climático, ya que mejoran la resiliencia ante la variabilidad climática, contribuyen a la intensificación y diversificación productiva y actúan como amortiguadores frente a riesgos climáticos. Además, favorecen la dinámica del recurso hídrico: las leñosas reducen la escorrentía, disminuyen el impacto de la lluvia y, mediante sus raíces y material senescente, aumentan la infiltración y retención de agua en el suelo (Pezo, 2019).

Los árboles en potreros provienen principalmente de la regeneración natural, aunque también pueden establecerse mediante estacas, trasplante de plántulas o viveros; en todos los casos requieren protección frente al ganado para asegurar su crecimiento.

En Costa Rica y Centroamérica existen árboles semilleros que facilitan la regeneración natural, método preferido por las familias productoras debido a su bajo costo y a que las especies ya están adaptadas a las condiciones agroecológicas y de manejo de las pasturas.

b. Beneficios

1. Mitigación al cambio climático

Aunque la ganadería es considerada una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, también posee un importante potencial para

contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la remoción de carbono en el suelo y en la biomasa arbórea presente en bosques, plantaciones, árboles en potreros y cercas vivas. Esto permite que las fincas compensen sus emisiones o incluso alcancen un balance positivo de carbono.

El sistema de árboles en potreros destaca por su capacidad de capturar carbono tanto en la biomasa aérea como en el suelo, proceso que ocurre a través de las raíces y la acumulación de hojarasca de árboles y pastos. En este sentido, Ibrahim et al. (2007) señalan que las pasturas mejoradas con árboles tienen mayor potencial de secuestro de carbono que las degradadas. Asimismo, el incremento de la cobertura arbórea, junto con la incorporación de plantaciones forestales y la regeneración natural en áreas no aptas para la producción, puede aumentar significativamente este potencial a nivel de paisaje.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) almacenan carbono en tallos, ramas y raíces, reduciendo el flujo neto de carbono y contribuyendo a la mitigación del cambio climático, al tiempo que mejoran la productividad y reducen la presión sobre los bosques (Pezo, 2019). La tasa de remoción depende de factores como la calidad del sitio, las especies y la densidad de árboles, con valores que generalmente oscilan entre 1 y 5 tC/ha/año.

Los estudios en Costa Rica muestran que, al considerar tanto la biomasa arbórea como el carbono del suelo, las tasas de fijación son mayores, lo que resalta la importancia del manejo adecuado del suelo como uno de los principales reservorios de carbono en sistemas agropecuarios (Donoso y Soto, 2010; Martínez, 2013; Villanueva et al., 2018). A nivel de finca, los árboles en potreros pueden almacenar entre 1,6 y 22 tC/ha, dependiendo de la densidad, estructura y manejo (Ibrahim et al., 2007; Chacón et al., 2008; Chacón y Harvey, 2013). A escala de paisaje, se ha registrado una acumulación de 8500 tC en 729 ha, equivalente al 13% del total (Chacón et al., 2008).

En términos de compensación, el sector ganadero de Costa Rica presenta emisiones aproximadas de 3,6 tCO_2e/ha/año, lo que implica que se requiere una captura cercana a 1,0 tC/ha/año para neutralizarlas (Blanco Salas et al., 2019). Dado que los sistemas con árboles pueden alcanzar o superar estas tasas —especialmente cuando se considera el carbono del suelo—, existe un alto potencial para lograr sistemas productivos con balance neutro o incluso positivo de carbono.

Esto abre oportunidades para posicionar productos ganaderos como carne y leche carbono neutro en mercados internacionales, generando ventajas competitivas para el país.

2. Resiliencia al cambio climático:

La actividad ganadera es una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente metano, óxido nitroso y dióxido de carbono. Al mismo tiempo, el cambio climático derivado de estas emisiones afecta los procesos productivos y reproductivos del ganado, generando vulnerabilidad y reduciendo la productividad e ingresos de las fincas.

La adaptación, definida por el IPCC (2007) como el ajuste de los sistemas para aumentar su

resiliencia, adquiere relevancia a nivel local y está estrechamente vinculada con la sostenibilidad. En este contexto, los árboles en potreros cumplen un papel clave al aportar recursos alimenticios y sombra, contribuyendo a la adaptación de la ganadería frente al cambio climático.

Durante la época seca, diversas especies arbóreas producen frutos que sirven como alimento para el ganado cuando disminuye la disponibilidad y calidad del pasto. La variación fenológica entre especies permite una oferta continua de estos recursos. En un estudio realizado en Cañas, Guanacaste, Esquivel (2010) encontró producciones entre 8,6 y 86,0 kg/árbol/año, con valores de proteína y digestibilidad superiores al pasto predominante (Brachiaria brizantha). Además, algunas especies aportan follaje, lo que, integrado a la estrategia alimenticia de la finca, permite mantener o mejorar la producción animal a lo largo del año.

La sombra de los árboles también tiene efectos positivos significativos, aumentando la producción de leche y carne entre un 10 y 22% en comparación con potreros sin árboles, debido a la reducción del estrés calórico (Souza, 2002; Restrepo et al., 2004). Por ejemplo, en el trópico húmedo de Costa Rica, se ha observado una mayor producción de leche y menor tasa respiratoria en vacas bajo sombra (Souza, 2002).

El estrés calórico impacta negativamente la reproducción, reduciendo la detección de celo, la tasa de concepción (hasta en 30–40%), y aumentando la mortalidad embrionaria, lo que prolonga el intervalo entre partos y disminuye la eficiencia productiva (Lozano et al., 2010). En sistemas como los del CATIE, cada día adicional en el intervalo entre partos representa una pérdida aproximada de US$5 por vaca, evidenciando el impacto económico de estas condiciones.

En conjunto, los árboles en potreros constituyen una estrategia efectiva de adaptación, al mejorar la alimentación, el bienestar animal y la eficiencia productiva en sistemas ganaderos expuestos al cambio climático.

3. Impacto en el recurso hídrico:

Una de las principales consecuencias del establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP) es su impacto positivo en el balance hídrico. La presencia de árboles y arbustos reduce la temperatura en el estrato herbáceo, disminuyendo la transpiración y la evaporación, lo que contribuye a retrasar o evitar el estrés hídrico durante la época seca.

Las leñosas perennes influyen en la dinámica del agua al actuar como barreras que reducen la escorrentía, disminuir el impacto de la lluvia mediante su cobertura y mejorar la infiltración y retención de agua en el suelo. Estos efectos dependen de características como la altura y la cobertura de copa de los árboles.

Un estudio en el Pacífico Central de Costa Rica evidenció que las pasturas sobrepastoreadas presentan niveles de escorrentía significativamente mayores que sistemas con árboles o coberturas mejoradas. En contraste, las pasturas arboladas y con buena cobertura herbácea incrementan la infiltración, favorecen la recarga de agua subterránea y reducen la erosión (Ríos et al., 2007).

Asimismo, estos sistemas contribuyen a la salud de los ecosistemas acuáticos, ya que la vegetación actúa como filtro natural, reteniendo sedimentos y nutrientes (Cárdenas et al., 2007).

En este contexto, los beneficios hidrológicos de los SSP pueden traducirse en incentivos económicos para productores que adopten prácticas sostenibles. Por ello, el manejo adecuado de fincas ganaderas en el trópico requiere integrar árboles en potreros y conservar áreas boscosas en zonas críticas, con el fin de mantener la productividad y, al mismo tiempo, proteger los recursos naturales.

4. Sostenibilidad socioeconómica:

Los árboles en potreros, dependiendo de las especies y su manejo silvicultural, tienen potencial para generar productos maderables como postes, madera rolliza y madera para aserrío, destinados tanto al uso en la finca como a la comercialización. No obstante, su aprovechamiento debe realizarse conforme al marco legal vigente.

Un estudio de caso desarrollado por Scheelje (2009) analizó los beneficios financieros del aprovechamiento maderable sostenible en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica, evidenciando su potencial bajo distintos esquemas de manejo y trámites simplificados.



