

Buenas prácticas ganaderas

Para contribuir a la implementación
de sistemas ganaderos sostenibles
en la Amazonía ecuatoriana

Serie técnica
Manual técnico no. 157

Buenas prácticas ganaderas

para contribuir a la implementación de sistemas ganaderos sostenibles en la Amazonía ecuatoriana

Francisco Casasola Coto, Miguel Vallejo Solís, Michael López Herrera,
Rodolfo Ávila Cab, Santiago Garzón Proaño, Edwin Pérez Sánchez,
Terry Guevara, Osmani López, Carlos Pasaca, José Salvador Solórzano,
Abraham Moyano, Carlos Álvarez, Claudia J. Sepúlveda L.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE
Turrialba, Costa Rica, 2023

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2023.

ISBN 978-9977-57-798-2

633.202

C335

Cassasola, Francisco

Buenas prácticas ganaderas para contribuir a la implementación de sistemas ganaderos sostenibles en la Amazonia Ecuatoriana/ Miguel Vallejo Solís, Michael López Herrera, Rodolfo Ávila Cab, Santiago Garzón Proaño, Claudia Sepúlveda López, Edwin Pérez Sánchez, Terry Guevara, Osmani López, Carlos Pasaca, José Salvador Solórzano, Abraham Moyano, Carlos Álvarez – 1ª ed. – Turrialba, Costa Rica : CATIE, 2023.

136 p. : il. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 157)

ISBN 978-9977-57-798-2

1. buenas prácticas 2. Ganadería 3. Sostenibilidad 4. Amazonia Ecuatoriana 5. Manuales I. CATIE II. Título III. Serie.

Citación sugerida:

Cassasola, F.; Vallejo Solís, M.; López Herrera, M.; Ávila Cab, R.; Garzón Proaño, S.; Sepúlveda López, C.; Pérez Sánchez, E.; Guevara, T.; López, O.; Pasaca, C.; Salvador Solórzano, J.; Moyano, A.; Álvarez, C.; 2023. Buenas prácticas ganaderas para contribuir a la implementación de sistemas ganaderos sostenibles en la Amazonia Ecuatoriana (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 75 p. (Serie técnica. Manual técnico / CATIE, no. 157). Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4945>

Autores

Francisco Casasola Coto

Especialista en Ganadería de la Unidad de Ganadería del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Email: fcasasol@catie.ac.cr

Miguel Vallejo Solís

Consultor en Ganadería, Costa Rica

Michael López Herrera

Profesor, Universidad de Costa Rica

Rodolfo Ávila Cab

Consultor en Ganadería, Campeche, México

Santiago Garzón Proaño

Coordinador del programa de Capacitación y asistencia técnica para la producción sostenible de ganadería en las provincias que conforman la Circunscripción Territorial Especial Amazónica del CATIE, Ecuador

Claudia Sepúlveda López

Coordinadora de la Unidad de Ganadería y Ambiente del CATIE

Revisores técnicos

René Pinto Ruiz, ing.

agronomo zootecnista, especialista en nutrición de rumiantes en pastoreo. Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Autónoma de Chiapas

Edwin Daniel García

Inestroza, ingeniero agrónomo, MSc. en agroforestería. Representante de CATIE en Honduras, especialista en agroforestería, ganadería y ambiente

Edwin Pérez Sánchez

Coordinador del Proyecto BioPaSOS en Campeche, México

Terry Guevara

Técnico del CATIE en Ecuador

Osmani López

Técnico del CATIE en Ecuador

Carlos Pasaca

Técnico del CATIE en Ecuador

José Salvador Solórzano

Técnico del CATIE en Ecuador

Abraham Moyano

Técnico del CATIE en Ecuador

Carlos Álvarez

Técnico del CATIE en Ecuador

Fuentes de financiamiento

La publicación de este manual fue posible gracias al financiamiento de fondos provenientes del Fondo Ambiental Global (GEF) y del Fondo Verde del Clima (GCF), administrados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo para la ejecución del componente de Transición a Sistemas de Producción Sostenibles de PROAmazonía, en Ecuador.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo del Programa PROAmazonía de Ecuador, especialmente a los señores Miguel Vallejos, Michael López y Rodolfo Ávila quienes elaboraron algunos capítulos del documento y al Ministerio de Agricultura y Ganadería y al Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador.

Índice

Presentación	7
Introducción	9
▶ 1. Establecimiento de bancos forrajeros de pastos de corte, caña de azúcar y especies leñosas.	11
1.1 Introducción	11
1.2 Definición de un banco forrajero	11
1.3 Especies recomendadas para bancos forrajeros de corte y acarreo ..	12
1.4 Consideraciones para un adecuado establecimiento del banco forrajero.	14
1.4.1 Selección del sitio	14
1.4.2 Selección de la semilla de pastos para corte y acarreo, caña y leñosas	14
1.4.3 Semilla sexual: características deseables y pregerminación de la semilla de leñosas	14
1.4.4 Protección de la semilla sexual.	15
1.4.5 Semilla asexual (estacas): características deseables	16
1.5 Establecimiento del banco forrajero.	16
1.5.1 Cantidad de semilla requerida en un banco forrajero	17
1.5.2 Fertilización	18
1.5.3 Manejo durante el establecimiento del banco forrajero.	20
1.5.4 Mantenimiento de áreas sembradas.	21
▶ 2. Establecimiento de pastos mejorados	24
2.1 Introducción	24
2.2 Planificación	24
2.3 Inventario de recursos	25
2.4 ¿En qué consiste el establecimiento de una pastura mejorada?	25
2.5 Selección del terreno y de la especie a sembrar.	25
2.6 Buscar un terreno que tenga buenas cercas o construirlas	27
2.7 Preparación del terreno	27
2.8 Métodos de preparación del suelo	27
2.8.1 Preparación del terreno manual.	28
2.8.2 Preparación del terreno con mecanización	28
2.9 La calidad de la semilla botánica	30
2.10 Época de siembra	31
2.11 Formas de siembra usando semilla botánica	32
2.11.1 Siembra al voleo	32
2.11.2 Siembra directa con espeque.	33
2.11.3 Asociaciones gramínea - leguminosa - pastoreo.	35

2.12 Manejo después de la siembra	35
2.13 Manejo de la pradera.	36
2.14 Productividad de carne y leche en pasturas de brachiaria	36
▶ 3. Importancia de los árboles en las fincas ganaderas para generar servicios ecosistémicos	37
3.1 Introducción	37
3.2 La arborización mediante sistemas silvopastoriles.	37
3.3 Beneficios de las leñosas en la producción animal	39
3.3.1 La protección del suelo y reciclaje de nutrientes.	41
3.3.2 Diversificación de bienes y servicios.	42
3.3.3 Protección de fuentes de agua y conservación de la humedad del suelo.	42
3.3.4 Reducción de los efectos del cambio climático	43
3.3.5 Protección de la biodiversidad	44
▶ 4. Sanidad animal	45
4.1 Introducción	45
4.2 Enfermedades de los animales de producción	48
4.2.1 Ántrax	48
4.2.2 Brucelosis	49
4.2.3 Tuberculosis.	50
4.2.4 Enfermedades clostridiales.	51
4.2.7 Pierna negra.	53
4.2.5 Leptospirosis	54
4.2.6 Estomatitis vesicular	55
4.2.7 Rabia	56
4.2.8 Fiebre aftosa.	57
4.2.9 Anaplasma y piroplasma	57
4.3 Parásitos de los animales de producción.	59
4.3.1 Parásitos externos	59
4.3.2 Parásitos internos	62
4.4 Uso de medicamentos en finca	63
4.5 Descorne y castración	65
4.5.1 Descorne	65
4.5.2 Castración.	66
▶ 5. Manejo del estiércol en fincas ganaderas	67
5.1 Introducción	67
5.2 Estimación de la producción de estiércol	68
5.3 Producción de compost	71
5.4 Producción de lombricompost	75

▶	6. Pastoreo rotacional	87
	6.1 Introducción	87
	6.2 Definición de un sistema de pastoreo rotacional	87
	6.3 Interacciones animal - pasto en un sistema de pastoreo rotacional ..	88
	6.3.1 Selectividad	88
	6.3.2 Intensidad de defoliación	88
	6.3.3 Presión de pastoreo	89
	6.3.4 Período de descanso	89
	6.3.5 Período de ocupación	89
	6.3.6 Pisoteo y compactación	89
	6.3.7 Efecto de las excretas	90
	6.4 Principios básicos del pastoreo rotacional intensivo	91
	6.5 Tipos y características del pastoreo rotacional	92
	6.6 Pasos sugeridos para el establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional	95
	6.6.1 Revisión de potreros y recopilación de información relevante	95
	6.6.2 Evaluación del nivel de degradación de las pasturas	95
	6.6.3 Organización del hato	96
	6.6.4 Aforo de forraje	96
	6.6.5 Cantidad de animales a alimentar	97
	6.6.6 Cantidad de potreros	98
	6.6.7 Tamaño y forma de los potreros	99
	6.7 Establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional	101
	6.7.1 Uso de cerca eléctrica	102
▶	7. Elaboración y uso de bloques multinutricionales para bovinos	103
	7.1 Introducción	103
	7.2 Tipos de bloques multinutricionales	104
	7.3 Ventajas y desventajas del uso de bloques multinutricionales	104
	7.4 Factores que afectan el consumo de los bloques multinutricionales	106
	7.5 Fuentes usadas en la elaboración de bloques multinutricionales. . .	107
	7.5.1 Fuentes de relleno	107
	7.5.2 Fuentes de minerales	107
	7.5.3 Fuentes de material solidificante	108
	7.5.4 Melaza	108
	7.5.5 Urea	109
	7.6 Formulación de bloques multinutricionales	110
▶	7.7 Consumo de bloques nutricionales	117
	Bibliografía	118

Presentación



En el año 2016, Ecuador completó su fase de preparación para acceder a los fondos de REDD+. A partir de este esfuerzo, el gobierno de Ecuador creó el Programa Integral Amazónico para la Conservación del Bosque y la Producción Sostenible (PROAmazonía), el cual es una iniciativa liderada por los ministerios de Medio Ambiente, Agua y Transición Ecológica y el de Agricultura y Ganadería, apoyada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y financiada por el Fondo Verde para el Clima (GCF) y el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

El programa busca vincular los esfuerzos nacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por deforestación y degradación forestal, con las agendas prioritarias de Ecuador y las políticas de los sectores productivos con el propósito de disminuir las causas y los agentes de la deforestación, así como para promover un manejo sostenible e integrado de los recursos naturales con enfoque de paisaje, en el marco del plan de acción REDD+ “Bosques para el Buen Vivir” 2016-2025.

Cabe mencionar que en la región amazónica de Ecuador predominan los sistemas de producción ganaderos tradicionales, los cuales presentan un desempeño productivo pobre que, para mantener la producción de las fincas, siguen ejerciendo presión sobre los bosques.

Ante esta situación PROAmazonía, bajo su componente de transición de sistemas productivos tradicionales hacia sistemas productivos sostenibles, asignó al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), un contrato para que mediante el enfoque metodológico de las escuelas de campo (ECA) fortaleciera las capacidades de 3500 productores ganaderos en la Amazonía ecuatoriana para que conocieran nuevas tecnologías ganaderas, las adoptaran y visualizaran que es posible aumentar la producción sin tener que expandir áreas de pasturas a expensas de los bosques.

Como parte de los compromisos adquiridos por CATIE ante PROAmazonía, se estableció el compromiso de elaborar dos manuales técnicos con información relevante sobre las buenas prácticas ganaderas los cuales sirvieron para capacitar a los facilitadores de las ECA quienes fueron los encargados de impartir sesiones de aprendizaje a los ganaderos.

Este manual presenta información técnica relevante sobre los siguientes temas: 1) Establecimiento de bancos forrajeros de pastos de corte, caña de azúcar y especies leñosas; 2) Establecimiento de pastos mejorados; 3) Importancia de los árboles en fincas ganaderas para generar servicios ecosistémicos; 4) Sanidad animal; 5) Manejo integral del estiércol en las fincas ganaderas para generar servicios; 6) Pastoreo rotacional y 7) Elaboración y uso de bloques multinutricionales para bovinos. Cada tema ha sido escrito como un capítulo de este documento y cuenta con su propia autoría. Todas estas prácticas ganaderas son clave y deberían tomarse en cuenta para desarrollar sistemas ganaderos más sostenibles y competitivos.

El objetivo del manual fue poner a disposición de los facilitadores de las escuelas de campo de la Amazonía ecuatoriana, material técnico de apoyo que les permitiera fortalecer sus capacidades técnicas para que pudieran compartir los conocimientos adquiridos en temas ganaderos relevantes y motivaran a los productores a adoptar nuevas prácticas en sus fincas con el fin de mejorar su desempeño productivo.

Los objetivos específicos que se plantearon son:

- Ofrecer a los técnicos facilitadores y promotores de ECA lineamientos sobre el establecimiento, manejo y utilización de bancos forrajeros de leñosas y gramíneas y pasturas mejoradas.
- Ofrecer a los técnicos facilitadores y promotores de ECA lineamientos para que aprendan a preparar y a utilizar bloques nutricionales en fincas ganaderas.
- Ofrecer a los técnicos facilitadores y promotores de ECA conocimientos básicos sobre sistemas de pastoreo y sus implicaciones en las fincas.
- Ofrecer a los técnicos facilitadores y promotores de ECA conocimientos básicos sobre temas sanitarios y de manejo integral del estiércol para que reconozcan las principales enfermedades, parásitos que pueden afectar a los animales, como tratar las afecciones y las distintas maneras de aprovechar el estiércol en las fincas ganaderas.

Además, el manual sirve como material de consulta para que otros técnicos, proyectos y programas interesados en mejorar la ganadería sigan compartiendo conocimientos con productores con la finalidad de que las personas adopten en sus fincas buenas prácticas ganaderas que contribuyan a implementar sistemas de producción ganaderos más sostenibles y amigables con la conservación del bosque.

Palabras clave: Pasturas, forrajes, arborización, estiércol, salud animal

Introducción

La actividad ganadera de Ecuador es importante pues contribuye con el 7,4% del PIB agropecuario (BCE 2019). La región amazónica mantiene el 11,7% del rebaño nacional y contribuye con el 8,2% de la producción lechera y el 1% de la de carne a nivel nacional (ATPA 2014). Nieto y Caicedo (2014), mencionan que la ganadería, pese a ser una actividad económica importante para la región Amazónica, se practica de manera extensiva con una producción de leche menor a 3,5 l/vaca/día, la de carne de 0,250 kg/animal/día y la capacidad de carga de 0,8 UBA¹/ha. La ganadería es responsable de deforestar el bosque para dar paso a áreas de pasturas (MAE 2017) y genera una alta cantidad de emisiones de gases de efecto de invernadero.