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre árboles dispersos en potreros.



5. Bancos forrajeros

a) Descripción de la práctica

En el contexto del cambio climático, la implementación de medidas de mitigación y adaptación es fundamental, y los bancos forrajeros se presentan como una alternativa clave para la producción de forraje de alta calidad y cantidad. Estos sistemas contribuyen a la intensificación sostenible de la ganadería, al tiempo que favorecen la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad en la finca.

Una mejor alimentación del ganado, basada en bancos forrajeros, permite reducir problemas reproductivos y aumentar la rentabilidad de la finca (Cruz y Nieuhenhuyse, 2008; Pérez, 2017; Congo et al., 2019; Vargas, 2019). Estos bancos consisten en plantaciones compactas de árboles, arbustos y herbáceas, ubicadas estratégicamente cerca de áreas de manejo, que facilitan su uso mediante corte, acarreo y suministro directo al ganado. Su función principal es garantizar alimento durante todo el año, especialmente en épocas críticas, mejorando la dieta y el aporte nutricional (Orozco, 2005).

Para su adecuado funcionamiento, se emplean especies de rápido crecimiento, alta capacidad de rebrote, resistencia al ramoneo y podas, y con elevados contenidos de proteína o energía. En este sentido, pueden clasificarse como bancos proteicos (≥15% de proteína cruda), energéticos (≥70% de digestibilidad) o energético-proteicos cuando cumplen ambas condiciones (Pezo e Ibrahim, 1999). Asimismo, según su uso, pueden ser de corte y acarreo o de ramoneo directo por el ganado (Ibrahim et al., 2010; Montagnini et al., 2013; Orozco, 2005).

Los bancos forrajeros complementan otras estrategias de ganadería sostenible, como el ensilaje y el uso de purines para la fertilidad del suelo. Además, constituyen una herramienta esencial de adaptación ante sequías o lluvias intensas, al asegurar disponibilidad de alimento y reducir la dependencia de insumos externos. Esto favorece sistemas más intensivos y eficientes, especialmente en fincas con limitaciones de área o donde se busca destinar tierras a otros usos, como la conservación o la producción forestal.

b) Beneficios

1. Mitigación del cambio climático

La mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) es un componente clave para la sostenibilidad de las fincas ganaderas, lograda mediante la integración de diversas prácticas dentro del sistema productivo, entre ellas los bancos forrajeros. Estas estrategias contribuyen tanto al secuestro de carbono como a la reducción de emisiones.

Diversos estudios destacan que el potencial de mitigación de los bancos forrajeros se relaciona principalmente con la mejora en la calidad nutricional del alimento y sus efectos sobre el metabolismo ruminal.

Además, los bancos forrajeros —tanto de leñosas como de gramíneas— no solo funcionan como reservas de alimento en épocas críticas, sino que también contribuyen al almacenamiento de carbono y a una mejor gestión del pastoreo, reduciendo la presión sobre el suelo (Mottet y Assouma, 2024).

En conjunto, la evidencia muestra que los bancos forrajeros no solo mejoran la alimentación del ganado, sino que también desempeñan un papel importante en la mitigación de GEI y en la sostenibilidad de los sistemas ganaderos, aunque en algunos casos aún se requieren estudios más profundos para comprender completamente sus efectos.

2. Resiliencia al cambio climático:

Los bancos forrajeros, tanto proteicos como energéticos, ofrecen múltiples beneficios para la producción ganadera, entre ellos la reducción de insumos alimenticios externos y del uso de fertilizantes químicos, así como una mayor capacidad de adaptación ante eventos climáticos extremos, especialmente cuando el forraje se conserva mediante ensilaje (García, 2018). En conjunto, estos sistemas contribuyen a la intensificación sostenible y al fortalecimiento de la resiliencia de las fincas.

Los bancos forrajeros también permiten reducir la presión de pastoreo, evitando la degradación de las pasturas tanto en época seca como en periodos de exceso de lluvia.

Además, existe una amplia diversidad de especies arbóreas y arbustivas con alto valor nutricional que pueden ser utilizadas como bancos forrajeros en distintas condiciones climáticas, lo que amplía las opciones de adaptación según la disponibilidad de agua (Flores, 1994; Holguín e Ibrahim, 2005).

Desde el punto de vista financiero, los bancos forrajeros resultan una inversión atractiva, con tasas internas de retorno positivas que oscilan entre el 17% y el 35% (Villanueva et al., 2009).

En síntesis, los bancos forrajeros no solo mejoran la alimentación y productividad del ganado, sino que también fortalecen la resiliencia climática, optimizan el manejo de los recursos y representan una alternativa económicamente viable para los sistemas ganaderos.

3. Conservación de la biodiversidad:

Los bancos forrajeros son sistemas de cultivo de leñosas o pastos perennes establecidos en alta densidad y en bloques compactos, lo que permite maximizar la producción de biomasa con alto valor nutritivo (Pezo e Ibrahim, 1999).

Más allá de su aporte productivo, estos sistemas contribuyen a la conservación de la biodiversidad al incrementar la productividad por hectárea, lo que posibilita concentrar el ganado en áreas más reducidas y liberar zonas de menor aptitud para destinarlas a la protección de recursos naturales. En este contexto, Romero et al. (1993) señalan que la suplementación con follaje de Poró (Erythrina poeppigiana) en vacas lecheras no solo incrementa la producción de leche, sino que también representa una alternativa accesible que favorece la conservación ambiental.

Asimismo, los bancos forrajeros se presentan como una estrategia de intensificación ganadera en espacios limitados, facilitando la liberación de áreas marginales con mayor vocación para la conservación (Campos, 2011). Esto incluye zonas de difícil acceso o baja rentabilidad productiva, como bosques ribereños y humedales, que pueden destinarse al manejo y protección de la biodiversidad, promoviendo hábitats para la fauna y flora y favoreciendo la creación de corredores biológicos dentro de la finca y el paisaje agrícola.

4. Sostenibilidad económica

Los bancos forrajeros generan importantes beneficios socioeconómicos y ambientales, principalmente asociados a la mejora en la alimentación del ganado, lo que se traduce en mayor productividad de carne y leche. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] (2010), su implementación incrementa la cobertura vegetal, mejora la fertilidad del suelo —especialmente por la fijación de nitrógeno en leguminosas—, reduce la degradación y favorece la infiltración de agua. Además, permiten intensificar la producción en áreas específicas, liberando otras zonas para la conservación de bosques, ríos o para la diversificación productiva.

Desde el punto de vista económico, los bancos forrajeros reducen la dependencia de insumos externos al aprovechar recursos propios de la finca, lo que disminuye costos de alimentación. También mejoran el estado nutricional del ganado, permitiendo obtener mejores precios de venta, especialmente en época seca. A esto se suma que las especies leñosas aportan servicios ambientales como el secuestro de carbono, la conservación del agua y el aumento de la biodiversidad (Izaguirre y Martínez, 2008; Holguín e Ibrahim, 2005; Vargas, 2019).

En términos productivos, diversos estudios evidencian incrementos significativos en la producción de leche al incorporar bancos forrajeros en la dieta. Por ejemplo, Holguín e Ibrahim (2005) reportan aumentos de hasta 93% y 100% en la producción lechera al complementar pasturas con otros recursos forrajeros, en comparación con sistemas basados únicamente en pasto natural. Asimismo, Sánchez (2007) concluye que la suplementación con bancos forrajeros como Cratylia y Leucaena resulta más rentable que el uso de concentrados comerciales.

No obstante, la disponibilidad y costo de la mano de obra es un factor clave, ya que estos sistemas pueden generar empleo, pero también representar una limitante para su adopción. Aun así, su potencial es significativo: por ejemplo, bancos de *Erythrina berteroana* pueden cubrir una parte importante de los requerimientos proteicos del hato, mientras que el uso de morera como suplemento ha demostrado ser económicamente más favorable que los concentrados, aun con niveles de producción similares.

En síntesis, los bancos forrajeros constituyen una alternativa integral que combina beneficios productivos, económicos y ambientales, fortaleciendo la sostenibilidad de los sistemas ganaderos.



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre bancos forrajeros.



6. Manejo integral del estiércol

a. Descripción de la práctica

El manejo integral del estiércol se plantea como una buena práctica clave para enfrentar los desafíos del cambio climático en los sistemas ganaderos. Dado que el sector agropecuario es responsable de una proporción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente metano y óxido nitroso (Chacón et ál., 2014), se vuelve fundamental implementar estrategias que reduzcan la huella ambiental y fortalezcan la sostenibilidad (IPCC, 2019).

En las fincas ganaderas, la acumulación de excretas sólidas y líquidas —conocidas como purines— es común en corrales y áreas de alimentación. Cuando estos residuos no se manejan adecuadamente, pueden contaminar suelos y fuentes de agua, afectando el ambiente y la salud humana (Casasola et al., 2015). Sin embargo, su correcta gestión permite transformarlos en un recurso valioso, por ejemplo, mediante su uso como fertilizante o fertirriego, especialmente relevante ante escenarios de sequías prolongadas en Costa Rica (MINAE et al., 2021).

El país cuenta con un marco normativo, como el Decreto Ejecutivo N.° 37017-MAG, que regula el uso de purines como mejoradores del suelo, promoviendo prácticas que contribuyen a la reducción de emisiones, la conservación del suelo y la producción sostenible. Asimismo, iniciativas como la Política de Ganadería Sostenible y la NAMA Ganadería impulsan la adopción de estas prácticas en línea con compromisos internacionales.

En este contexto, el manejo integral del estiércol —incluyendo tecnologías como el uso de purines— se posiciona como una estrategia que no solo reduce impactos ambientales, sino que también mejora la eficiencia productiva y promueve sistemas ganaderos más resilientes y sostenibles.

b. Beneficios

1. Mitigación de GEI

El manejo del estiércol, especialmente mediante fertirriego de Purines y/o Bioles, presenta un alto potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI).

Por su parte, los purines reducen emisiones de metano y óxido nitroso, al tiempo que su aplicación incrementa el carbono orgánico del suelo y favorece su secuestro, especialmente cuando se combinan con tratamientos biológicos (Bastami et al., 2016; Wang et al., 2022).

2. Resiliencia al cambio climático

El uso de residuos animales como insumo mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aumentando su fertilidad y reduciendo riesgos de erosión y desertificación. Asimismo, el incremento de materia orgánica eleva la capacidad de retención de agua, fortaleciendo la resistencia de los cultivos ante sequías (Nicholls y Altieri, 2018).

3. Conservación de la biodiversidad

La aplicación de purines favorece la biodiversidad del suelo al estimular la actividad de organismos benéficos como lombrices, hongos y bacterias, esenciales para el reciclaje de nutrientes. Además, el manejo adecuado del estiércol previene la contaminación de fuentes de agua, protegiendo la biodiversidad acuática.

4. Sostenibilidad socioeconómica

La ganadería es un sector relevante en Costa Rica, aportando cerca del 10% del PIB y generando más de 200.000 empleos (Acosta y Valdez, 2012). La gestión integral del estiércol contribuye a la economía de las fincas al reducir el uso de fertilizantes sintéticos, mejorar la eficiencia de los cultivos y generar ahorros e ingresos adicionales (Casasola et al., 2015).

5. Otros beneficios

5.1 Conservación del agua

Esta práctica mejora la retención de humedad en el suelo y reduce la contaminación de fuentes hídricas, asegurando la inocuidad mediante la disminución de patógenos como Escherichia coli y Salmonella (Casasola et al., 2015).

5.2 Conservación del suelo

El uso de purines mejora la estructura del suelo al aportar materia orgánica, lo que incrementa la retención de agua, el intercambio catiónico y la infiltración, además de reducir la erosión. También estimula la actividad biológica y el contenido de nitrógeno, favoreciendo el crecimiento vegetal y la salud del suelo (Capulin et al., 2001; Spiehs et al., 2010).



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre manejo integral del estiércol



7. Ensilaje

a. Descripción de la práctica

Los pastos y forrajes verdes son la base de la alimentación ganadera en Centroamérica por ser el recurso más natural y económico; sin embargo, su producción varía a lo largo del año debido a la estacionalidad de las lluvias, generando escasez en épocas críticas. Esta situación obliga a los productores a buscar alternativas para asegurar la disponibilidad de alimento, especialmente porque en esos períodos disminuye la producción de leche y carne, aunque los precios suelen aumentar, lo que hace conveniente mantener o reducir las pérdidas productivas (Reyes et al., 2009).

En este contexto, el ensilaje se presenta como una solución accesible, ya que permite conservar forrajes durante las épocas de abundancia para utilizarlos en momentos de escasez. Este proceso consiste en almacenar forraje verde o semi-seco en condiciones anaeróbicas, donde bacterias como Estreptococos y Lactobacillus generan una fermentación que evita su deterioro y conserva su valor nutritivo (Campos & Campos, 2017). Es importante distinguir que el ensilaje es el proceso, el silo es la estructura de almacenamiento y el ensilado es el producto final obtenido (Campos, 2015).

b. Beneficios

1. Mitigación de GEI

El ensilaje contribuye a reducir las emisiones de metano en rumiantes al mejorar la calidad de la dieta y mantener un adecuado balance de nutrientes. Ensilajes ricos en carbohidratos solubles aumentan la digestibilidad y productividad animal, disminuyendo la generación de CH_4. Además, el uso de forrajes con compuestos como taninos y saponinas (ej. botón de oro) puede inhibir microorganismos responsables de la producción de metano en el rumen (Aguilar & Rojas, 2014; Geough et al., 2010; Quiñones et al., 2020).

2. Resiliencia al cambio climático

El ensilaje permite enfrentar la escasez de forraje en la época seca, evitando pérdidas de peso, disminución en la producción de leche y problemas reproductivos en el ganado. Al conservar excedentes de forraje de buena calidad durante la época lluviosa, se mantiene la productividad y condición corporal de los animales, reduciendo pérdidas económicas significativas (Reyes et al., 2009).

3. Conservación de la biodiversidad:

Aunque indirecto, el ensilaje favorece la biodiversidad al reducir el sobrepastoreo en épocas críticas, permitiendo la recuperación de potreros y la regeneración de flora y fauna. Los ensilajes mixtos promueven diversidad de especies forrajeras, mejoran la fertilidad del suelo y aumentan la materia orgánica. Además, al intensificar la producción, disminuye la presión sobre ecosistemas naturales.

4. Sostenibilidad socioeconómica

El uso de ensilaje incrementa la productividad por área y mejora la rentabilidad al reducir costos de alimentación y aumentar la producción de leche y carne. Experiencias en campo demuestran que puede sustituir suplementos comerciales, aumentando ingresos y mejorando la relación beneficio/costo. También reduce pérdidas de peso en época seca y disminuye la necesidad de renovar pasturas (Reyes et al., 2009).

5. Otros beneficios:

5.1 Conservación del suelo:

El ensilaje previene el sobrepastoreo en períodos críticos, protegiendo las pasturas y evitando la degradación del suelo. También reduce daños por pisoteo en épocas de lluvias intensas y favorece la recuperación de las reservas de las plantas.

5.2. Seguridad alimentaria:

Permite conservar forraje con alto valor nutritivo por largos períodos, asegurando una alimentación constante y de calidad para el ganado durante todo el año. Esto garantiza la producción continua de leche y carne, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a una ganadería más sostenible (Reyes et al., 2009; Garnett et al., 2013).



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre ensilaje



8. La yuca como alternativa para ganadería sostenible

a. Descripción de la práctica

La alimentación animal en Costa Rica depende en gran medida de concentrados basados en granos importados, especialmente maíz amarillo y soya, lo que incrementa los costos de producción y la dependencia externa (SEPSA, 2016). Ante este contexto, instituciones como la Cámara Nacional de Productores de Leche (CNPL) han impulsado la búsqueda de alternativas locales, destacando la yuca amarga (Manihot esculenta Crantz) como una opción viable para la nutrición animal.