Se considera que los sistemas ganaderos extensivos presentes en la Amazonía ecuatoriana provocan una serie de externalidades negativas y, por lo tanto, es necesario implementar buenas prácticas o realizar ajustes en las mismas para aumentar la resiliencia ante los efectos del cambio climático, detener la deforestación de los bosques y mejorar de manera sostenible los indicadores productivos, socioeconómicos y ambientales asociados a las fincas ganaderas. Si bien es cierto que los sistemas ganaderos generan externalidades negativas, también es cierto que pueden ser parte de la solución que permita transitar de sistemas ganaderos extensivos hacia sistemas productivos intensivos sostenibles.

La intensificación sostenible de la producción ganadera es una estrategia que trata de responder al incremento en la demanda de proteínas de origen animal, tanto para los mercados locales como de exportación en América Latina y el Caribe, que supone el incremento de la productividad, la mejora de la resiliencia al cambio, el aumento de la captura de carbono y la reducción de las emisiones de GEI (Pezo 2019).

Para lograrlo, es importante que los productores adopten en las fincas prácticas ganaderas que ayuden a mejorar la alimentación y nutrición de los animales, la salud del hato, la genética de los animales, el suelo, el agua y la biodiversidad, los pastos y forrajes, el estiércol como fuente de energía y nutrientes, los animales y las leñosas, adecuen a sus necesidades los equipos e infraestructura, mejoren la administración de sus fincas y reduzcan las emisiones e incrementen la captura de carbono.

¹ UBA= unidad bovina adulta equivalente a 450 kg de peso vivo

Este manual presenta información técnica sobre siete buenas prácticas ganaderas que se consideran importantes para transitar de sistemas ganaderos tradicionales hacia sistemas ganaderos más sostenibles. Los temas que aborda fueron mencionados en la Presentación. A continuación, se detallan los principales aspectos que comprende cada tema.

En el tema sobre el establecimiento de bancos forrajeros de pastos de corte, caña de azúcar y especies leñosas, se indica una definición de qué es un banco forrajero, se emiten criterios para su establecimiento, la selección de la semilla, las consideraciones para su establecimiento, entre ellos, la preparación del suelo, la siembra, la fertilización, la resiembra, el control de malezas, el manejo de plagas, la aporca, el mantenimiento de áreas sembradas, la estimación área de un banco forrajero y los costos de establecimiento.

En el tema de establecimiento de pastos mejorados, se define la etapa de planificación, el inventario de recursos, el establecimiento, la selección del terreno y de la especie a sembrar, la preparación del terreno (sin mecanización, la labranza convencional o mecánica, la labranza mínima), los métodos de preparación del suelo, la calidad de la semilla botánica, la época y formas de siembra, el manejo postsiembra y la productividad de la pastura.

En el tema sobre importancia de los árboles en las fincas ganaderas para generar servicios ecosistémicos, se indica la definición de servicios ecosistémicos y se discute el papel de los árboles presentes en los diferentes arreglos.

En el tema de sanidad animal, se tratan las enfermedades de los bovinos, los parásitos de los animales de producción, descorne y la castración.

Respecto al manejo del estiércol en fincas ganaderas, se estima su producción y se describen procesos de su manejo como el lombricompost, los bioles y la producción de biogás.

En el tema de pastoreo rotacional, se indica una definición, se presentan los diferentes sistemas de pastoreo, algunas definiciones importantes como la selectividad, la intensidad de defoliación, la presión de pastoreo, el período de descanso, el período de ocupación, el pisoteo y compactación, el efectos de las excretas y se revisan las leyes del pastoreo rotacional, se indican procedimientos para calcular el número y tamaño de los potreros y se trata la importancia de implementar la cerca eléctrica.

En el tema de elaboración y uso de bloques multinutricionales para bovinos, se define esta tecnología, los tipos de bloques, se indican sus ventajas y desventaja, sus componentes y el proceso para su elaboración, cómo almacenarlos y ofrecerlos a los animales, el consumo y los costos y qué hacer en caso de intoxicaciones por el uso de la urea.



1. Establecimiento de bancos forrajeros de pastos de corte, caña de azúcar y especies leñosas

Miguel Vallejo Solís, Francisco Casasola Coto

1.1 Introducción

Los bancos forrajeros representan opciones de producción de forrajes para que el ganado disponga de una mayor cantidad de biomasa de calidad. Se utilizan especies de rápido crecimiento, resistentes al pastoreo y/o las podas frecuentes, con facilidad de rebrote y elevada producción de forraje durante el invierno y verano. La calidad de la semilla, la preparación del terreno y la siembra son determinantes para el éxito del establecimiento de un banco forrajero. Una mejor alimentación, provista por estos bancos, también reduce los problemas reproductivos del ganado y aumenta la rentabilidad de la finca (Cruz y Nieuwenhuyse 2008; Pérez 2017; Congo *et al.* 2019).

Este capítulo define los pasos a seguir para el establecimiento de bancos forrajeros.

1.2 Definición de un banco forrajero

Los bancos forrajeros son áreas de la finca con especies forrajeras sembradas en altas densidades (>10 000 plantas/ha), que permiten maximizar la producción de forraje y ofrecer una mejor calidad nutricional al ganado.

La especie seleccionada debe cumplir con las siguientes características:

- Presentar un rápido crecimiento.
- Soportar podas frecuentes.
- Rebrotar con facilidad y producir abundante forraje durante la época crítica de alimentación para suplementar los animales.
- El follaje no debe ser tóxico para los animales.
- La leche no debe presentar olor o sabor que pueda ser atribuible al consumo del follaje.

Si el forraje de la especie forrajera presenta un 15% o más de proteína cruda (PC), se denomina un banco proteico; si la especie presenta más de un 70% de digestibilidad, el banco forrajero se denomina energético y si la especie cumple con ambas condiciones, el banco se denomina energético - proteico (Pezo e Ibrahim 1999).

De acuerdo a la manera como se usan los bancos forrajeros, también se pueden clasificar como bancos de corte y acarreo cuando el forraje se corta y se le ofrece a los animales en los comederos de los corrales o como ramoneo cuando los animales entran al banco y consumen el forraje directamente (Ibrahim *et al.* 2010, Montagnini *et al.* 2013).

Aspectos como la calidad del suelo, la disponibilidad de agua o humedad, la preparación del suelo y de la semilla y su siembra son determinantes para el éxito de su establecimiento. La frecuencia de uso varía según la especie, las condiciones agroecológicas, el manejo agronómico y la intensidad de la defoliación, ya que todo esto afecta la velocidad de rebrote de las especies establecidas (Pezo e Ibrahim 1999).

Esta tecnología se aplica como un medio para intensificar la producción ganadera y reducir los costos de alimentación mediante el reemplazo parcial de alimentos comerciales (Villanueva *et al.* 2010), para suplementar los animales especialmente en épocas críticas de disponibilidad de alimentos (Holguín e Ibrahim 2005; Cruz y Nieuhenhuyse 2008), contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y a aumentar la resiliencia de la producción ganadera ante el cambio climático (Ibrahim *et al.* 2010; Pezo 2017). En síntesis, los bancos forrajeros, especialmente de leñosas, contribuyen a que las fincas se intensifiquen de manera sostenible (Cruz y Nieuhenhuyse 2008; Hernández *et al.* 2014).

1.3 Especies recomendadas para bancos forrajeros de corte y acarreo

En general las especies que pueden establecerse en un banco forrajero requieren de un suelo de buena calidad, disponibilidad de agua ya sea de lluvias o riego, un adecuado control de malezas y plagas, una adecuada reposición de nutrientes mediante la fertilización o el abono y, de suma importancia, cortes y podas en el momento apropiado. Es necesario que cada familia productora realice un análisis y selección de las especies que reúnan estas condiciones y del uso que se les quiere dar a las especies forrajeras.

En los bancos de forrajes de arbustos y árboles se utilizan leguminosas ricas en proteínas como caraca (*Erythrina glauca*), cachimbo (*Erythrina poeppigiana*), chachafruto o frijol del árbol (*Erythrina edulis*), acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y cratylia (*Cratylia argentea*) (Ibrahim *et al.* 2001; León *et al.* 2018).

Sin embargo, también se utilizan especies forrajeras no leguminosas como morera (*Morus nigra*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y quiebra barriga o nacedero (*Thrychantera gigantea*), que también son importantes por su alto contenido de energía digestible (Ibrahim et al. 2010; Calle et al. 2013; León et al. 2018). Además, se suelen sembrar en bancos forrajeros especies de la familia de las gramíneas como la caña azucarera (*Saccharum officinarum*), el pasto morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), el OM 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*), el CT 115 (*Pennisetum purpureum* CV CT 115) y el gramalote (*Axonopus scoparius*), entre otros que tienen alto contenido de energía digestible y fibra (Cerdas y Vargas 2021; Martínez s.f.).

En el Cuadro 1.1 se resumen las principales características de algunas especies potenciales para bancos forrajeros.

Cuadro 1.1. Características de especies con potencial para ser usadas en bancos forrajeros

Especie	Distancia de siembra (m)	Tipo de semilla	Plantas (ha)	Producción t materia verde (MV) (ha/año)	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Cortes (año)
Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>)	0,8 x 0,8	Estaca	15 625	100 – 150	23,0	22,2	4
Poró o ajulemo (<i>Erythrina</i> spp.)	1 x 0,6	Semilla o estaca	16 667	12 a 20	19,4	22,7	3
Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>)	1 x 0,5	Semilla o estaca	20 000	12 a 20	25,1	21,6	3
Cratylia (<i>Cratylia argentea</i>)	1 x 0,8	Semilla	12 500	56 a 79	22,3	23,8	3
Quiebra barriga (<i>Thrychantera gigantea</i>)	0,8 x 1,0	Estaca	12 500	75 a 90	20,1	19,9	3
Morera (<i>Morus</i> sp.)	0,8 x 0,6	Estaca	12 500	82 a 96	20,8	18,5	3
Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	0,8 x 0,4	Semilla	31 250	67 a 89	22,5	18,0	3
Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	1,2 a 1,6 entre surcos	Tallo	250 a 500 kg de semilla para 500 m ²	94	21,3	5,8	2
Pasto de corte (<i>Pennisetum</i> sp.)	1,0 a 1,2 entre surcos	Tallo	250 kg de semilla para 500 m ²	230	13,0	9,6	4

Nota: Todas las plantas mencionadas en el cuadro son perennes

1.4 Consideraciones para un adecuado establecimiento del banco forrajero

1.4.1 Selección del sitio

De acuerdo con Holguín e Ibrahim (2005), la selección de un sitio debe considerar los siguientes aspectos:

- Que sea cercano al lugar de alimentación de los animales con la finalidad de facilitar el acarreo del forraje producido y la aplicación de las excretas provenientes de los corrales de manejo al banco forrajero.
- No debe tener mucha sombra porque los forrajes generalmente no crecen bien bajo la sombra de árboles.
- Preferiblemente el suelo debe ser fértil y bien drenado para asegurar una elevada producción de biomasa del forraje.
- Protegido con cercas para evitar la entrada de animales que puedan afectar su establecimiento y recuperación.

1.4.2 Selección de la semilla de pastos para corte y acarreo, caña y leñosas

Las leñosas forrajeras como el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y el ajulemo (*Erythrina* spp.), pueden establecerse a partir de semillas (de manera sexual) o por estacas o tallos sembrados en surcos (de manera asexual). Sin embargo, la cratylia (*Cratylia argentea*) solamente se reproduce por semilla mientras que la morera (*Morus* spp.) se reproduce con facilidad mediante semilla asexual (estacas, acodos enraizados). Además, se suelen sembrar en bancos forrajeros con especies de la familia de las gramíneas como la caña azucarera (*Saccharum officinarum*), el pasto morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*), el OM 22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*), entre otros.

1.4.3 Semilla sexual: características deseables y pregerminación de la semilla de leñosas

Algunas características no deseables en semillas de forrajeras leñosas son el tamaño pequeño respecto al tamaño promedio, la presencia de daños por hongos o insectos, si son muy planas o presentan coloraciones diferentes. Estas condiciones podrían provocar un bajo porcentaje de germinación y que las plantas que nazcan presenten un desarrollo inicial pobre que retrasaría el establecimiento del banco forrajero.

Para uniformizar la germinación de la semilla botánica, se debe realizar un tratamiento pregerminativo. Este consiste en sumergir la semilla en agua a temperatura ambiente entre 12 a 26 horas. Las semillas sanas se precipitarán al fondo del recipiente mientras que las que presentan problemas flotarán. Las semillas vanas se retiran y se dejan sumergidas solo las que están buenas. Una vez transcurrido el periodo recomendado, las semillas se retiran y se les pone a secar a la sombra usando un papel periódico o absorbente.

La leucaena (*Leucaena leucocephala*) se escarifica introduciendo la semilla en una funda de tela durante tres minutos en agua hirviendo, luego se saca y se mete dos minutos en agua a temperatura ambiente y se pone a secar a la sombra. Guzmán y Ortíz (2010), mencionan que para escarificar semillas de guácimo (*Guazuma ulmifolia*), se recomienda hacer el mismo proceso que con leucaena pero se debe introducir la semilla por un periodo entre 3 a 5 minutos en agua hirviendo a 80°C. Otras especies pueden requerir que se utilicen otros métodos de escarificación para uniformizar de manera apropiada la germinación de la semilla.

Luego del tratamiento pregerminativo se recomienda tratar las semillas con algún producto contra hongos e insectos. Se deben seguir las indicaciones técnicas de uso del producto respecto a la dosis a aplicar.

Para conocer la calidad de la semilla se coloca una mezcla de arena con tierra, en partes iguales, en dos cajitas de unos 30 por 50 cm o en dos maceteras grandes, de tal forma que el sustrato quede bien suelto y húmedo. Se cuentan 100 semillas y se aplica el tratamiento pre-germinativo, explicado anteriormente, si se desea.

Aquellas semillas con tratamiento pregerminativo se mostrará más inflada y tardará menos días en germinar (siete a 15 días) respecto a aquellas que no recibieron el tratamiento. Es recomendable que la semilla no pase más de tres días húmeda, de lo contrario, se reduce el porcentaje de germinación. Para evitar pérdidas, es recomendable realizar el tratamiento solamente con la cantidad de semillas que se estima que se pueda sembrar al siguiente día. En cada cajita o macetera se siembran 50 semillas a una profundidad de 0,5 cm en caso de semillas pequeñas y 1 cm cuando las semillas son más grandes.

La tierra se debe mantener húmeda, en un lugar sombreado, pero no a oscuras. A los 15 días se cuenta el número de semillas germinadas. Si nacieron menos de 40 semillas de las 100 sembradas, la semilla es de mala calidad; pero, si nacieron más de 70, es de buena calidad. Es recomendable usar tres repeticiones con 100 semillas cada una; sin embargo, si hay escasez de semilla, se hacen solo dos repeticiones.