La yuca se posiciona como un sustituto del maíz debido a su alto contenido de almidón en las raíces y proteína en el follaje, además de su fácil digestibilidad. Esto la hace adecuada para la alimentación de cerdos, aves y ganado (de leche y engorde), especialmente en etapas de crecimiento y producción.

En Costa Rica, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), junto con la Universidad Técnica Nacional, ha avanzado en la investigación y validación de este cultivo, identificando variedades promisorias (INTA 1, 2, 3 y 4) por su alta productividad y adaptabilidad a condiciones de suelos pobres.

Experiencias internacionales, como el proyecto "Yuca amarga para una leche dulce" desarrollado en Colombia por COLANTA y USAID, demuestran el potencial de esta alternativa dentro de toda la cadena productiva. Para su uso eficiente, la yuca requiere un procesamiento simple que permita su almacenamiento, reduzca su toxicidad y facilite su manejo.

En este contexto, la yuca se presenta como una alternativa estratégica para fortalecer sistemas ganaderos más sostenibles, resilientes y menos dependientes de insumos externos, alineándose con iniciativas como la NAMA Ganadería.

Caracterización de la planta de yuca

• La raíz: Es la parte más utilizada y apreciada a escala comercial. Una hectárea de yuca puede proporcionar en promedio 25 toneladas de raíces frescas, que se pueden convertir en 9,96 toneladas de producto seco que suministran 30.029 Megacalorías de energía Metabolizable.

• Parte aérea: Es la porción de la planta que crece desde la superficie del suelo hacia arriba y se divide en tallo y hojas (pecíolo y lámina foliar), que se pueden obtener de dos formas:

Cultivo destinado a la producción de raíces: Cuando se realiza la cosecha de raíces se obtiene aproximadamente de 4 – 10 toneladas de alimento fresco. Es recomendable recolectar el tercio superior de la planta que se puede usar en alimentación de rumiantes.

Cultivo destinado a la producción de forraje: Este recibe el nombre de yuca forrajera (figura 1). No se le da importancia a la producción de raíces, las cuales quedan como un subproducto y sirven para alimentación animal. Las raíces que se obtienen de un cultivo forrajero son de baja calidad nutricional y se cosechan al final del ciclo de la yuca forrajera, que puede ser entre 1 y 2 años.



Figura 4. Cultivo de yuca forrajera.

b. Beneficios

1. Mitigación de GEI

Menor emisión de metano: La digestión de los rumiantes es una importante fuente de emisiones de metano, un potente gas de efecto invernadero. La yuca amarga, al ser una fuente de alimento energético alternativo para el ganado, puede ayudar a reducir la cantidad de metano producido durante la digestión. Se ha observado que dietas con una menor proporción de forrajes fibrosos y una mayor proporción de carbohidratos pueden reducir las emisiones de metano en los rumiantes.

Menor uso de fertilizantes: El cultivo de yuca amarga suele requerir menos fertilizantes que otros cultivos utilizados para la alimentación animal. Al reducir la necesidad de fertilizantes, el uso de yuca amarga puede contribuir indirectamente a la reducción de estas emisiones.

Promoción de sistemas agroforestales: La yuca amarga puede integrarse en sistemas agroforestales, donde se combina su cultivo con la plantación de árboles y otros cultivos. Estos sistemas pueden ayudar a capturar y almacenar carbono en la biomasa vegetal y en el suelo, lo que contribuye a mitigar las emisiones de GEI.

2. Resiliencia al cambio climático

La yuca amarga destaca por su alta tolerancia a sequías, suelos pobres y variabilidad climática, lo que la convierte en una fuente estable de alimento en contextos de cambio climático. Su capacidad de producir tanto raíces energéticas como follaje proteico reduce la dependencia de cultivos sensibles como maíz y soya, favoreciendo sistemas ganaderos más adaptativos y sostenibles (Molina-Botero et al., 2023).

3. Conservación de la biodiversidad

La incorporación de la yuca en sistemas productivos diversifica los cultivos y reduce la expansión agrícola hacia ecosistemas naturales. Esto contribuye a la conservación de hábitats y disminuye los efectos del monocultivo intensivo. Además, su integración en sistemas silvopastoriles favorece la coexistencia entre producción ganadera y biodiversidad, promoviendo un uso más sostenible del suelo y del agua (Molina-Botero et al., 2023; Bizzuti et al., 2021).

4. Sostenibilidad socioeconómica

La yuca amarga mejora la sostenibilidad económica al reducir costos de alimentación mediante el uso de subproductos como cáscaras y bagazo, disminuyendo la dependencia de insumos importados como maíz y soya (Bizzuti et al., 2021). Su cultivo en suelos marginales permite diversificar ingresos y aprovechar mejor los recursos disponibles.

A nivel social, fortalece la seguridad alimentaria y genera empleo rural en actividades de producción y procesamiento. Asimismo, su uso en dietas animales puede incrementar la productividad (por ejemplo, en calidad de leche) y mejorar la rentabilidad de las fincas (Zheng et al., 2021; Morales, 2019).

5. Otros:

5.1.Conservación del agua:

La yuca es un cultivo eficiente en el uso del agua, ya que requiere menos recursos hídricos que cultivos tradicionales como maíz y soya. Su aprovechamiento integral (raíces y follaje) y el uso de subproductos reducen la necesidad de expandir áreas de cultivo, disminuyendo la presión sobre recursos hídricos. Además, su cultivo en suelos marginales contribuye a proteger fuentes de agua y acuíferos (Molina-Botero et al., 2023; Bizzuti et al., 2021).

5.2.Conservación del suelo:

La yuca amarga contribuye a la conservación del suelo al adaptarse a condiciones marginales y permitir prácticas como labranza mínima, lo que reduce la erosión y mejora la estructura del suelo (Fasinmirin & Reichert, 2011). El uso de coberturas vegetales y cultivos intercalados puede disminuir significativamente la pérdida de suelo y mejorar la retención de agua (Jie, 2004).

Asimismo, el aprovechamiento de subproductos para compostaje incrementa la materia orgánica y fertilidad del suelo, mientras que prácticas sostenibles favorecen la actividad biológica y la calidad del suelo en sistemas ganaderos (Caroline, 1996; Imakumbili et al., 2018).



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre la yuca como alternativa.



9. Uso eficiente de la energía en fincas y plantas de procesamiento

a.Descripción de la práctica

La energía es un insumo fundamental en la producción ganadera, ya que interviene en todas las etapas del proceso, desde la producción de forrajes y la alimentación animal, hasta el funcionamiento de equipos, transporte e industrialización de productos como leche y carne (Padilla y Vásquez, 2017). Debido a su alto consumo, la gestión eficiente de la energía se vuelve clave para mejorar la sostenibilidad ambiental y la rentabilidad de las fincas e industrias.

El uso eficiente de la energía no solo reduce el consumo de recursos, sino que también disminuye costos de producción y aumenta la competitividad del sector (De Opazo, 2019). Para lograrlo, es necesario considerar factores como las condiciones climáticas, las características del sistema productivo, las necesidades del ganado y la relación costo-beneficio de las tecnologías implementadas (IDAE, 2005). En el caso de la industria láctea y cárnica, gran parte de la energía se destina a refrigeración, equipos mecánicos, ventilación, iluminación y generación de calor mediante combustibles fósiles (Cruz, 2016).

A nivel global, la energía es responsable de una proporción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que refuerza la necesidad de adoptar prácticas más eficientes e incorporar fuentes renovables (Romero et al., 2018). En Costa Rica, aunque la matriz eléctrica es mayoritariamente limpia, el sector agropecuario aún depende en gran medida de combustibles fósiles, lo que evidencia oportunidades de mejora en la transición energética.

Las energías renovables representan una alternativa viable en el ámbito rural, ya que pueden aprovechar recursos disponibles localmente como el sol, el viento, el agua y la biomasa. Entre ellas destacan la energía solar

(fotovoltaica y térmica) y el uso de biomasa mediante la generación de biogás a partir de estiércol, lo cual permite producir energía eléctrica y térmica, contribuyendo además a la reducción de emisiones (Rivas et al., 2012; Boyadjian, 2022).

Finalmente, la implementación de prácticas de eficiencia energética debe adaptarse a las características de cada sistema productivo. No se trata de aplicar todas las soluciones disponibles, sino de seleccionar estratégicamente aquellas que permitan optimizar el consumo energético, reducir costos y generar beneficios ambientales y económicos de manera sostenible (Banda et al., 2010).

b) Beneficios:

Como se ha mencionado anteriormente, la implementación de estrategias y buenas prácticas para reducir el consumo de energías convencionales y contaminantes no solo representa un ahorro económico para los sistemas productivos ganaderos e industriales, sino que también conlleva una serie de beneficios adicionales, los cuales se detallan a continuación.

1. Mitigación de GEI

La implementación de prácticas de eficiencia energética y el uso de energías renovables contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Experiencias en Costa Rica demuestran que la incorporación de sistemas solares en lecherías puede reducir de forma importante las emisiones de CO_2, incluso equiparándose al efecto de reforestación.

De igual forma, en plantas industriales, la optimización de procesos energéticos —como el control de refrigeración, el uso eficiente de vapor y el aislamiento de sistemas— ha permitido disminuir tanto emisiones directas por combustibles como indirectas por consumo eléctrico. En algunos casos, la sustitución de sistemas tradicionales por tecnologías solares ha logrado reducir casi en su totalidad las emisiones asociadas a procesos térmicos, evidenciando el alto potencial de estas prácticas para mitigar el impacto ambiental del sector.

2. Resiliencia al cambio climático

El uso eficiente de la energía fortalece la resiliencia del sector agropecuario frente a la variabilidad climática y energética.

Costa Rica cuenta con una alta participación de energías renovables, la dependencia de fuentes como la hidroeléctrica la hace vulnerable a sequías. En este contexto, la adopción de energías renovables a nivel de finca o industria permite reducir la dependencia de la red eléctrica, asegurar la continuidad de los procesos productivos y proteger la calidad de los productos ante posibles interrupciones.

Además, modelos innovadores como la agrovoltaica o “pastoreo solar” no solo contribuyen a la generación de energía limpia, sino que también ayudan a enfrentar problemas como sequías, erosión y pérdida de biodiversidad, al tiempo que diversifican los ingresos de los productores.

3. Conservación de la biodiversidad

La eficiencia energética también tiene efectos positivos en la conservación de los recursos naturales. La sustitución de fuentes energéticas tradicionales, como la leña, por sistemas solares reduce la presión sobre los bosques y evita la tala de árboles, contribuyendo a la protección de ecosistemas. Asimismo, la integración de sistemas productivos con tecnologías energéticas, como el pastoreo solar, permite un uso más eficiente del suelo sin necesidad de expandir la frontera agrícola, favoreciendo la conservación de hábitats y la biodiversidad.

4. Sostenibilidad socioeconómica

Desde el punto de vista económico, la eficiencia energética reduce costos operativos, mejora la productividad y aumenta la competitividad de las fincas e industrias. La adopción de sistemas renovables puede generar ahorros significativos en la factura eléctrica, incluso superiores al 80% en algunos casos, además de ofrecer independencia energética una vez recuperada la inversión inicial. Estas prácticas también optimizan el uso de la mano de obra, mejoran el funcionamiento de los equipos y fortalecen las capacidades del recurso humano. La modernización tecnológica, como el reemplazo de equipos ineficientes, demuestra retornos económicos claros en el mediano plazo, consolidando la viabilidad de estas inversiones.

5. Otros:

5.3.Elementos del mercado

La adopción de prácticas de eficiencia energética aporta valor agregado a los productos agropecuarios, mejorando la imagen ambiental de las empresas y aumentando su competitividad en el mercado. Los consumidores valoran cada vez más los procesos sostenibles, lo que abre oportunidades para acceder a nuevos nichos de mercado. En este contexto, herramientas como los indicadores de eficiencia energética y certificaciones como la ISO 50001 permiten a las organizaciones demostrar su compromiso con la sostenibilidad, mejorar su desempeño energético y fortalecer su reputación frente a clientes y socios comerciales.

5.4.Seguridad alimentaria

La eficiencia energética también está estrechamente vinculada con la seguridad alimentaria, ya que garantiza la continuidad y estabilidad de los procesos productivos. En un contexto de creciente presión sobre las fuentes tradicionales de energía y aumento de costos, mejorar el uso de la energía y avanzar hacia fuentes renovables permite reducir riesgos asociados al abastecimiento energético. Esto asegura la producción constante de alimentos, al tiempo que contribuye a la transición hacia sistemas más sostenibles, resilientes y autosuficientes.



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre el uso eficiente de la energía en fincas y plantas de procesamiento.



10. Cosecha de almacenamiento de agua

a. Descripción de la práctica

El agua es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que constituye entre el 50% y 70% del peso corporal en animales adultos y hasta un 90% en animales jóvenes (García, 2004). Su papel en el organismo es fundamental, pues interviene en múltiples funciones metabólicas como la digestión, la regulación de la temperatura corporal, la lubricación de articulaciones, el transporte de nutrientes, la formación de fluidos corporales y la eliminación de desechos (Solarte, 2014).

En el caso de los bovinos, la disponibilidad continua de agua es crítica, ya que la ausencia de consumo por más de 40 horas puede provocar un deterioro severo del estado corporal e incluso la muerte (Contexto Ganadero, 2016). En términos de consumo, este varía según diferentes factores, pero generalmente se estima entre un 8% y un 15% del peso vivo del animal (Duarte, 2011).

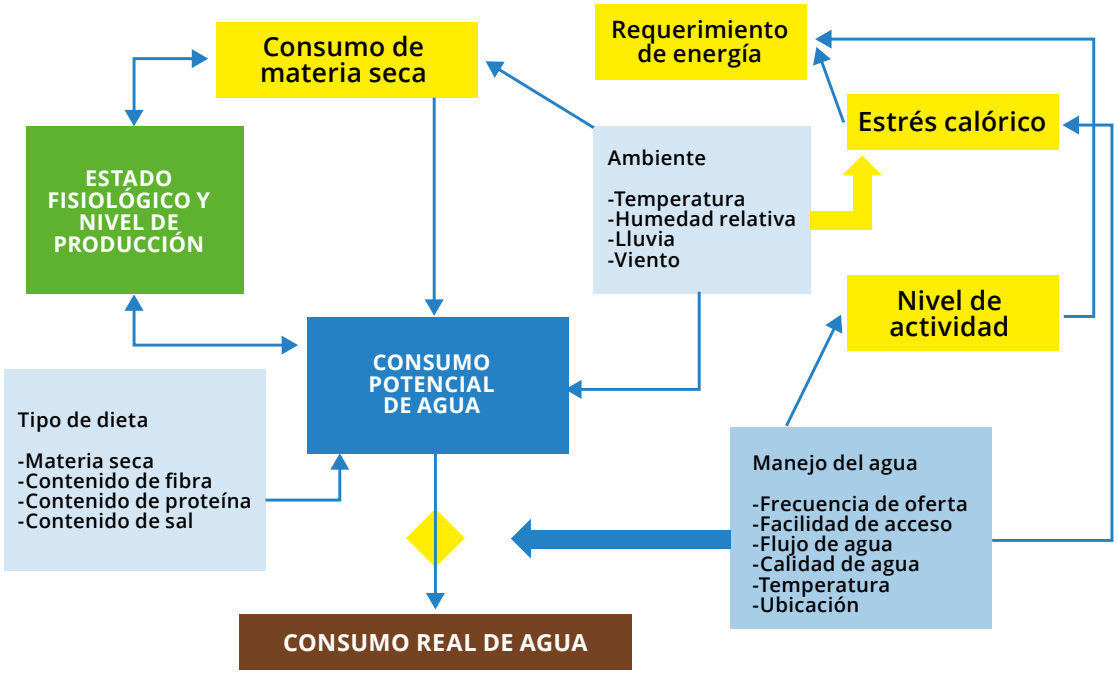


Figura 5. Factores que afectan el consumo real de agua de los bovinos. Fuente: Duarte (2011).