1.4.4 Protección de la semilla sexual

Es necesario llevar a cabo algunas acciones para resguardar la integridad de las semillas a ser utilizadas para el establecimiento del banco forrajero. Específicamente es necesario proteger las semillas contra hongos e insectos. Se recomienda aplicar fungicidas que el productor haya probado o un insecticida casero o comercial común en la zona y que le haya dado resultados controlando enfermedades y plagas de insectos.

Es necesario que el productor recuerde que estos productos son plaguicidas y deben de tratarse con el debido cuidado (usar guantes y equipo de protección personal).

1.4.5 Semilla asexual (estacas): características deseables

Entre las características deseables de las especies leñosas que se reproducen por estacas se deben considerar las siguientes:

- Las estacas no deben estar ni muy tiernas ni muy viejas y deben tener entre 3 a 4 nudos.
- Se recomienda sembrar tallos con menos de dos días de cortados.
- No se recomienda sembrar tallos muy delgados porque los rebrotes tienden a ser muy débiles y con poca producción de forraje.
- Las yemas deben ser visibles, pero no muy inflamadas.
- Los tallos se deben mantener con las hojas para que no se dañen y proteger las yemas contra golpes y la desecación de las mismas.

1.5 Establecimiento del banco forrajero

La actividad inicial para el establecimiento del banco forrajero tiene que ver con la **preparación del suelo**. Según Cruz y Nieuwenhuys (2008), se deben considerar los siguientes aspectos:

- Se recomienda chapear las malezas arbustivas o herbáceas de porte alto y luego aplicar herbicidas para controlar zacates y hojas anchas no deseables que pueden competir con el establecimiento de la caña, el pasto y/o las leñosas.
- De ser posible, un mes antes de la preparación el terreno, se recomienda tomar una muestra de suelo y realizarle un análisis químico completo para que, a través de la interpretación de un técnico, se conozca su fertilidad para poder identificar las posibles necesidades de nutrientes que tenga el suelo y proponer las medidas de enmiendas o fertilización adecuadas.
- Rastrear o, en su caso, arar al terreno dejando una cama uniforme en aquellos terrenos donde es posible realizar estas labores.

Para la **siembra** es necesario tomar en cuenta que en terrenos de ladera es recomendable usar el "Nivel A" para trazar las curvas de nivel y sembrar el forraje siguiendo el contorno del terreno. Cuando el terreno es plano, únicamente se seguirán los distanciamientos sugeridos en el Cuadro 1.1 para el establecimiento de algunas de las especies forrajeras empleadas como bancos forrajeros en la Amazonía ecuatoriana.

En el establecimiento de un banco forrajero de árboles y arbustos, en la medida de las posibilidades y de las características de reproducción de las especies seleccionadas, se recomienda sembrar las leñosas por semilla ya que el sistema radical de las plantas es más fuerte y se ancla mejor en el terreno. En estos casos, si se dispone de semilla sexual, se coloca una semilla por postura en el caso del botón de oro y otra en el caso de la caraca, cuando el porcentaje de germinación es mayor al 70%. Si el porcentaje de germinación está entre el 40 y el 70% se recomienda usar el doble de semilla.

La siembra manual puede realizarse con espeque, chuzo, macana o machete. La semilla debe de colocarse a una profundidad no mayor de dos a tres veces su tamaño. Esto significa que, para todas las especies, la profundidad de siembra debe ser entre 1 y 2 cm.

Las especies que se reproducen por estacas se pueden sembrar en cada surco según la recomendación de densidad sugerida para cada caso, asegurándose de dejar los nudos de germinación por fuera. También se pueden sembrar estacas inclinadas hundiéndolas en la tierra dos nudos y dejando uno afuera. Otra alternativa consiste en sembrar las estacas acostadas en el fondo de un surco de 10 cm de profundidad. Se recomienda sembrar “a chorrillo”, trasladando los tallos enteros en posición “pie y cabeza”. Para tener más plantas se puede sembrar el doble de tallos y luego se cortan los tallos en pedazos de 3 nudos para tener una germinación más tupida y uniforme, cuidando de no cortar muy cerca de los nudos. Finalmente, se tapan los tallos con tres a cinco centímetros de tierra.

En terrenos que no fueron mecanizados y donde es difícil hacer surcos, se pueden sembrar pedazos de tallos de media vara de largo de manera inclinada o “como yuca”. Se entierran dos nudos y se deja uno fuera del suelo. Se debe tener el cuidado de sembrar los tallos con las yemas hacia arriba. Cuando se siembran “como yuca”, se necesita menos semilla por surco y se reduce el lavado de la tierra en laderas. Sin embargo, el anclaje de la leñosa de corte puede ser más débil porque las raíces no profundizan y las plantas se pueden volcar. Además, esta forma de siembra generalmente resulta en menos plantas y menos producción por surco, sobre todo en las primeras cortas del forraje (Hernández *et al.* 2014; López-Herrera y Briceño-Arguedas 2014).

1.5.1 Cantidad de semilla requerida en un banco forrajero

En el Recuadro 1.1 se presenta la cantidad de semilla necesaria para establecer un banco forrajero.



Recuadro 1.1 Cantidad de semilla necesaria para el establecimiento de bancos forrajeros de diferentes especies

Pastos de corte:

Se recomienda utilizar 250 kg de material asexual (estacas de 3 nudos) para 500 m² a una distancia de siembra de 1,0 a 1,2 metros entre surcos.

Caña:

Se debe utilizar entre 250 a 500 kg de semilla asexual para 500 m² a una distancia de siembra de 1,2 a 1,6 metros entre surcos.

Leñosas arbustivas:

La cantidad de semilla botánica o estacas a utilizar dependerá de la especie de leñosa arbustiva seleccionada (Cuadro 1).

El botón de oro se siembra a 0,8 x 0,8 metros y se requieren alrededor de 15 625 estacas en una hectárea.

El madero negro se siembra a 1 x 0,5 metros y se requieren 20 000 estacas por hectárea.

1.5.2 Fertilización

Para apoyar el crecimiento inicial de las plantas forrajeras se necesita de la fertilización. Es conveniente conocer mediante un análisis completo de suelo la fertilidad porque facilita las decisiones sobre los nutrientes que se deben aplicar. En el Cuadro 1.2 se muestran los niveles de suficiencia o deficiencia utilizados en la interpretación del fósforo y potasio existentes en el suelo. Sin embargo, aun cuando no se dispone de esta información para todas las especies, casi siempre es recomendable una aplicación de fertilizantes o abonos orgánicos antes de la siembra y cuando las plántulas alcanzan una altura de 15 a 20 cm.

Cuadro 1.2 | Niveles de suficiencia de fósforo y potasio a nivel del suelo

Niveles	Nivel de fósforo (P) en mg por kg de suelo	Nivel de potasio (K) en cmol (+) por kg de suelo
Nivel bueno: es poco probable que el cultivo responda a fertilización	>20	>40
Nivel medio: es posible que el cultivo responda a la fertilización	13 a 20	0,21 a 0,40
Nivel bajo: es probable que el cultivo responda a una fertilización	3 a 12	0,04 a 0,20
Nivel deficiente: es muy probable que el cultivo responda a una fertilización	<	<0,04

Nota: Si los niveles de fósforo y de potasio en el suelo son altos, las plantas difícilmente responderán a fertilizaciones con estos elementos.

Uso de fertilizantes químicos a la siembra

- Para pastos de corte o caña, se recomienda utilizar en la siembra 7 kg de un fertilizante alto en fósforo en 500 m². El fósforo beneficia el desarrollo radicular de la caña y el pasto.
- Al sembrar en surcos, primero depositar el fertilizante al fondo del surco, taparlo con una capa delgada de suelo, poner los tallos y después tapar la semilla con suelo para que no se quemen los tallos.
- Para el caso de leñosas arbustivas, aplicar el fertilizante al momento de siembra y cuando las plántulas alcanzan una altura de 15 a 20 cm.

Uso de abonos orgánicos a la siembra

- Son más lentos, pero trabajan por periodos más prolongados que los fertilizantes químicos.
- Se recomienda aplicar el abono orgánico en una sola vez al momento de la siembra, al menos unos 125 kg en 500 m², preferiblemente en el fondo de los surcos.
- Si la distancia de siembra es de 1,2 m entre surcos se debe colocar 0,5 kg de estiércol por metro lineal de siembra en el fondo del surco.
- Durante el establecimiento de las leñosas arbustivas se pueden aplicar 100 gramos de abono orgánico por planta. Si se siembra en surcos, depositar el abono al fondo y tapar con una capa delgada de suelo. Aplicar abono orgánico cuando las plántulas alcanzan una altura de 15 a 20 cm.

1.5.3 Manejo durante el establecimiento del banco forrajero

El manejo adecuado de las plantas durante la fase de establecimiento consiste en las buenas prácticas de la resiembra, controlar malezas, la fertilización en el momento oportuno, el manejo de plagas y enfermedades y realizar el primer corte (Hernández *et al.* 2014).

En el Recuadro 1.2 se incluyen las actividades necesarias para un buen manejo de los bancos forrajeros.



Recuadro 1.2 Actividades a considerar para un buen manejo de un banco forrajero

Resiembra

En el caso de que se produzca poco rebrote de la caña o del pasto de corte, seis semanas después de la siembra, se debe realizar una resiembra disponiendo de semilla de buena calidad.

En el caso de las leñosas forrajeras, la resiembra se debe de realizar a los 30 días después de la siembra.

Control de malezas

Puede realizarse de manera manual o mediante el uso de herbicidas para lo que se recomienda la asesoría técnica. En este último caso, no se deben usar herbicidas cuando las leñosas tengan menos de 25 centímetros de altura.

Segunda fertilización

A los 45-60 días después de la siembra del pasto de corte, la caña y/o la leñosa forrajera, se debe realizar una fertilización alta en nitrógeno con una fuente como la urea, sulfato de amonio o nitrato de amonio, a razón de 30 gramos por metro lineal. Se aplica al voleo sobre el surco o cerca de las macollas de la caña y el

pasto. En el caso de las leñosas, se deberá aplicar 10 gramos de fertilizante por planta cuando el suelo esté húmedo o se esperen lluvias.

Manejo de plagas

Los pastos de corte, la caña y las leñosas forrajeras son tolerantes a plagas. Sin embargo, si ocurren ataques severos de plagas como langostas, gusanos medidores y cogolleros, se puede aplicar algún insecticida sintético o natural que los productores utilicen para controlar plagas en otros cultivos.

Aporca

Cuando se siembra caña o pasto en surcos, se recomienda, a los 45 - 60 días después de la siembra, hacer una aporca para estimular el enraizamiento y para evitar que el agua de la lluvia quede estancada en los surcos y afecte el forraje, mejorar el crecimiento de las raíces, estimular el nacimiento de más hijos de caña y pasto, eliminar las malezas que crecen entre los surcos y mejorar el efecto de la fertilización.

1.5.4 Mantenimiento de áreas sembradas

A continuación, se presentan y caracterizan las actividades necesarias que se deben realizar para un mantenimiento adecuado de los bancos forrajeros.

Corte de forraje

- En lugares donde llueve todo el año, el pasto de corte se cosecha cada 3 meses.
- En lugares donde existe una época seca, se puede cosechar dos veces en época lluviosa y una durante la seca.
- Cosechar el pasto antes de la floración, momento en el que presenta mayor cantidad de hojas.
- La caña de azúcar se puede cosechar una vez al año, en caso de que se use todo el forraje, o se pueden ir entresacando las cañas que presenten más desarrollo.
- Cosechar el pasto o la caña a ras del suelo con un machete bien afilado porque, cuando se corta a más 15 cm de altura, la cepa se pierde.
- Las leñosas forrajeras deben tener su primer corte cuando los arbustos alcanzan entre 1,5 y 2,0 metros de altura, aproximadamente. Esto se logra a los seis meses en lugares donde llueve y a los 10 u 11 meses de establecidos en lugares secos.

Control de malezas

Recién cortado el pasto o la caña de azúcar las malezas se pueden controlar de forma manual. También se pueden usar agroquímicos considerando la recomendación técnica.

Fertilización postcorte

- Los surcos sembrados con el pasto, la caña o el arbusto forrajero se deben fertilizar una vez realizado el control de malezas.
- Con base en la producción de materia verde que se obtiene en cada corte, se debe calcular la extracción de nutrientes y luego definir una estrategia para reponerlos utilizando fertilizantes químicos, abonos orgánicos producidos en la finca o una mezcla de ambos.

Control de plagas

En el caso de que se presenten problemas con plagas como cortadores o jobotos, langostas, gusanos medidores y cogolleros, se pueden aplicar insecticidas naturales preparados por los productores para el control de plagas en sus cultivos o insecticidas sintéticos.

Resiembra

- Al menos una vez al año es necesario revisar los surcos y sembrar las áreas donde se perdió el pasto, la caña o el arbusto forrajero.
- Es necesario conocer la causa de la mortalidad o el deterioro y buscar estrategias de solución. Ejemplo: para el caso de exceso de humedad en el suelo, se deben hacer zanjas para que las plantas mejoren las condiciones para su crecimiento.

Estimación del área de un banco forrajero

Para conocer el área necesaria para establecer un banco forrajero debe definirse: 1) la cantidad de animales que serán suplementados con el forraje producido; 2) el tiempo que se desea suplementar a los animales y 3) la cantidad de forraje diaria que se le va a suministrar a cada animal.

En el Recuadro 1.3 se presenta un ejemplo del cálculo del área necesaria para establecer un banco forrajero.



Recuadro 1.3. Estimación del área necesaria para establecer un banco forrajero considerando el consumo de materia verde y el tipo de forraje

EJEMPLO DE ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE UN BANCO FORRAJERO

Se necesita establecer un banco forrajero mixto de pasto de corte (50%), caña (25%) y especie arbustiva leñosa (25%) para alimentar cinco novillos de 500 kg cada uno en estabulación total, los cuales consumen un 10% de su peso vivo en materia verde (MV). Se debe estimar un 10% adicional de forraje debido a las pérdidas de cosecha, transporte y rechazo en canoa durante el consumo.

1. Cálculo del consumo total en materia verde (MV)

Consumo de 10% de MV del peso vivo (PV) de los animales y 10% de pérdidas

Consumo total: 5 novillos x 500 kg x 10% PV = 250 kg MV/día

Consumo más pérdidas: 250 kg MV/día + 10% pérdidas = 275 kg MV/día total

2. Cálculo del consumo por forraje

50% de pasto: 275 kg MV * 50% pasto = 137,5 kg MV de pasto/día

25% arbusto forrajero: 275 kg MV * 25% arbusto forrajero = 68,75 kg MV arbusto/día

25% caña: 275 kg MV * 25% caña = 68,75 kg MV caña/día

3. Cálculo del área del banco forrajero

Pasto de corte:

Pasto: 137,5 kg MV/día x 90 días (4 cortes/año) = 12 375 kg MV pasto

Producción pasto: 23 kg MV/m²

Dimensión del BF de pasto: 12 375 kg MV entre 23 kg MV/m² = 538 m² de pasto

***Nota:** Se siembran 1000 m² de pastos de corte por cada 10 animales adultos.

Arbusto forrajero:

Arbusto forrajero (ejemplo: botón de oro): 68,75 kg MV/día x 90 días (4 cortes/año) = 6187,5 kg MV

Producción (botón de oro): 11 kg MV/m²

Dimensión del BF de arbusto forrajero: 6187,5 kg MV entre 11 kg MV/m² = 563 m²

Caña de azúcar:

Caña: 68,75 kg MV/día x 182,5 días (2 cortes/año) = 12 547 kg MV

Producción caña: 9,4 kg MV/m²

Dimensión del BF caña: 12 547 kg MV entre 9,4 kg MV/m² = 1335 m²

***Nota:** Con una hectárea de caña se pueden mantener 30 novillos durante 5 meses

4. Dimensión total del banco forrajero

Se necesita un banco forrajero de 2436 m² para cinco animales en confinamiento total

Costos de establecimiento

Los costos relacionados con el establecimiento de un banco forrajero dependerán de la ubicación y accesibilidad de la finca, el tipo de semilla, la densidad de siembra, la necesidad y disponibilidad de mano de obra y de los insumos y recursos usados. Es recomendable sembrar los bancos forrajeros de forma paulatina para evitar costos altos de inversión. En el Cuadro 1.3 se brindan ejemplos referenciales del costo de establecimiento de un banco forrajero de cratylia, caña de azúcar y pasto de corte.

Cuadro 1.3. Costos del establecimiento de bancos forrajeros considerando tres especies forrajeras

Descripción	Costo por hectárea (USD)		
	Cratylia	Caña	Pasto de corte
Semilla, transporte	130	600	240
Insumos (fertilizantes, herbicidas)	700	830	600
Mano de obra (siembra, aplicación de fertilizantes y herbicidas)	385	320	160
Costo total	1215	1750	1000



2. Establecimiento de pastos mejorados

Rodolfo Ávila Cab, Edwin Pérez Sánchez

2.1 Introducción

Los bovinos pueden alimentarse de varias fuentes alimenticias, pero la fuente más barata consiste en que ellos mismos cosechan la mayor parte de su alimento de pasturas. Sin embargo, en muchas áreas ganaderas existe la necesidad de rehabilitar o renovar áreas de pasturas porque las especies existentes se encuentran degradadas y han perdido su potencial productivo debido a un mal manejo. Por lo tanto, la productividad animal, la rentabilidad y la generación de servicios ecosistémicos en estos sitios disminuye drásticamente en comparación con aquellas áreas donde se presentan pasturas bajo un apropiado manejo. Una de las opciones disponibles para mejorar la disponibilidad de forraje en las fincas ganaderas consiste en establecer y manejar apropiadamente pasturas mejoradas.

El objetivo de este Capítulo es brindar a los extensionistas, productores líderes, promotores, técnicos y profesionales del agro, los conocimientos necesarios para establecer pasturas en sus zonas de trabajo y que puedan facilitar sesiones de aprendizaje con los productores que les permita obtener forrajes de alta producción y calidad para la alimentación del ganado.

2.2 Planificación

Antes de establecer una nueva área de pasturas en la finca se deben definir los objetivos que se pretende alcanzar, por ejemplo, incrementar la productividad por unidad de superficie, mejorar las ganancias de peso promedio de los animales, recuperar suelos degradados, o bien, experimentar una nueva variedad de pasto (Gutiérrez *et al.* 2018).

2.3 Inventario de recursos

Inicialmente se recomienda hacer un inventario de los recursos disponibles, es decir, el capital la mano de obra y las herramientas disponibles, el tamaño del área que se va a sembrar, la disponibilidad de semilla y la infraestructura existente (vías de acceso, topografía del terreno). El tener este inventario nos permite determinar con mayor claridad qué tenemos y qué nos hace falta para cumplir los objetivos propuestos (Gutiérrez *et al.* 2018).

2.4 ¿En qué consiste el establecimiento de una pastura mejorada?

Esta tecnología consiste en establecer pasturas con especies de mayor potencial, tanto en productividad como en calidad, en comparación a especies nativas en un determinado sitio. Algunas especies de pastos que se utilizan para mejorar estas pasturas pueden ser establecidas utilizando semilla sexual, asexual o ambas.

2.5 Selección del terreno y de la especie a sembrar

La selección del terreno a sembrar está muy relacionada con la o las especies que se quieren establecer y viceversa. Muchas veces, el productor está decidido a utilizar una determinada especie y luego, debe buscar en su finca, el terreno donde cree que la especie pueda adaptarse bien. En otros casos, el productor selecciona primero el terreno y luego busca las especies aptas para el mismo. **Para la selección de las especies a sembrar, es importante conocer experiencias previas con las diferentes especies existente en la región.** Con base a estas experiencias y a las condiciones del sitio, se debe analizar si las expectativas que se tienen de una especie son realistas o no. En el Cuadro 2.1 se presentan algunas características de pastos tropicales y del maní forrajero que se recomienda tomar en cuenta cuando se selecciona una especie para la siembra en un determinado terreno.

Además de la adaptación de las especies de pasto al suelo y a las condiciones climáticas del lugar, otros aspectos que deben ser valorados al seleccionar una especie son la disponibilidad de semilla de buena calidad, la productividad, el valor nutritivo, la palatabilidad, la capacidad de sobrevivir y competir con otras especies y de propagarse por sí misma, de soportar el pastoreo y pisoteo, que sean resistentes a condiciones climáticas adversas como sequías, heladas o excesos de humedad y tener la capacidad de producción de semillas.

Cuadro 2.1.

Respuesta de diferentes especies de pastos y de maní forrajero a algunas características del sitio y tolerancia a plagas y enfermedades

Nombre común de la especie	Nombre científico	Crecimiento durante la época seca	Crecimiento en suelos mal drenados	Crecimiento en suelos ácidos	Crecimiento en suelos pobres de nutrientes	Tolerancia a enfermedades relacionadas con periodos de alta humedad	Tolerancia a chinche salivoza (<i>Aeneolamia</i> spp. y <i>Prosapia</i> spp.)
Marandú	<i>Brachiaria brizantha</i>	Muy bueno	Malo	Regular	Regular	Media	Muy alta, resistente
Toledo	<i>Brachiaria brizantha</i>	Bueno	Regular	Regular a bueno	Regular	Alta	Alta a media
Decumbens	<i>Brachiaria decumbens</i>	Regular	Malo	Bueno	Regular a bueno	Media	Muy baja
Mulato	<i>Brachiaria hibrido</i>	Regular	Malo	Regular	Malo	Baja	Alta a media
Tanner	<i>Brachiaria arrecta</i>	Malo	Muy bueno	Malo	Regular	Alta	Media
Brachiaria o para Caribe	<i>Brachiaria sp.</i>	Regular	Regular a bueno	Malo	Regular	Baja	Baja
Estrella	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Bueno	Malo	Malo	Regular	Media	Baja
Angleton	<i>Dichanthium aristatum</i>	Malo	Regular a bueno	Malo	Regular	Media	Muy baja
Swazi	<i>Digitaria swasilandensis</i>	Regular	Regular	Malo	Malo	Alta	Baja
Alemán	<i>Echinochloa polystachia</i>	Malo	Muy bueno	Malo	Regular	Alta	Media
Ratana	<i>Ischaemum indicum</i>	Malo	Regular a bueno	Bueno	Bueno	Media	Muy baja
Guinea, Asia, Tanzania, Mombaza	<i>Panicum maximum</i>	Regular	Malo	Regular	Malo	Alta	Baja
Grama común	<i>Paspalum notatum</i>	Malo	Malo	Regular	Regular a bueno	Alta	Media
Grama amarga	<i>Paspalum conjugatum</i>	Malo	Regular	Regular	Regular a bueno	Alta	Media
Maní forrajero	<i>Arachis pintoi</i>	Regular	Regular a bueno	Regular a bueno	Regular	Alta	No lo ataca

Fuentes: Nieuwenhuysse *et al.* (2008); Monge *et al.* (1998), Gutiérrez *et al.* (2005).

2.6 Buscar un terreno que tenga buenas cercas o construirlas

Según Nieuwenhuys *et al.* (2008) si el suelo, el clima (precipitación, humedad) y altitud son apropiados para el pasto que se desea sembrar, se recomienda seleccionar un terreno con buenas cercas o, en su defecto, construirlas.

La experiencia es que, sin una buena cerca, es difícil establecer una pastura nueva. Sin embargo, construir cercas nuevas es caro y hay que aprovechar al máximo las cercas existentes. En el caso de que se establezca la pastura se debe acordar con el productor cómo establecerla y como incluirla en su esquema de pastoreo y de manejo de la finca.

2.7 Preparación del terreno

Una buena preparación del terreno es muy importante para lograr un exitoso establecimiento del pasto. En el caso de que la pastura nueva se establezca en un área de tucotal o guamil, generalmente se realiza una chapia durante la época seca y luego, si las normas locales lo permiten, una quema controlada justo antes del inicio de las lluvias. En este caso no es necesario usar mecanización porque el suelo ya tiene una estructura adecuada para la siembra. Por otra parte, la quema elimina en forma eficiente la vegetación existente permitiendo la siembra apenas comiencen las lluvias.

En el caso de que el terreno a sembrar sea una pastura vieja o un área de cultivos, será necesario una preparación del terreno con o sin mecanización (Nieuwenhuys *et al.* 2008). El primer paso que debemos realizar es eliminar los obstáculos que dificulten la preparación del terreno, tales como troncos y piedras, entre otros. Adicionalmente, se debe realizar un control de malezas o especies no deseadas que dificulten las labores de preparación. Entre los métodos más usados están:

- Manual (machete, azadón, guadaña, etc.)
- Mecánico (motosierra, tractores e implementos)
- Químico (herbicidas preemergentes y posembrantes)

El uso de una u otra de estas alternativas está dado por la efectividad, su relación costo-beneficio y por la dificultad física de implementarla (Gutiérrez *et al.* 2018).

2.8 Métodos de preparación del suelo

El suelo donde se planea establecer pasturas puede prepararse de manera manual, mecánica, o en ocasiones con mínima o cero labranza (Nieuwenhuys *et al.* 2008, Pérez, s.f., Monge *et al.* 1998).

2.8.1 Preparación del terreno manual

Nieuwenhuys *et al.* (2008), mencionan que donde la vegetación existente (pastos y malezas) tiene una altura menor de 50 cm, lo más práctico es realizar primero un pastoreo fuerte para reducir la vegetación y, de esta manera, disminuir la cantidad de herbicidas necesarios para el control de las malezas. Luego, dentro de los siete días posteriores al pastoreo, se debe aplicar herbicidas. Si las malezas tienen una altura mayor de 50 cm se recomienda hacer un pastoreo fuerte, luego una chapia y, unas tres o seis semanas después, una aplicación de herbicida en los rebrotes de las plantas (cuando tienen una altura máxima de unos 40 cm).

Una vez que la vegetación existente haya muerto y si las condiciones del clima lo permiten, se puede realizar una quema controlada para limpiar el terreno, respetando siempre las normas sobre el uso del fuego. Limpiar el terreno con fuego es importante cuando se va a sembrar con semilla usando el método al voleo, ya que se permite el contacto directo de la semilla con el suelo, lo que es indispensable para una buena germinación. Si no se desea o no se puede quemar con fuego, se recomienda usar otros métodos de siembra, tales como la siembra por esqueje, trasplantar plantas germinadas en bancos o usar material vegetativo.

Es difícil sembrar una pastura nueva en un gramal viejo sin mecanizar el terreno. En estos casos es necesario el control químico antes de la siembra, así que, según las condiciones, se pueden realizar una o dos aplicaciones del herbicida glifosato para un buen control de la grama. Después de la siembra, es muy difícil de controlar el rebrote de la grama en la pastura nueva. En el caso de que se use material vegetativo para la siembra del pasto, se pueden usar herbicidas pre-emergentes tal como el acetaclor, producto que limita la germinación de malezas a partir de semillas. Si se observan señales de hormigas zompopas es recomendable efectuar un buen control de las mismas. Lo primero que se debe hacer es buscar sus “casas”, ya que la extracción de las reinas ha mostrado ser un método efectivo. Para zompopas grandes, el control puede efectuarse mediante el uso de cebos envenenados, disponibles en las tiendas locales de agroquímicos.

2.8.2 Preparación del terreno con mecanización

Gutiérrez *et al.* (2018) mencionan que otros métodos utilizados en la preparación del terreno son la **labranza convencional o mecánica** y la **labranza mínima**. La primera consiste en el uso de maquinaria (tractores) que emplean implementos como arado y rastra; en algunas regiones puede considerarse el uso de tracción animal (bueyes). La segunda en la utilización de guadaña, azadones o palas para el control de la vegetación. Esta práctica va de la mano con el uso de herbicidas.

Cuando sea posible económicamente y donde el terreno permita el uso de maquinaria, es recomendable la preparación con arado y grada o rastra (jalados por tractor o bueyes) (Figura 2.1). Si el uso anterior fue pastura, una preparación con arado y rastra mejora mucho la estructura del suelo porque elimina la compactación causada por el pisoteo del ganado. En

un suelo suelto, el crecimiento de las plántulas siempre será mejor. El uso del arado ayuda, además, a reducir futuros problemas con malezas ya que entierra sus semillas a profundidades donde es poco probable que germinen. Antes de arar se recomienda pastorear muy fuerte y luego aplicar un herbicida para eliminar la pastura vieja. Una vez que haya muerto la mayoría de las raíces, el arado y la rastra trabajan mejor y se logra una mayor profundización y un suelo más desmenuzado. El herbicida que ha funcionado mejor para esta actividad es el Glifosato pues elimina las gramíneas y la mayoría de las ciperáceas existentes, además de una gran cantidad de malezas de hoja ancha. Dependiendo del tipo de suelo, se puede pasar primeramente el arado y luego dos veces la rastra. Si el suelo no está muy compactado o si está bastante húmedo, podría ser recomendable no arar sino pasar sólo la rastra, una o dos veces, para evitar que desmejore la estructura del suelo.

Gutiérrez *et al.* (2018), mencionan que cuando se prepara terreno usando maquinaria se debe tener cuidado de no caer en extremos pues, una preparación deficiente deja muchos terrones que, al desmenuzarse con el tiempo, entierran las semillas o plántulas recién nacidas y una excesiva deja el suelo casi como polvo y puede provocar su erosión, lavado de semillas y, en caso de suelos con texturas limosas, la formación de una costra que no deja germinar las semillas. Cuando en la época lluviosa pasa mucho tiempo entre la preparación del terreno y la siembra de la pastura nueva, es probable que germinen muchas malezas o pasto viejo. De ser así, antes de la siembra, se deben eliminar estas plantas con una nueva pasada de la rastra o volver a usar herbicidas. Se puede usar 2.4-D en caso de que solamente germinen semillas de hojas anchas (malezas anuales), o Glifosato si existen rebrotes de pastos o hierbas viejas perennes.