Aunque durante mucho tiempo se consideró al agua como un recurso inagotable, en el contexto actual de cambio climático esta percepción ha cambiado drásticamente. Menos del 1% del agua dulce superficial del planeta está disponible para el consumo humano, y gran parte de ella se encuentra contaminada o en riesgo, mientras una proporción significativa de la población mundial carece de acceso a agua potable. Esto resalta la necesidad de promover un uso eficiente y racional del recurso hídrico, especialmente en actividades como la ganadería.

En este sentido, se han desarrollado diversas estrategias en fincas ganaderas para optimizar el uso del agua, que incluyen mejoras en labores de limpieza, manejo eficiente de bebederos y la implementación de sistemas de captación, almacenamiento y aprovechamiento de agua de lluvia. En países tropicales como Costa Rica, donde existen estaciones lluviosas con alta disponibilidad de agua y estaciones secas con escasez, la cosecha de agua de lluvia se presenta como una alternativa clave para gestionar este recurso a lo largo del año.

La captación de agua de lluvia, definida por la FAO (2000) como la recolección de escorrentía superficial para uso productivo, puede realizarse a partir de techos o corrientes de agua intermitentes (Salinas, 2010). Esta práctica cobra aún mayor relevancia frente a los efectos

del cambio climático, ya que permite sostener la producción agropecuaria durante períodos de escasez.

En las fincas ganaderas, el agua recolectada puede destinarse a la limpieza de instalaciones, el consumo animal y el riego de cultivos forrajeros. Para garantizar un suministro adecuado, es fundamental contar con sistemas de distribución hacia los bebederos, asegurando que el agua llegue de forma oportuna, en cantidad y calidad suficientes. Además de mejorar la productividad, esta práctica contribuye a la conservación de las fuentes de agua y a una gestión más sostenible del recurso.

b. Beneficios

El uso eficiente del agua en los diferentes procesos de la actividad ganadera es esencial para la conservación de este recurso indispensable para la vida. Adicionalmente la implementación de prácticas como la cosecha y almacenamiento de agua trae beneficios ambientales y socioeconómicos tanto para la finca como para su entorno.

1. Sostenibilidad socioeconómica

El uso eficiente del agua mediante tecnologías de cosecha y almacenamiento contribuye directamente a mejorar la estabilidad económica de los sistemas ganaderos, especialmente en contextos donde la disponibilidad hídrica es estacional. Durante las épocas secas, la escasez de agua suele obligar a reducir o vender el hato, lo que incrementa la oferta en el mercado y disminuye los precios, generando pérdidas para los productores. En contraste, la disponibilidad de agua almacenada permite mantener la producción activa durante todo el año, estabilizando los ciclos productivos y facilitando mejores decisiones de compra y venta de animales en función de los precios del mercado, lo que incrementa la rentabilidad (Rodríguez, 2010).

Experiencias en Centroamérica, como el proyecto impulsado por el CIAT y el FLAR en Nicaragua y México, evidencian que la cosecha de agua transforma radicalmente la dinámica productiva de las fincas. Las familias participantes pasaron de enfrentar pérdidas durante la época seca a contar con agua suficiente para riego y consumo animal, logrando duplicar rendimientos agrícolas, mejorar la producción de leche e incluso generar empleo adicional en las fincas (Jaramillo et al., 2016). De forma similar, proyectos en Costa Rica han demostrado que el almacenamiento de agua permite diversificar la producción mediante actividades como la acuicultura y el cultivo de hortalizas, lo que amplía las fuentes de ingreso y mejora la resiliencia económica (Salinas et al., 2020).

Además, la disponibilidad de agua durante todo el año facilita la diversificación productiva, permitiendo a los productores ajustar sus sistemas a las condiciones del mercado y priorizar cultivos o actividades de mayor valor económico. A esto se suma la reducción de costos al disminuir el uso de agua potable, lo que mejora la sostenibilidad financiera de las explotaciones agropecuarias.

2. Mitigación de GEI

La cosecha y gestión eficiente del agua también contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La adecuada ubicación de reservorios y sistemas de distribución permite disminuir o eliminar el uso de equipos de bombeo que dependen de combustibles fósiles o electricidad proveniente de fuentes emisoras, reduciendo así la huella de carbono del sistema productivo. Asimismo, el uso de agua de lluvia en lugar de agua potable reduce la demanda de procesos de potabilización que implican consumo energético y emisiones asociadas.

Adicionalmente, el uso de agua de cosecha en actividades de limpieza permite implementar sistemas como biodigestores, donde los residuos orgánicos son transformados en biogás. Este proceso no solo evita la liberación directa de metano a la atmósfera, sino que también genera energía utilizable en la finca, contribuyendo a una gestión circular de los recursos (Valverde, 2021).

3. Resiliencia al cambio climático

La variabilidad climática ha intensificado los períodos de sequía en regiones ganaderas, afectando la disponibilidad de agua y limitando la producción agropecuaria. En este contexto, la cosecha y almacenamiento de agua se convierten en una estrategia clave para asegurar el abastecimiento durante todo el año, reduciendo pérdidas de animales y permitiendo mantener la productividad incluso en condiciones adversas (Pezo et al., 2019).

Experiencias en Nicaragua y Costa Rica demuestran que los reservorios han sido determinantes para enfrentar eventos climáticos extremos como El Niño, evitando la venta forzada de ganado y permitiendo mantener la producción de leche y forrajes durante la época seca. Incluso, en algunos casos, la disponibilidad de agua permitió mejorar significativamente la productividad y la rentabilidad de los sistemas mediante el riego de cultivos estratégicos (Jaramillo et al., 2016; Salinas et al., 2020).

4. Conservación de la biodiversidad

El uso eficiente del agua contribuye a la protección de ecosistemas sensibles al evitar la presión del ganado sobre fuentes naturales de agua. Esto favorece la recuperación de la vegetación ribereña y el establecimiento de corredores biológicos que permiten el desarrollo de flora y fauna silvestre, además de contribuir al cumplimiento de la legislación ambiental en Costa Rica (Auquilla, 2005).

Estudios han demostrado que las áreas protegidas sin presencia de ganado presentan una mayor diversidad de macroinvertebrados y mejores condiciones ecológicas del agua en comparación con zonas no protegidas (Chará et al., 2007). Asimismo, la disponibilidad de agua mediante sistemas de cosecha favorece la presencia de especies nativas y migratorias, especialmente aves, incrementando la biodiversidad en paisajes productivos (Balmaceda et al., 2023).

5. Otros:

5.1.Conservación del agua

La cosecha de agua permite avanzar hacia una gestión más eficiente del recurso hídrico al reducir la presión sobre fuentes superficiales y subterráneas. El análisis de la huella hídrica en los sistemas ganaderos permite identificar los puntos críticos de consumo y optimizar su uso, ya que una parte significativa del agua se destina a la producción de alimentos y otra a procesos de servicio como limpieza y enfriamiento (Ibidhi y Salem, 2020).

El uso de agua de lluvia para consumo animal y labores de servicio puede reducir significativamente la demanda de agua potable, disminuyendo la huella hídrica y promoviendo una gestión más sostenible del recurso. Además, la recolección de agua ayuda a prevenir la contaminación de fuentes naturales, al evitar el ingreso del ganado a ríos y quebradas (Rodríguez et al., 2010; FAO, 2018).