Si se decide no usar herbicidas, se recomienda pastorear muy fuerte y luego pasar el arado e inmediatamente un pase de rastra. Sin embargo, en la época de lluvias muchas de las plantas existentes en el terreno no mueren porque sus raíces quedan enterradas, o bien, germinan muchas semillas de plantas no deseadas. Por estas razones hay que volver a pasar la rastra, unos 15 a 22 días después, para eliminar un mayor número de plantas no deseadas. No obstante, cuando hay mucho pasto viejo es difícil que se logre un buen control de la vegetación existente sin el uso de herbicidas.

Es posible que las malezas leñosas sobrevivan al pase del arado y de la rastra. Para eliminarlas sin el uso de herbicidas deben ser arrancadas o cortadas. Para lograr una mayor efectividad en su control, al tocón cortado se le debe aplicar inmediatamente, con bomba de espalda o mechero, un herbicida que contenga Picloram o Metsulfuron.

Además, la preparación del terreno se puede hacer mediante un control químico utilizando herbicidas para una quema total o parcial del área que se va a sembrar.

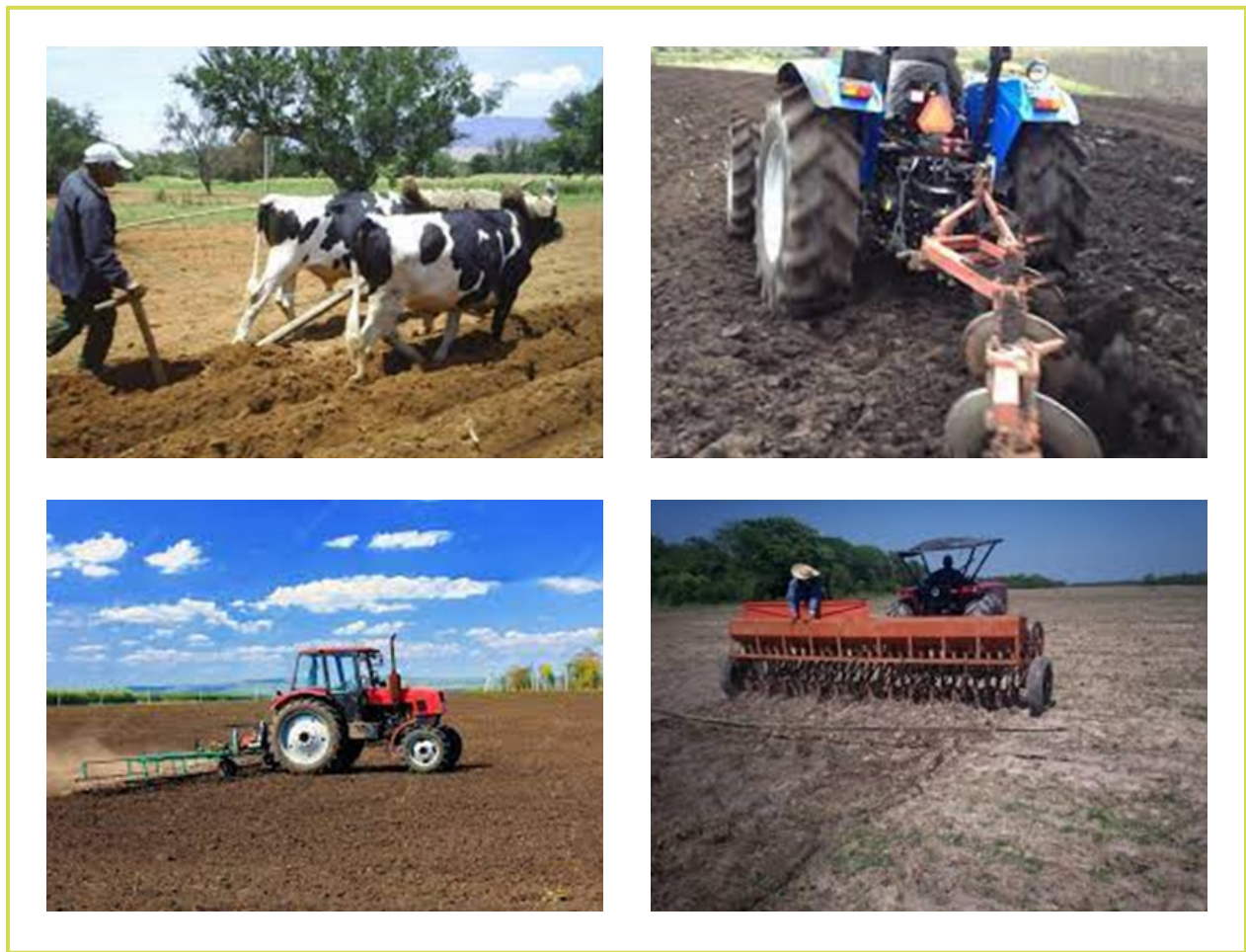


Figura 2.1. Preparación del terreno mediante el uso de maquinaria y con arado jalado por bueyes o tractores
Fotos: Unidad de Ganadería y Manejo del Ambiente

2.9 La calidad de la semilla botánica

Varias casas comerciales venden semilla botánica de varias especies de pastos mejorados de buena calidad. Estas semillas, normalmente, vienen maduras y limpias, es decir, sin la presencia de semillas de otras especies. Sin embargo, siempre es posible que haya algún problema de calidad debido a un largo período de traslado de los sitios o países de origen o por un almacenamiento inadecuado de las semillas en lugares húmedos y calientes ya sea en las tiendas o en la misma finca. Por otro lado, también, es posible que la calidad de las semillas, obtenidas en la misma finca o en las de otros productores, no sea de calidad óptima por haberse cosechado recientemente y no darse aún la ruptura de la dormancia.

Niewenhuyse *et al.* (2008) y Caruzo (2012), indican que es recomendable utilizar semilla pura viable o hacer una prueba de germinación procediendo de la siguiente manera:

- Coloca tierra un poco arenosa, suelta y humedecida en tres macetas grandes o cajitas de unos 30 por 30 cm.
- Contar 100 semillas del pasto para cada caja o maceta.
- Sembrar las 100 semillas en cada maceta o cajita. Para evitar que las semillas se amontonen, se recomienda sembrar en líneas, a un distanciamiento de 2 o 3 cm entre líneas y entre plantas.
- Mantener la tierra húmeda y las cajas o macetas en un lugar sombreado (pero no a oscuras).
- Contar el número de semillas germinadas a partir de los 7-15 días.
- La semilla es de mala calidad si a los 15 días nacieron menos de 40 semillas; pero, si nacieron más de 70, es de buena calidad.
- Esta prueba también puede hacerse colocando las semillas en un papel toalla o papel periódico. Lo importante es mantener una buena humedad, pero sin mantener los papeles muy empapados.
- Si la semilla de mala calidad fue comprada, se recomienda no sembrarla y reclamarle al vendedor. En casos de que los vendedores no acepten reclamos, se recomienda comprar una pequeña cantidad de semillas, hacer la prueba de germinación y luego comprar el resto de la semilla necesaria, siempre y cuando sea del mismo lote.

2.10 Época de siembra

Para definir la mejor época de siembra, se recomienda considerar siempre tres factores: las condiciones climáticas, la disponibilidad de mano de obra y la disponibilidad y calidad del material de siembra de la gramínea. Nunca se puede estar seguro de las condiciones climáticas, aun cuando los datos meteorológicos y la experiencia de los productores indiquen que ciertos meses son buenos para sembrar. Sin embargo, si se siembra el asocio nuevo cuando el suelo está húmedo y en una época en la que normalmente llueve con frecuencia, pero sin excesos, es menor el riesgo de perder la pastura nueva por condiciones climáticas adversas (Niewenhuyse *et al.* 2008; Caruzo 2012).

Además, en zonas con un período seco definido, se sugiere sembrar o trasplantar por lo menos tres meses antes de que inicie el período seco, con el fin de no afectar el desarrollo de la pastura nueva por la falta de humedad en el suelo. Cuando no se dispone de maquinaria, la preparación del terreno y la siembra misma, requieren de bastante mano de obra; por ello, en regiones donde la mano de obra es escasa debido a épocas de siembra o cosecha de otros cultivos, se recomienda reflexionar si habrá suficiente mano de obra disponible. Podría ser necesario buscar la mano de obra fuera de la región o cambiar la época de siembra.

Cuando se use material vegetativo para sembrar una pastura nueva, se debe asegurar la disponibilidad de un material de buena calidad. En zonas con períodos secos marcados y prolongados, es difícil producir un material listo para la siembra (con muchos tallos firmes),

durante los primeros meses de la época lluviosa, salvo cuando se tiene riego. En este caso, se debe programar la preparación de una parcela como semillero para sacar material para la siembra durante las primeras ocho a diez semanas de la época de lluvias.

La razón para escoger una forma de siembra u otra puede ser económica, por disponibilidad de semilla, por escasez o costos elevados de la mano de obra o maquinaria, por costumbre o malas experiencias previas. Todos son factores importantes que se deben tomar en cuenta antes de sembrar. Sin embargo, puede haber razones más técnicas; por ejemplo, cuando una pastura nueva se siembra al voleo en climas o períodos muy húmedos, muchas semillas se dañan por hongos o insectos y otras se lavan cuando se presentan lluvias fuertes.

2.11 Formas de siembra usando semilla botánica

Independientemente de la forma de siembra, es importante revisar si la semilla de pasto viene tratada con fungicidas e insecticidas. Esto se nota por el color rojizo o verde de la semilla, pero también debe indicarse en el empaque. Si la semilla no viene tratada o cuando es obtenida de la misma finca, se recomienda protegerla contra hongos utilizando fungicidas tales como Vitavax o Bravo 500. En el caso de insectos, se puede utilizar insecticidas como Marshall, MTD, Gaucho o Semevin. Se deben aplicar las cantidades recomendadas por el fabricante.

Pérez (s.f.), Cutiérrez *et al.* (2018), Niewenhuyse *et al.* (2008) y Caruzo (2012), mencionan que para establecer una pastura nueva usando semilla botánica, se puede sembrar al voleo (regada) (Figura 2.2), directamente por espeque (chuzo) o mediante plántulas que han sido germinadas y cuidadas durante varias semanas en un banco de germinación. Cada forma de siembra tiene sus ventajas y desventajas, según se indica a continuación

2.11.1 Siembra al voleo

Esta forma de siembra tiene las siguientes características:

- Utiliza mucho menos mano de obra y la siembra es mucho más rápida que las de otras formas de siembra.
- Utiliza más semillas (aproximadamente entre 4 y 6 kg de semilla limpia y pura por manzana) (7000 m²), que al espeque o usando bancos de germinación.
- El terreno a sembrar requiere generalmente de una preparación mecanizada y de un muy buen control de la vegetación existente.
- El control de malezas, después de la siembra, no puede hacerse mecanizadamente porque las plantas no tienen arreglo espacial definido. Esto es particularmente crítico en el caso de asociaciones con maní, donde no se pueden usar herbicidas para controlar las malezas porque lo afectarían.

- Existe un alto riesgo de perder semillas o plántulas recién germinadas por hongos, insectos, pájaros o por condiciones climáticas adversas, ya que las semillas caen y nacen prácticamente encima de la tierra y son vulnerables. La siembra al voleo se puede hacer mecanizada (con motobombas) o en forma manual. En el caso de usar motobombas, se recomienda buscar el apoyo de alguien con experiencia en esta forma de siembra. Cuando la siembra sea manual y las semillas sean muy pequeñas, es de mucha ayuda mezclarla con aserrín o cascarilla de arroz (una parte de semilla con 5 a 10 partes de aserrín o cascarilla de café), pues esto facilita una mejor distribución de la semilla.



Figura 2.2. Siembra de semillas al voleo
Fotos: Andrés Vega (izq), Jose Salvador Solórzano (der).

2.11.2 Siembra directa con espeque

Esta forma de siembra tiene las características siguientes:

- Utiliza menos mano de obra que la siembra en bancos, pero más que al voleo.
- Utiliza más semillas por manzana (aproximadamente entre 3 y 4 kg) que la siembra en bancos, pero menos que al voleo.
- No requiere de una preparación del terreno mecanizada, aunque esta ayudaría a mejorar el crecimiento inicial de las plántulas.
- Existe un riesgo moderado de perder semillas o plántulas por ataques de hongos, insectos, pájaros u otros animales o por condiciones adversas del clima.
- El control de malezas, después de la siembra, requiere más trabajo que cuando se usan bancos de germinación, pero es más fácil que con una siembra al voleo.
- Sin una buena supervisión o con poca experiencia, existe el riesgo de perder semillas por sembrarlas muy profundo. La profundidad de siembra no debe ser mayor de 0,5 cm para semillas pequeñas como las de *Sabotya* (guinea) de 1 cm para semillas más grandes como las de *Brachiaria*.

Además, se debe tener cuidado de no sembrar demasiadas semillas por golpe o postura (Figura 2.3). Muchos productores consideran que, si las semillas son de buena calidad, entre cinco y siete semillas por golpe es adecuado. Para facilitar la siembra correcta, muchos productores usan botellas plásticas de medio litro a cuyas tapas se les hace un agujero, cali-brándolo para que, en cada presión o golpe sobre la botella, salgan la cantidad de semillas sugeridas.

Para el establecimiento de pastos que crecen en forma de macolla como el toledo y maran-dú o el asia y tanzania se recomiendan distancias de siembra de 80 cm entre calles y 40 cm entre plantas. Para especies de crecimiento rastrero, se puede usar un distanciamiento de 50 cm por 50 cm, si se quiere un cubrimiento rápido.



Figura 2.3.

Siembra de semilla sexual mediante el método del espeque en fincas ganaderas de la Amazonía ecuatoriana

Fotos: Unidad de Ganadería y Manejo del Medio Ambiente

Material vegetativo. Este material se obtiene de diferentes partes de la planta (estacas, estolones, macollas, cepas), que deben cosecharse de plantas sanas y vigorosas y con puntos de crecimiento viables. De igual manera, se debe conservar fresco y húmedo y debe ser sembrado en el menor tiempo posible. Es clave conocer la distribución de lluvias en la región, para evitar siembras muy tempranas que puedan coincidir con periodos secos, ya que las plántulas que aún no han desarrollado bien su sistema radicular, no tolerarían las altas temperaturas y la poca humedad del suelo.