5.2.Conservación del suelo:

La implementación de sistemas de cosecha de agua también contribuye a la conservación del suelo al reducir la escorrentía superficial, disminuyendo los procesos de erosión e inundación. El control del acceso del ganado a fuentes naturales de agua evita la degradación de las riberas y la compactación del suelo en estas áreas sensibles.

Asimismo, una mejor cobertura vegetal y prácticas de manejo adecuadas favorecen la infiltración del agua y reducen significativamente la escorrentía, mientras que el sobrepastoreo tiene el efecto contrario, incrementando la pérdida de suelo y afectando el ciclo hidrológico (Ríos et al., 2007; FAO, 2018).

5.3.Seguridad alimentaria:

El uso eficiente del agua fortalece la seguridad alimentaria al permitir la producción continua de alimentos para consumo humano y animal. El agua captada puede destinarse al riego de cultivos forrajeros y huertos, asegurando disponibilidad de alimentos durante todo el año sin depender exclusivamente de las lluvias.

Además, la reutilización de aguas residuales ganaderas, como los purines, bajo normativas reguladas, permite mejorar la fertilidad del suelo y optimizar el uso del recurso hídrico mediante sistemas de fertirriego, reduciendo la dependencia de insumos externos y fortaleciendo la sostenibilidad de los sistemas productivos.



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre cosecha de almacenamiento de agua.



11. Manejo y uso racional del agua en plantas de procesamiento

a. Descripción de la práctica

Los productos alimenticios de origen bovino, como la carne y la leche, atraviesan múltiples etapas de procesamiento antes de llegar al consumidor, y en cada una de ellas el uso del agua varía tanto en cantidad como en calidad según los requerimientos del proceso (Muñoz & Sánchez, 2018). Este recurso cumple funciones diversas en la industria alimentaria: desde actividades básicas como limpieza e higiene, hasta su uso como ingrediente en productos finales. El nivel de consumo de agua está influenciado por factores como el tamaño de la planta, el grado de automatización, las prácticas de limpieza y desinfección, y el volumen de producción (Casas, 2012).

En la industria láctea, el consumo de agua es altamente variable debido a la diversidad de procesos (leche fluida, queso, yogurt, entre otros), con rangos que van de 1 a 10 litros de agua por litro de leche procesada, pudiendo ser incluso menor en sistemas altamente automatizados (Gandarillas et al., 2009). Una proporción significativa del agua se destina a operaciones auxiliares, especialmente limpieza y desinfección, que pueden representar entre el 25% y 40% del consumo total. Además, el agua utilizada debe ser de muy alta calidad, superando los estándares de potabilidad: clara, sin olor ni sabor, y prácticamente estéril (Muñoz & Sánchez, 2018).

Tipo producto lácteo	L agua / 1 L leche
Leche en polvo	2-4
Mantequilla y leche en polvo	2.1-2.5
Mantequilla	1-3
Queso	2-4
Leche fluida	2.5-6

Fuente: Adaptado de Gandarillas et al. (2009)

Cuadro 3. Litros de agua utilizada en procesamiento en función del producto lácteo final.

En la industria cárnica, las principales etapas son el sacrificio, el despiece y la elaboración de productos. El mayor consumo de agua se da en el sacrificio y en la sala de despiece. Casas (2012) determinó un consumo de agua en una industria de cárnicos y subproductos de 3,91 ± 4,38m3/Ton de carne específicamente para la planta de cosecha (matadero).

En plantas de procesamiento, aunque el consumo es menor, existen etapas intensivas en agua como la cocción, enfriamiento, descongelación y sistemas de refrigeración (Muñoz & Sánchez, 2018). En este sector, aunque los estándares de calidad del agua son menos estrictos que en el lácteo, es indispensable que el agua en contacto directo con los productos sea potable.

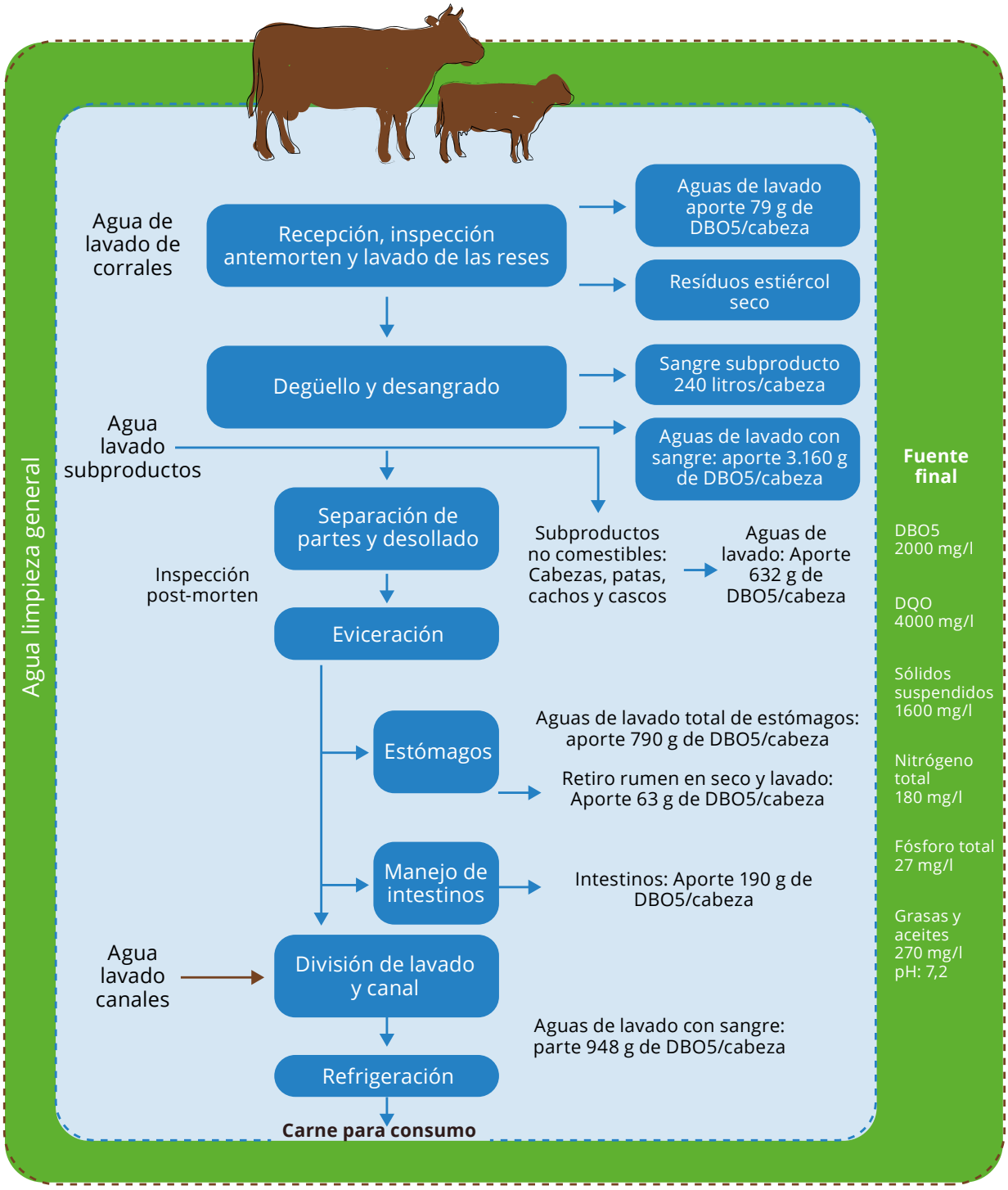


Figura 6. Uso de agua y generación de residuos y efluentes en el sacrificio de bovinos. Fuente: Corantioquia Actúa & Centro Nacional de Producción Más Limpia2 (2016).