2.11.3 Asociaciones gramínea - leguminosa - pastoreo

Si se desea combinar gramíneas con leguminosas, se recomiendan dos tipos de siembra dependiendo si la leguminosa es de tipo arbustiva o herbácea, según se describe a continuación.

Arbustiva: surcos de mínimo 5 m de distancia, intercalados con franjas sembradas con gramíneas. Estos surcos pueden ser dobles o sencillos, manteniendo una distancia de siembra de un metro entre leguminosas.

Herbácea: mezclar ambas semillas (gramínea y leguminosa) y sembrar al chuzo o al voleo. Se recomienda usar las relaciones gramíneas/leguminosas: 70/30 o bien 80/20

2.12 Manejo después de la siembra

Gutiérrez *et al.* (2018), mencionan que la fase posterior a la siembra es importante para asegurar el éxito del establecimiento y persistencia de la pastura. Teniendo esto en cuenta, este manejo debe concebirse como un conjunto de prácticas que permiten hacer ajustes menores a la pastura. A continuación, se describen algunas:

Resiembra: luego de tres semanas, se verifica la población de plantas por metro cuadrado (ideal 9-12 plantas) y, con base en esto, se decide si se hace una resiembra con semilla o material vegetativo en los espacios vacíos del terreno.

Aún con el mayor cuidado, es posible que la falta de lluvias, la acción de los pájaros u hormigas o las lluvias intensas que arrastran las semillas, ocasionen fallas en el establecimiento. Las áreas que, unos 30 días después del establecimiento, presentan una baja población de las especies deseadas deben ser sembradas nuevamente.

Control de malezas: las malezas compiten con las especies forrajeras en la primera etapa del establecimiento por agua, luz y nutrientes; por ello se emplean métodos de control de manera oportuna, ya sea manual o químico. El control mecánico entre surcos o hileras se puede realizar con palas o cultivadoras. El corte mecánico con guadaña o machete reduce la competencia de las malezas.

Fertilización: para el cálculo de los niveles de fertilización se debe tener en cuenta las especies sembradas y sus requerimientos nutricionales, lo que implica tener presente la fertilidad del suelo en el sitio de siembra. A manera general y si no se cuenta con un análisis de suelos, se recomienda la dosis de fertilización siguiente para el establecimiento:

- **En la siembra:** dos bultos de 46 kg cada uno de DAP y un bulto de KCL por hectárea.
- **A los cuatro meses:** dos bultos de 46 kg de urea por hectárea.
- **Primer pastoreo:** el primer pastoreo se realiza entre 90 y 120 días después de la siembra, pero en algunas especies como la saboya, si las condiciones después de la siembra han sido favorables, llevarla a cabo antes de 90 días. Se recomienda utilizar animales jóvenes o pequeños, con un tiempo de ocupación corto (dos o tres días) y más bien intenso, con el fin de realizar un despunte y estimular el macollamiento del material, evitando que los animales arranquen las plantas.

2.13 Manejo de la pradera

Gutiérrez *et al.* (2018), mencionan que este es el punto de mayor influencia en la productividad y persistencia de los forrajes mejorados. Consiste en manejar adecuadamente el potrero, respetando los periodos de descanso y de ocupación de los pastos. Esto permite:

- Buena recuperación de la pradera
- Mayor cantidad de forraje para el animal
- Calidad nutricional óptima
- Mayor control de parásitos y enfermedades
- Mantener y mejorar la fertilidad del suelo
- Evitar la invasión de malezas
- Promover el desarrollo de las raíces
- Mayor productividad animal en menor tiempo

2.14 Productividad de carne y leche en pasturas de brachiaria

Guiot y Meléndez (2002) mencionan que la productividad de carne en bovinos bajo pastoreo de brachiaria híbrido cultivar mulato (CIAT 36061), alcanzó 636 kg/ha/año en Huamanguillo México, mientras que vacas lecheras bajo pastoreo de mulato alcanzaron una productividad de 15 622 kg leche/ha/año de leche (Meléndez 2003). Botero (2022), indica que bovinos pastoreando en pasturas de brachiarias puras en diferentes países de Latinoamérica presentaron productividades de carne promedio de 281 kg/ha/año.



3. Importancia de los árboles en las fincas ganaderas para generar servicios ecosistémicos

Miguel Vallejo Solís

3.1 Introducción

En las fincas ganaderas se presentan una serie de interacciones entre el pasto, el suelo, el ganado y las especies leñosas (árboles, arbustos y palmas). Las leñosas favorecen la capacidad productiva de la finca por su contribución a la producción de forrajes, frutos, sombra, leña y postes, reciclaje de nutrientes, aumento de la humedad del suelo, reducción del estrés calórico y mayor producción de leche y carne (Souza 2002), pero además generan servicios ecosistémicos fundamentales tales como la protección y aprovisionamiento para la biodiversidad, el secuestro de carbono, el almacenamiento de agua y la mejora del paisaje del lugar, entre otros (Villanueva *et al.* 2018).

El objetivo de este capítulo es servir al facilitador como guía para conducir una sesión de aprendizaje con productores sobre la importancia de la arborización en fincas para generar bienes y servicios ecosistémicos en las fincas ganaderas.

3.2 La arborización mediante sistemas silvopastoriles

Las leñosas en las fincas ganaderas pueden ser remanentes de los bosques primarios, proceder de la regeneración natural o pueden ser establecidos en distintos arreglos forestales y agroforestales.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son sistemas de producción ganaderos que combinan árboles, herbáceas y animales en una misma área, con el objetivo de diversificar y mejorar la productividad en forma amigable con el ambiente para obtener productos ganaderos y forestales maderables y no maderables, al igual que servicios ecosistémicos (Colcombet *et al.* 2015).

La implementación de estos sistemas en las fincas ganaderas se puede lograr mediante distintas modalidades y arreglos espaciales (Pezo e Ibrahim 1999; Marinidou y Jiménez 2010; MAG 2010; Braun y Grulke 2016; Villanueva *et al.* 2018; Cabezas *et al.* 2019 y Ríos y Banegas 2021), entre los cuales se mencionan los siguientes:

- **Cercas vivas:** las leñosas se siembran a lo largo de las cercas y pueden utilizarse como postes vivos para delimitar las áreas internas y externas de potreros y fincas.
- **Parches boscosos:** las leñosas se plantan en grupos pequeños a espaciamientos de 3 m x 2 m o 3 m x 3 m o a un espaciamiento mayor, o pueden provenir de la regeneración natural o ser relictos de bosques que, por lo general, se encuentran en las partes altas de las fincas o en áreas específicas de los potreros.
- **Árboles dispersos en potreros:** las leñosas se siembran de manera aleatoria en las pastura, o se facilita y protege su regeneración natural.
- **Hilera simple:** las leñosas se distribuyen a distancias regulares entre sí con una separación de 5 m x 10 m, 10 m x 10 m o 5 m x 20 m. La distancia entre los árboles depende de la especie seleccionada, la altura del árbol y el objetivo de producción.
- **Doble hilera:** las leñosas se siembran en dos hileras cercanas entre sí, con separaciones de 3 m x 2 m o 3 m x 3 m entre callejones, o a mayores distanciamientos que incluso pueden variar entre 10 m a 20 m entre callejones. Permiten que el pasto reciba luz en los callejones que son pastoreados. Es conveniente combinar estos sistemas con leguminosas que toleren la sombra.
- **Cortinas rompevientos:** las leñosas se siembran en hileras simples o múltiples con el objetivo de proteger el suelo, las pasturas y el ganado de la dirección predominante del viento y sus efectos.
- **Bancos forrajeros:** plantaciones compactas de árboles o arbustos de alto rendimiento, establecidas cerca de corrales de manejo u ordeño para facilitar su uso directo bajo un esquema de “corte y acarreo”; se ofrecen picados para que los animales hagan un uso más eficiente del forraje ofrecido.

Los sistemas silvopastoriles se pueden diseñar e implementar para ofrecer distintos bienes y servicios en las fincas:

- Proveer sombra para los animales
- Proveer forraje y frutos
- Producir postes, madera
- Proteger contra el viento
- Generar servicios ecosistémicos

A continuación se describen algunos:

3.3 Beneficios de las leñosas en la producción animal

Como parte de los múltiples beneficios que los sistemas silvopastoriles ofrecen a la producción de leche y carne, se resumen los siguientes:

- Al mejorar el confort térmico en las vacas lecheras, se da un aumento de la producción de leche.
- Al proteger a los suelos de la erosión y de los rayos ultra violeta directos, permite una mayor calidad de los forrajes.
- Los alimentos de mayor calidad ofrecidos a los animales aumentan la ganancia de peso en carne, la producción de leche y su calidad.

La mayor contribución de la sombra de las leñosas es reducir el estrés calórico y mejorar la productividad general del sistema de producción en comparación con potreros sin sombra (Souza 2002).

Los resultados de un estudio sobre la contribución de las cercas vivas para controlar el estrés calórico en vacas lecheras del trópico húmedo, demostraron que bajo la sombra de las cercas vivas las vacas lecheras presentaron una menor temperatura rectal y menor tasa respiratoria, lo que confirmó el beneficio de la sombra para reducir el impacto del estrés calórico. Además, las vacas aumentaron la producción de leche en potreros con la sombra de las cercas vivas. Esto evidenció que los apartos con cercas vivas brindaron aportes importantes para reducir el estrés calórico y una mayor producción de leche (Argeñal 2011).

Los resultados de otro estudio sobre la cobertura arbórea en potreros y su efecto en la producción bovina en fincas del trópico seco, mostraron que las novillas en época lluviosa crecieron más en las pasturas con mayor cobertura de árboles (893 g-1animal-1día-1), que en potreros sin sombra, en parte porque los pastos contenían mayor proteína y digestibilidad. Durante la época seca se demostró que las novillas que pastoreaban bajo una mayor cobertura de árboles, presentaron pérdidas de peso menores (93 g-1animal-1día-1) en comparación con aquellas que pastoreaban a pleno sol (160 g-1animal-1día-1) (Restrepo 2002).

El aumento de la cobertura arbórea en potreros de brizantha, debido a la inclusión de especies arbóreas de uso múltiple que producían frutos de alta calidad disponibles para los animales, incrementó la producción ganadera. La mayor calidad de forraje disponible en parcelas silvopastoriles que producían frutos para el ganado, compensó la menor producción acumulada de forrajes causada por los árboles, lo que proporcionó mayores ganancias de peso vivo del ganado de carne en comparación con el ganado que pastoreaba solo bajo brizantha (Esquivel 2007). En el Cuadro 3.1 se presentan especies de uso común en sistemas silvopastoriles presentes en la Amazonía ecuatoriana.

Cuadro 3.1. Especies forestales y no forestales comunes en sistemas silvopastoriles de la Amazonía ecuatoriana

Nombre común	Nombre científico	Usos
Seique, chuncho	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Madera
Yumbingue	<i>Terminalia amazonia</i>	Madera
Pituca, moral bobo	<i>Clarisia biflora</i>	Madera
Pigüe, winchipo	<i>Piptocoma discolor</i>	Madera
Bella maría	<i>Vochysia bracediniae</i>	Madera
Canelo amarillo	<i>Ocotea javitensis</i>	Madera
Canelo amarillo, guararipo	<i>Nectandra reticulata</i>	Madera
Canelón	<i>Nectandra laurel</i>	Madera
Jicopo, intachi, variable	<i>Chimarrhis glabriflora</i>	Madera
Llora sangre, achotillo	<i>Vismia baccifera</i>	Madera
Sangre de gallina	<i>Otoba parvifolia</i>	Madera
Coco, sangre	<i>Virola surinamensis</i>	Madera
Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i>	Madera
Balsa blanca	<i>Heliocarpus americanus</i>	Madera
Higuerón	<i>Ficus insipida</i>	Madera
Cedro, cedro blanco	<i>Cedrela odorata</i>	Madera
Motilón	<i>Hyeronima macrocarpa</i>	Madera
Corcho, peine de mono	<i>Apeiba membranacea</i>	Madera
Guarango	<i>Parkia multijuga</i>	Madera
Zapote	<i>Pachira rupicola</i>	Madera
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Madera
Balsa, boya	<i>Ochroma pyramidale</i>	Madera
Pachaco	<i>Schizolobium parahybum</i>	Madera
Copal	<i>Dacryodes peruviana</i>	Madera, resinas
Guaba, guabo, guabillo	<i>Inga spp.</i>	Frutal
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Frutal
Chonta	<i>Bactris gasipaes</i>	Frutal
Sangre de drago	<i>Croton lechleri</i>	Resina
Kaap	<i>Bejuco bejuco</i>	Artesanía (changuina)
Pambil	<i>Iriartea deltoidea</i>	Madera
Caña guadua	<i>Guadua angustifolia</i>	Madera, ornamental
Botón de oro	<i>Tithonia diversifolia</i>	Forraje
Quiebra barriga, nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>	Forraje
Porotillo, ajulemo	<i>Erythrina spp.</i>	Forraje
Cañaro	<i>Erythrina edulis</i>	Forraje
Morera	<i>Morus alba</i>	Forraje

Fuente: Elaboración de José Salvador Solórzano, agrónomo, técnico de CATIE en Morona Santiago, Ecuador

Además del efecto directo de los árboles sobre la producción de leche y carne, las leñosas presentes en los sistemas silvopastoriles cumplen funciones relevantes para la generación de servicios ecosistémicos. Estos servicios brindan una serie de beneficios a las familias productoras y las comunidades a nivel productivo, económico, social y ambiental.

Estos servicios se clasifican en cuatro tipos (WRI 2005):

- **De abastecimiento o provisión de bienes:** se refieren a la provisión de alimento, agua para consumo y uso agrícola, materias primas (algodón, cáñamo, lana, seda, etc.); materiales de construcción (madera, mimbre, resinas, etc.); recursos energéticos (leña, cáscaras, bagazo); recursos genéticos (agricultura, ganadería); recursos ornamentales, decoración, jardinería; recursos bioquímicos, farmacológicos y medicinales; y minerales.
- **De regulación:** Se refiere a los que regulan el clima y el ciclo del agua, mejoran la calidad del aire, el control de la erosión, la reducción de daños ante catástrofes naturales, el control de enfermedades y plagas, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, regulación y saneamiento del agua y la polinización.
- **Culturales (relacionado con valores):** aquellos que facilitan beneficios no materiales por medio de los ecosistemas, tales como el valor educativo, diversidad cultural, fuente de inspiración, espiritualidad y valores religiosos, valor estético, relaciones sociales, arraigo o pertenencia, patrimonio cultural, servicios recreativos y de ecoturismo y conocimiento científico
- **De soporte:** corresponden a procesos ecológicos necesarios para los otros tipos de servicios. Su impacto es de largo plazo y están relacionados con la formación de suelo, fotosíntesis, ciclo de nutrientes, ciclo del agua, producción primaria, hábitat de especies y la conservación de la diversidad genética.