Proceso	Cosnumo agua (%)
Estabulación (corrales de espera)	25
Matanza y evisceración	10
Lavado de canales, tripas, etc.	20
Acondicionamiento subproductos (grasas y proteínas)	2
Estaciones de lavado y esterilización	10
Lavados (manos, botas, delantales, etc.)	7
Limpieza de planta	22
Soporte de planta (condensadores, sistema refrigeración, caldera.)	4
TOTAL	100

Fuente: Adaptado de Muñoz & Sánchez (2018)

Cuadro 4. Consumo de agua en función del tipo de proceso en industria cárnica.

Ambas industrias generan grandes volúmenes de aguas residuales, que pueden representar entre el 80% y 95% del agua utilizada en mataderos, y entre 2 y 6 litros por litro de leche procesada en la industria láctea (Gandarillas et al., 2009; CAR/PL, 2006). Estas aguas contienen alta carga orgánica (grasas, aceites, nutrientes), lo que representa un riesgo ambiental si no se tratan adecuadamente, pudiendo provocar fenómenos como la eutrofización en ecosistemas acuáticos (Pedrozo & Ramírez, 2020). En Costa Rica, su manejo está regulado por el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales N°33601-MINAE-S.

Ante este panorama, resulta fundamental implementar estrategias de uso eficiente del agua y tratamiento adecuado de efluentes desde el diseño de las plantas (Muñoz & Sánchez, 2018). Para ello, se promueven medidas orientadas a una producción más sostenible, como cambios tecnológicos, buenas prácticas operativas, sustitución de insumos y reciclaje interno y externo del agua, contribuyendo así a reducir el consumo y minimizar el impacto ambiental (Corantioquia Actúa y Centro Nacional de Producción Más Limpia1, 2016; Villegas & García, 2020).

b. Beneficios

1. Mitigación de GEI

Los residuos generados en las plantas de procesamiento tienen una relación directa con las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que hace fundamental aplicar buenas prácticas orientadas a reducir tanto la cantidad de residuos como la carga contaminante de las aguas residuales. Esta carga se evalúa mediante indicadores como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), nutrientes como Nitrógeno (N), Fósforo (P), grasas, aceites y pH.

Una gestión integral de residuos —que incluya el tratamiento adecuado de residuos sólidos y líquidos— no solo permite disminuir el consumo de agua, sino también reducir riesgos de contaminación ambiental, como la eutrofización de cuerpos de agua y la generación de emisiones contaminantes.

2. Resiliencia al cambio climático

Las buenas prácticas relacionadas con el aprovechamiento de agua de lluvia, así como el reciclaje y reúso dentro de las plantas procesadoras, no solo generan ahorros económicos, sino que fortalecen la adaptación y resiliencia de las empresas frente al cambio climático. En un contexto donde el agua es cada vez más escasa —debido tanto al uso inadecuado como a fenómenos extremos como las sequías—, las empresas que optimizan su consumo y dependen menos de fuentes externas tienen mayores posibilidades de mantenerse operativas en escenarios de déficit hídrico.

Además, la gestión del recurso hídrico puede trascender los límites de la planta mediante acciones sociales y ambientales, como programas de educación ambiental, protección de cuencas y sistemas de captación de agua de lluvia. Estas iniciativas generan beneficios compartidos, ya que contribuyen a asegurar la disponibilidad futura del recurso hídrico necesario para la producción, al tiempo que fortalecen la sostenibilidad del entorno (Galeano, 2020).

3. Conservación de la biodiversidad

Un uso eficiente del agua en plantas de procesamiento de lácteos y cárnicos, que incluya el tratamiento y la reutilización de aguas residuales, es clave para prevenir impactos ambientales como la eutrofización en fuentes naturales de agua. Este fenómeno puede generar zonas de baja concentración de oxígeno (“zonas muertas”), reducir la biodiversidad, favorecer el crecimiento excesivo de algas que deterioran la calidad del agua y comprometer tanto el abastecimiento de agua potable como la producción de alimentos acuáticos. Además, contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (Pedrozo & Ramírez, 2020).

En este contexto, reducir la carga contaminante que llega a cuerpos de agua superficiales y subterráneos disminuye significativamente los riesgos para los ecosistemas, lo que resalta la importancia de una gestión eficiente de las aguas residuales en la industria.

4. Sostenibilidad socioeconómica

La implementación de medidas para reducir el consumo de agua, optimizar procesos e incorporar tecnologías limpias permite a las empresas disminuir costos, cuyos beneficios suelen reflejarse a mediano plazo. Estas mejoras también fortalecen la competitividad y el posicionamiento internacional de las industrias (Galeano, 2020). En este contexto, el reúso y la recirculación del agua son elementos clave para una gestión sostenible, ya que contribuyen al ahorro económico, la generación de empleo, el aprovechamiento de materiales y la reducción de impactos ambientales.

En plantas de sacrificio, los costos asociados al agua representan entre un 2,5% y un 5% de los costos totales anuales, por lo que su optimización tiene un impacto directo en la rentabilidad (Casas, 2012). Además, muchos subproductos generados en los procesos industriales tienen valor económico y pueden reutilizarse, siempre que se mantengan adecuados niveles de eficiencia productiva (Corantioquia Actúa & Centro Nacional de Producción Más Limpia2, 2016).

Diversas estrategias de tratamiento y valorización de subproductos no solo previenen problemas ambientales y reducen la huella hídrica, sino que también promueven la diversificación productiva, generan empleo y aumentan los ingresos, contribuyendo al desarrollo de modelos de economía circular en la industria alimentaria (Cury et al., 2017).

5. Otros:

5.1.Salud pública

Las plantas de procesamiento de carne y leche tienen un papel clave en la salud pública, ya que producen alimentos que deben cumplir estrictos estándares de inocuidad. En este contexto, la gestión del agua es fundamental: el monitoreo constante de su calidad —tanto de las fuentes de abastecimiento como de los efluentes— ayuda a prevenir contaminaciones y garantiza la seguridad de los productos para el consumo humano.

Asimismo, una adecuada gestión de residuos sólidos y líquidos complementa este esfuerzo, ya que no solo protege el ambiente, sino que también reduce riesgos para la salud, como la proliferación de malos olores y de plagas transmisoras de enfermedades en las comunidades cercanas. Por ello, la gestión eficiente del agua debe integrarse con un manejo responsable de los residuos para asegurar impactos positivos tanto sanitarios como ambientales.

5.2.Conservación del agua

La disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficientes es esencial para la calidad de vida. En este sentido, cuando las empresas procesadoras de productos pecuarios implementan tecnologías y buenas prácticas para reducir el consumo de agua potable, contribuyen a que haya mayor disponibilidad de este recurso para las comunidades cercanas (Villegas & García, 2020).

Además, acciones como la prevención de desperdicios, la reducción, el reciclaje y la reutilización del agua favorecen la recuperación y conservación de cuencas hidrográficas y otras fuentes naturales. Esto es especialmente relevante ante el contexto actual, donde el uso excesivo del agua —sumado a factores como la escasez de lluvias, la contaminación y la deforestación— está provocando su agotamiento.

Por otra parte, las empresas pueden extender su impacto positivo más allá de sus instalaciones mediante iniciativas sociales y ambientales, como reforestación, limpieza de riberas, programas de reciclaje y educación ambiental. Estas acciones fortalecen la protección del recurso hídrico y contribuyen a su sostenibilidad a largo plazo.



Para más información y detalle consulte la ficha técnica sobre el manejo y uso racional del agua en plantas de procesamiento.



12. Otros documentos de interés

Existe información adicional que trata sobre el uso de SIG en ganadería sostenible y el monitoreo de densidad aparente en fincas, puede accederlos aquí



Uso de SIG en ganadería sostenible

Ver documento



Monitoreo de densidad aparente en fincas

Ver documento



MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA
GOBIERNO DE COSTA RICA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

INSTITUTO COSTARRICENSE DE PESCA Y ACUICULTURA

SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN

DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

Elaborada en el marco de:

TRANSFORMA-INNOVA

COFINANCIADO POR:

Unión Europea

Por encargo de:

Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección del Clima, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

IMPLEMENTADO POR:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

CATIE

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL Costa Rica

CRUSA

FUNBAM

PNUD