3.3.1 La protección del suelo y reciclaje de nutrientes

Las leñosas son esenciales en las fincas ganaderas porque protegen el suelo del sol, del viento y del impacto de la lluvia, reduciendo la escorrentía superficial del agua (Ríos *et al.* 2007). Permiten que las hojas formen una capa vegetal que protege el suelo, se reducen las malezas y contribuye con el reciclaje de nutrimentos (Sandoval 2006). Muchas especies tienen la capacidad de fijar nitrógeno del aire, por ejemplo, las leguminosas como el porotillo, la leucaena y el madre cacao o madero negro, entre otros.

Por otra parte, las raíces modifican el suelo aumentando la porosidad y mejorando la infiltración del agua; amarran el suelo y aumentan su actividad biológica. Además, los árboles pueden extraer nutrientes de las capas más profundas del suelo hacia las capas superficiales, poniéndolos a disposición de las pasturas asociadas (Navas 2016).

Estos servicios que proveen las leñosas tienen un impacto favorable directo sobre la recarbonización del suelo y el reciclaje de nutrientes. Este aspecto se está promoviendo con mayor fuerza como parte de las buenas prácticas de manejo de las fincas (FAO 2020), por la importancia en la recuperación del suelo como elemento que determina la sostenibilidad del sistema productivo ganadero (Guerra 2021).

3.3.2 Diversificación de bienes y servicios

Una ventaja de la vegetación arbórea en las pasturas es que existen muchas especies leñosas de uso múltiple que pueden establecerse en las fincas y que facilitan al mismo tiempo bienes y servicios que aumentan la capacidad productiva (Marinidou y Jiménez 2010, Navas 2016). Por ejemplo, especies leguminosas como el madero negro, la leucaena, el guato y el porotillo, proveen de manera directa sombra, forraje, estacas y fijación de nitrógeno que pueden ser aprovechados en el manejo sostenible de la finca.

El productor y su familia pueden preparar una lista de especies de uso múltiple de su interés que estén disponibles en su zona, con el objetivo de seleccionar aquellas de mayor potencial para ser sembradas en la finca. Esto debe formar parte de las acciones que deben incluirse dentro de las mejoras para alcanzar la “finca soñada”, definida en el proceso de planificación de finca.

3.3.3 Protección de fuentes de agua y conservación de la humedad del suelo

Las leñosas contribuyen a incrementar la disponibilidad del recurso agua, vital para cualquier actividad productiva dentro de las fincas. La arborización del sistema productivo permite controlar la escorrentía, aumentar la capacidad de infiltración del agua y la retención de la humedad en el suelo, la conservación de las fuentes de agua superficiales y el ciclo del agua en general. La humedad del suelo es determinante para hacer frente a sequías y a situaciones de escasez de agua (Ríos y Banegas 2020).

La escorrentía es un proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje natural de la finca, hasta alcanzar la red fluvial. La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. La tasa de infiltración es una medida de la capacidad del suelo de absorber el agua proveniente de la precipitación o de la irrigación.

La arborización de las fincas ganaderas mediante sistemas silvopastoriles permite mejorar estos indicadores en comparación con los potreros sobrepastoreados. Se ha estimado una escorrentía superficial del 14% en pasturas mejoradas con más de 30 árboles por hectárea y de 5% en un banco forrajero, mientras que en una pastura nativa sobrepastoreada es mayor (48%). En estas mismas condiciones productivas, la infiltración promedio fue de 0,23 centímetros por hora en la pastura mejorada con árboles, 0,75 en bancos forrajeros y 0,07 en pasturas sobrepastoreadas (Ríos *et al.* 2007). Esto evidencia la importancia de los árboles en la retención de la humedad en el suelo.

También las leñosas son fundamentales para la protección de aguas superficiales en las fincas, brindándoles cobertura que favorece la disponibilidad de este recurso. Junto con esta cobertura, es necesario asegurar el manejo y uso del agua en las fincas mediante la implementación de buenas prácticas. Debe limitarse el acceso directo de los animales a las fuentes de agua natura, e implementar medios fáciles, accesibles y económicos que permitan, ya sea de manera fija o móvil, la distribución del agua a los distintos potreros de la finca.

3.3.4 Reducción de los efectos del cambio climático

Otro beneficio directo de las leñosas en las fincas ganaderas es la reducción de los efectos provocados por el cambio climático. Estos recursos ofrecen sombra al ganado lo cual disminuye el estrés causado por el calor; reducen la erosión del suelo y la vulnerabilidad general del sistema productivo. Mejoran la alimentación del ganado en períodos de escasez de alimentos por el consumo de las hojas, flores y frutos de los árboles, especialmente forrajeros, los mantiene en una mejor condición física y los hace menos vulnerables a las enfermedades (Toruño *et al.* 2015).

También representan uno de los sumideros de carbono más importantes de las actividades agropecuarias, junto con la recarbonización del suelo. En la producción ganadera se recomiendan cambios de prácticas de manejo y uso del suelo que ayuden a disminuir la liberación al ambiente de los gases de efecto invernadero (GEI), y la arborización del sistema productivo representa una estrategia básica. Estas prácticas facilitan la captura o remoción de carbono del aire, el cual se almacena en el suelo y en la biomasa de las leñosas (Toruño *et al.* 2015).

Las leñosas presentes en sistemas silvopastoriles en las fincas ganaderas capturan más carbono que los sistemas agrícolas sin árboles y reducen las pérdidas de carbono en el suelo.

La arborización de las fincas ganaderas mediante sistemas silvopastoriles y otras prácticas mejoradas de alimentación, aumentan la cantidad y calidad de alimentos para los animales. Esto hace que se aumente la eficiencia del proceso digestivo y se reduzca la emisión de metano. Mediante la implementación de sistemas silvopastoriles se ha logrado reducir las emisiones de metano en un 21%, y de óxido nitroso del suelo en un 36% (Toruño *et al.* 2015). Prácticas como las cercas vivas han demostrado que representan un medio efectivo para el secuestro y fijación del carbono en las fincas ganaderas (Rivera 2015).

Las leñosas pueden ser usadas como parte de los componentes de las estrategias y medidas de mitigación de las emisiones de GEI a la atmósfera y el secuestro de carbono, así como de adaptación y resiliencia al cambio climático en las fincas ganaderas (Gunderson y Holling 2001; IFC 2017).

3.3.5 Protección de la biodiversidad

Otro de los servicios ecosistémicos que proveen las leñosas en las fincas es la conservación de la biodiversidad, término que representa la variabilidad entre los organismos vivos incluidos los ecosistemas y los complejos ecológicos de los que forman parte, incluye la diversidad genética dentro y entre las especies y de los ecosistemas (ONU 1992).

La biodiversidad es importante porque de ella depende que haya vida en el planeta, así como bienestar social y económico. Es un componente esencial de las reservas de capital natural y un indicador de su condición y resistencia. Proporciona beneficios a los productores ganaderos porque es sobre la biodiversidad donde se sustentan todos los servicios y bienes utilizados en las fincas y de los que estas dependen directa o indirectamente (AED 2019).

En cercas vivas multiestratos se ha identificado una mayor riqueza de aves y mariposas que en cercas vivas simples y pasturas degradadas; incluso, las aves han mostrado un comportamiento similar al de los bosques primarios y secundarios (Sáenz *et al.* 2007; Tobar *et al.* 2007).

Otra ventaja importante de los sistemas silvopastoriles es que una finca arborizada contribuye a mejorar los paisajes rurales y las regiones, brindando mejores condiciones productivas, mayor arraigo y sentido de pertenencia a sus pobladores en sus zonas de origen.



4. Sanidad animal

Michael López Herrera; Francisco Casasola Coto; Santiago Garzón Proaño, Osmani López, Carlos Pasaca, Terry Black, Abraham Moyano, Carlos Álvarez, Claudia Sepúlveda López

4.1 Introducción

Las enfermedades infecciosas han sido reconocidas como uno de los problemas más serios en salud pública en los últimos 30 años (Almeida *et al.* 2005), sobre todo en cuanto al aumento de zoonosis. Las zoonosis son enfermedades que se transmiten en forma natural de los animales domésticos o silvestres a los humanos (Monsalve *et al.* 2009), con tendencia a mantenerse en un lugar por largos períodos de tiempo; muchas veces de manera subclínica, donde generan pérdidas económicas a los productores (Coker *et al.* 2011).

La prevención de las enfermedades de los animales de producción requiere de grandes esfuerzos por parte de los productores, especialmente para conocer y aplicar las estrategias y herramientas necesarias para alcanzar un mejor control de las mismas (Arria *et al.* 2005). La educación sanitaria forma parte de un proceso para educar acerca de todo lo que se conoce sobre la salud dentro de los patrones deseables (Bartolo *et al.* 2008). Actualmente se ha establecido la estrategia de “una salud” donde se integran la salud de las personas, la salud de los animales y la salud del medio ambiente como impulso para la sanidad en todos los escenarios humanos (OMSA 2023).

La alteración en los ecosistemas puede crear condiciones que facilitan la aparición o dispersión de nuevas enfermedades y que los cambios en los patrones climáticos traerán problemas para la salud animal debido a una mayor incidencia de enfermedades y plagas que afectarán los establecimientos de producción animal (Esmailnejad *et al.* 2018; Dong y Soong 2021). Esto es debido a que los agentes causales de las enfermedades pueden verse fortalecidos o debilitados por los cambios que ocurran en el ambiente; asimismo, la transmisión de las enfermedades puede estimularse cuando los cambios ambientales afectan la capacidad de los animales para defenderse de los patógenos (OPS 2011).

La comprensión de la triada ecológica o epidemiológica resulta de importancia ya que permite realizar mejores prácticas para prevenir las diferentes enfermedades y parásitos que afectan a los animales de producción (Acero-Aguilar *et al.* 2016). En un primer paso se analiza si los patógenos son infecciosos o no infecciosos pues hay momentos en el año en que no están en cantidad suficiente como para generar daño en los animales. También se analiza si los animales son propensos o no a contraer la enfermedad, tomando en cuenta la genética, la calidad de la alimentación proporcionada diariamente y las prácticas de manejo utilizadas por cada productor. Por último, se analiza el factor ambiental que incluye el trato que reciben los animales, el clima y las instalaciones (OPS 2011).

Las estrategias para la prevención de las enfermedades consideran, como medida principal, el uso de animales cuya genética sea capaz de adaptarse mejor a las condiciones ambientales de las fincas. Estos animales poseen características físicas y fisiológicas que les permiten soportar altas temperaturas y resistir algunas enfermedades de importancia económica (García-Romero 2006). El color de la capa, por ejemplo, pues se ha visto que los animales blancos poseen menor cantidad de parásitos externos (garrapatas y tórsalos), en comparación con animales cafés o negros (López-Herrera y Briceño-Arguedas 2014). Este tipo de características reducen la necesidad de utilizar de manera frecuente los baños desparasitantes o aplicaciones de inyectables como la ivermectina Shyma *et al.* (2015), especialmente cuando muchos de estos productos poseen baja eficacia (Abbas *et al.* 2014). Por otra parte, se ha observado que los animales más productivos son los más propensos a enfermarse debido a que su funcionamiento interno entrega pocos nutrientes al sistema inmune, lo que los vuelve susceptibles a enfermedades.

La segunda medida corresponde a alimentación correcta de los animales. Se ha observado que el sistema digestivo actúa como una primera barrera contra patógenos y fortalece al sistema inmunológico cuando los animales están bien alimentados, comparativamente con animales que no comen todos los nutrientes que deberían por día (Celi *et al.* 2017). Esto se debe a que existen muchas enfermedades que ingresan por el sistema digestivo o que vienen en los alimentos de los animales (Heredia y García 2018). Entonces, los animales deben recibir diariamente todos los nutrientes que necesitan para mantener un correcto estado inmunitario, poder defenderse de las enfermedades y promover el desarrollo de anticuerpos cuando se apliquen vacunas (Elmadfa y Meyer 2019). Por tal razón se deben entregar alimentos en cantidad y calidad necesarias diariamente; asimismo, se debe proporcionar agua en cantidad y calidad adecuada para todos los animales.

La tercera medida tiene que ver con las instalaciones y las prácticas de manejo que se apliquen a los animales. En relación con las instalaciones existen dos áreas de cuidado, la primera que tiene que ver con la densidad o cantidad de animales por área (Koknaroglu y Akunal 2013) y la segunda está relacionada directamente con las instalaciones: altura del techo, ventilación de los galpones, calidad de pisos, acumulación de humedad, etc. (Franchi *et al.* 2020).

La cantidad de animales por área está muy relacionada con el estrés. En galpones donde se colocan más animales que la capacidad máxima recomendada, el estrés aumenta y el sistema inmunológico comienza a fallar (Teke *et al.* 2014; Park *et al.* 2018). El estrés es el factor que más afecta al sistema inmunológico pues cualquier situación estresante que se prolongue por mucho tiempo (tres días a dos semanas), puede afectar de forma negativa al sistema inmunológico (Polsky y von Keyserlingk 2017). El estrés debido a la densidad existe debido a la baja movilidad existente, pues si no hay espacio para que los animales puedan estirarse, aumenta el calor. Por otra parte, una mala alimentación o falta de agua provoca un estrés nutricional. Además, el mal trato que los animales puedan recibir termina por generar estrés en ellos y afectar al sistema inmunológico (Takahashi *et al.* 2018). Otras prácticas como la aplicación de productos, el descorne y las castraciones, generan un estrés que no es permanente y no provoca efectos negativos sobre la inmunidad del animal (Spooner *et al.* 2012; Colditz y Hine 2016).

La calidad de las instalaciones en cuanto a acumulaciones de humedad podría permitir la proliferación de bacterias y hongos que pueden provocar enfermedades respiratorias, infecciones de la glándula mamaria, problemas de patas y afecciones de ojos. Según Gasque - Gómez (2008), ambientes con un 80% de humedad relativa poseen más bacterias en el aire que uno con 60% o menos. También, cuando no hay buena ventilación en los corrales o galpones, los gases amoníaco y el sulfuro de hidrógeno se acumulan y pueden afectar los medios que tienen los pulmones para mantenerse limpios (David *et al.* 2015). En lo referente a los pisos, es necesario que sean antideslizantes y que no permitan el desgaste de las pezuñas con el fin de evitar que ocurran grietas en el casco o quebraduras de patas (Gallo *et al.* 2018).

Finalmente, la cuarta medida tiene que ver con prevención de enfermedades, específicamente con la vacunación. Sin embargo, esta no servirá de nada si no se han cubierto los aspectos anteriores (Cresswell *et al.* 2013). Para que las vacunas tengan efecto se deben hacer todos los esfuerzos para que los animales estén en el mejor estado de salud de tal manera que el sistema inmunitario genere los anticuerpos que permitirán que el animal se pueda defender del ataque de los patógenos (Neethirajan 2017).

Se espera que una vacuna genere una respuesta positiva en el 70% o más de los animales del hato; entre mayor sea la respuesta, mejor (Rashid *et al.* 2009). La mayor parte de las enfermedades que afectan a los animales de producción pueden ser prevenidas por medio del uso de vacunas (Meeusen *et al.* 2007); sin embargo, muchos productores no las utilizan porque las consideran un “gasto innecesario”, sin tener en cuenta que estos productos más bien son una inversión ya que reducen el uso de productos de tratamiento que son de mayor costo que las vacunas.

Es prioritario a nivel sanitario que los productores comprendan la importancia del establecimiento de un calendario de vacunación y utilizarlo como una estrategia oportuna para reducir la cantidad de animales enfermos en la finca (Spooner *et al.* 2012). Además de la prevención de enfermedades bacterianas y virales de los animales, las vacunas también contribuyen a la

obtención de productos inocuos para el consumo humano (Jiménez-Trujillo *et al.* 2021). Otra ventaja de cumplir con el calendario de vacunación es obtener la aprobación de las autoridades sanitarias, lo que puede resultar en una mejor condición de comercialización de los animales o productos derivados de estos (Roth 2011).

Para calcular la cantidad de dosis, frascos, agujas y jeringas que se requieren para el proceso de vacunación debe tomarse en cuenta la cantidad de animales en la finca y su edad, ya que los animales jóvenes o débiles que no deben ser vacunados (López-Herrera 2020b).

Este capítulo tiene por objetivo fortalecer las capacidades técnicas de los facilitadores para que puedan conducir o facilitar sesiones de aprendizaje con productores ganaderos participantes en las ECA relacionadas a enfermedades presentes en bovinos, transmisión, qué hacer en caso de identificar una enfermedad y que conozcan algunos tratamientos.

4.2 Enfermedades de los animales de producción

Las enfermedades pueden clasificarse de acuerdo con el tipo de organismo que las provoca (bacterianas, virales y parasitarias); según las especies de parásitos que afectan a los animales de producción desde el exterior (ectoparásitos) o desde adentro de su cuerpo (endoparásitos). También, existen enfermedades que son provocadas por malas prácticas de alimentación y se conocen como enfermedades metabólicas (Padilla y Baldoceña 2006).

A continuación, se describen las principales enfermedades que afectan a los animales de producción; se presenta el nombre del agente transmisor, los medios de transmisión y lo que se debe hacer en caso de que se detecte la enfermedad.

4.2.1 Ántrax

Esta enfermedad es una zoonosis que puede que puede transmitirse a los humanos. También se le conoce como rayo, carbón bacteriano, carbón o pústula maligna. Todos los animales son susceptibles de padecer esta enfermedad (Escalante *et al.* 2021). El agente etiológico o causal es *Bacillus anthracis*, una bacteria Gram positiva que, al ser expuesta al medio ambiente al salir por las excreciones o al abrir un cadáver, forman esporas resistentes a extremos de temperatura, a desinfectantes químicos y a la desecación (Cote *et al.* 2015). Las esporas pueden persistir por varios años en productos secos como alimentos, subproductos animales, objetos contaminados y el suelo (Wood *et al.* 2015).

La transmisión se efectúa por ingestión de pastos, agua o alimentos contaminados, por inhalación de las esporas o por contacto con la piel intacta (Trujillo *et al.* 2008). Por lo general es fulminante y mortal, cuando aparece se puede observar falta de rigidez cadavérica (*rigor mortis*), con salida de fluidos sanguinolentos por boca, nariz, ano y vulva, que no coagulan. Ante estos signos hay que evitar abrir el cadáver y enterrarlo rápidamente en una fosa de 2,5

- 3 m de profundidad cuyo fondo se debe cubrir de una cama de cal para depositar al animal y cubrirlos con otra capa de cal; posteriormente se debe poner una capa de piedras para que no puedan ser desenterrados por carroñeros o depredadores (López-Herrera 2020a).

Cuando se presenta un brote de esta enfermedad en la finca, se debe establecer una cuarentena inmediatamente; ningún producto podrá entrar ni salir (Fasanella *et al.* 2010). Esta enfermedad puede confundirse con otras que generan muerte súbita, como infecciones por clostridios o la babesiosis; sólo se puede diferenciar por medio de pruebas de laboratorio. Cuando se logran ver los síntomas se puede aplicar el tratamiento que consiste en la aplicación de Penicilina-Estreptomicina en dosis 30 000 - 40 000 UI/kg de peso vivo cada 24 horas durante 3-5 días u Oxitetraciclina 1-2 ml/10 kg de peso vivo cada 24 horas durante 3-5 días, según la recomendación de un médico veterinario (López-Herrera 2020b).

4.2.2 Brucelosis

Esta enfermedad es una zoonosis conocida también conoce como aborto contagioso. La brucelosis constituye una amenaza en todos los países donde se críe el ganado bovino; casi todos los animales son sensibles, pero en especial los bovinos, cerdos y cabras (Calderón-Rangel *et al.* 2015). Es provocada por bacterias del género *Brucella*, algunas de ellas son específicas para distintas especies como *Brucella suis* (cerdos), *Brucella melitensis* (cabras y ovejas) y *Brucella canis* (perros) (Olsen y Tatum 2010). Otras, como *Brucella abortus*, pueden afectar a varias especies. La enfermedad en el ser humano se llama fiebre ondulante de Malta o fiebre Mediterránea y es un problema de salud pública, sobre todo cuando es producida por *B. melitensis* (Neta *et al.* 2010).

La brucelosis se caracteriza por el aborto en hembras después del séptimo mes de gestación y por la inflamación de los testículos en el macho (Calderón-Rangel *et al.* 2015). El principal problema para los productores es que una vaca infectada aborta al enfermarse por primera vez y puede volver a presentar partos normales hasta en el tercer o cuarto parto, posterior a la primera infección. Las bacterias se encuentran en el útero durante la gestación y la recuperación de la vaca después del parto (Gasque-Gómez 2008). Aunque después del parto la excreción por la vagina es menor, puede haber descargas de bacterias en los partos normales siguientes.

La vía principal de transmisión de esta enfermedad es la oral (80%), por consumo de agua, pastos o alimentos contaminados, por tomar leche de animales enfermos y al lamer genitales, nariz y boca con lesiones de un animal enfermo (López-Herrera 2020a). En ambientes frescos y húmedos, las bacterias pueden permanecer en el potrero de dos meses o más, pero la exposición a la radiación solar directa las elimina en pocas horas (Olsen y Tatum 2010). El ser humano por lo general se contamina por el consumo de leche afectada o por la manipulación de fetos o animales contaminados, palpaciones rectales, inseminaciones artificiales, tratamientos a animales enfermos, consumo de carnes, etc. (Khurana *et al.* 2021).

El control es de suma importancia porque esta enfermedad no tiene tratamiento justificado en animales (Olsen y Tatum 2010) . Por esta razón es que se debe evitar a toda costa que la enfermedad entre en la finca pues, cuando se da, cuesta mucho sacarla y cuando se tiene éxito hay que incurrir en costos muy altos (Zambrano-Aguayo y Pérez-Ruano 2016). Para impedir que la enfermedad entre en la finca se debe:

- Estar seguros de que el agua de bebida sea de una fuente confiable.
- Cualquier animal que entre a la finca debe tener una constancia que indique que está libre de brucelosis
- Usar toros o inseminación artificial con garantía de que están libres de la enfermedad.
- Tener un plan de vacunación permanente. Las vacunaciones se deben realizar sólo en hembras, con una primera vacunación entre los meses cuarto y octavo después de nacidas y una revacunación al mes doceavo. Se pueden usar las vacunas Cepa 19 y RB51 (Gasque - Gómez 2008).

4.2.3 Tuberculosis

Esta enfermedad es una zoonosis que afecta a todos los animales vertebrados; está ampliamente difundida por el mundo (Ayele *et al.* 2004). Antes de que se tomaran medidas para controlarla, fue considerada la principal enfermedad de los seres humanos y los animales. Es una infección respiratoria y del sistema linfático ocasionada por los bacilos ácido-resistentes de *Mycobacterium tuberculosis* (humano), *Mycobacterium avium* (aves, ovinos, perros y bovinos) y *Mycobacterium bovis* (cualquier vertebrado de sangre caliente) (Skuce *et al.* 2012).

El contagio ocurre por la inhalación de gotitas infectadas por la bacteria, procedentes de pulmones tuberculosos de los animales enfermos; esta vía se ve favorecida por el contacto de los animales durante el pastoreo, en comederos y en la sala de ordeño (Domingo *et al.* 2014). También puede contagiarse por ingestión de leche, alimento y pastos contaminados por orina, material fecal y secreciones nasales (Schiller *et al.* 2010). Esta bacteria puede sobrevivir en los pastos durante 2-3 meses y seguir contaminando a otros animales. También es posible que la bacteria se excrete por medio de la leche, lo que puede suceder en el 1 - 2% de las vacas enfermas, lo cual es de importancia en terneros de reemplazo (Ayele *et al.* 2004; Domingo *et al.* 2014).

Esta enfermedad no tiene tratamiento, aunque se ha utilizado la Penicilina-Estreptomicina en dosis 30 000 - 40 000 UI/kg de peso vivo (IM) cada 24 horas durante 7 días, con resultados variables, por lo que se recomiendan medidas de control y eliminación (Gasque-Gómez 2008). El control se realiza mediante el uso de la prueba intradérmica de tuberculina, ya que el diagnóstico utilizando signos clínicos es muy difícil (Domingo *et al.* 2014). Se suele utilizar el enfoque de prueba y sacrificio, ya que es el único que asegura la erradicación de la tuberculosis al eliminar los animales positivos a prueba de tuberculina (Gasque-Gómez 2008).

4.2.4 Enfermedades clostridiales

Son enfermedades provocadas por bacterias del género *Clostridium*. Existen varias especies que provocan varias enfermedades en los animales y que los afectan en diferentes momentos de su vida (Raymundo *et al.* 2014). Los principales clostridios que afectan a los animales de producción son (Borriello y Carman 1985):

- *Clostridium septicum*, *Clostridium sordelli* y *Clostridium novyi* (edema maligno)
- *Clostridium perfringens* (enterotoxemia)
- *Clostridium chauvoei* (pierna negra)
- *Clostridium tetani* (tétanos)

Edema maligno

Esta enfermedad es causada por la contaminación de heridas punzantes profundas y sucias que sirven de entrada para que se desarrolle el edema. La muerte ocurre cuando las bacterias producen toxinas muy potentes que viajan por la sangre e intoxican al animal hasta su muerte (Alves *et al.* 2021). Aparece de manera esporádica en las fincas; es decir, que aparece en uno o dos animales de forma ocasional, con afectación de animales de todas las edades y de otras especies (Gazioglu *et al.* 2018).

El control de esta enfermedad se hace por medio de la limpieza de heridas y la vacunación por medio de bacterinas anticlostridiales (Alves *et al.* 2021). Existen diferentes presentaciones de vacunas, algunas compuestas por todas las especies de clostridios, indicadas antes, o con más especies, llamadas anticlostridiales y otras con menos especies denominadas vacunas dobles o triples. La vacuna doble protege a los animales contra dos enfermedades (septicemia hemorrágica y pierna negra), mientras que la triple protege contra tres enfermedades (septicemia hemorrágica, pierna negra y edema maligno) (López-Herrera 2020a).

Las bacterinas son vacunas elaboradas con organismos muertos, lo cual permite que se puedan aplicar en los animales a edades más jóvenes que las vacunas vivas (ántrax y brucelosis). Los terneros deben recibir la primera dosis a los dos meses de edad y una segunda aplicación dos o tres semanas después (Miranda *et al.* 2006). En zonas donde es frecuente la enfermedad se debe vacunar 15 días antes de la castración, descorné o descole (Miranda *et al.* 2006); también se recomienda la revacunación anual, así como rdespués de un traumatismo grave (Raymundo *et al.* 2014). Además, se puede aplicar a las vacas un mes y medio antes del parto para fortalecer el calostro. En cuanto al tratamiento se ha recomendado los siguientes productos:

- Penicilina en las dosis 10 000 – 20 000 UI/kg de peso vivo (IM)
- Oxitetraciclina 1-2 ml/10 kg de peso vivo (IM-SC) cada 24 horas durante tres o cinco días

Enterotoxemia

Enfermedad infecciosa causada por *C. perfringens*, sobre todo los tipos A (afecta aves, cerdos, caballos y perros); B y C (afecta corderos, terneros, cabritos, cerdos y potrillos), D (afecta principalmente a ovejas y caprinos) y E (de poca importancia económica), afecta principalmente a los animales jóvenes (Borriello y Carman 1985).

Las enfermedades que provoca esta bacteria son (Raymundo *et al.* 2014):

- Disentería del cordero en animales de hasta tres semanas de edad (tipo B y D)
- Enterotoxemia del ternero en animales bien alimentados hasta de un mes de edad (tipos B y C)
- Enterotoxemia del cerdo en lechones durante sus primeros días de vida (tipo C)
- Enterotoxemia del potro en la primera semana de vida (tipo B)
- Pasma en ovejas adultas (tipo C)
- Enterotoxemia caprina en adultos (tipo C)

Se transmite por medio de la ingesta de pastos contaminados; la fuente de entrada es la boca y la mucosa del aparato digestivo (Morris y Fernández-Miyakawa 2009). Esta bacteria requiere de ambientes de alta humedad; sin embargo, cuando ocurren cambios de ambientes hacia condiciones de mayor sequía, estas bacterias se encapsulan y forman esporas que permanecen en el suelo por muchos meses (Lobato *et al.* 2006). Estas esporas se activan cuando inician las lluvias y causan grandes pérdidas en los reemplazos y otros animales jóvenes, sobre todo cuando se descuida la vacunación.

Para el control de la enfermedad se busca evitar el desarrollo de los tipos B, C y D mediante la vacunación con bacterinas anticlostridiales (Raymundo *et al.* 2014). Para controlar los brotes de crías en lactancia se puede inmunizar a la madre mes y medio antes del parto, de manera que le transfiera los anticuerpos a la cría por medio de la leche (López-Herrera 2020a). La inmunización se debe hacer realizando dos aplicaciones con dos ó tres semanas de intervalo entre ellas (Fohler *et al.* 2016), considerando los siguientes aspectos:

- Todos los animales con más de un año en la finca deben ser revacunados anualmente.
- En zonas de alto riesgo se recomienda la revacunación anual o hasta bianual, de acuerdo con el comportamiento de las precipitaciones y la temperatura.
- Las crías deben ser inmunizadas a los dos o cuatro meses (mayor consumo de forrajes), utilizando dos dosis con de dos a cuatro semanas de diferencia entre ellas.
- Se recomienda una dosis adicional al destete.

Si antes de la época de brotes no se pudo inmunizar a tiempo a los animales, se recomienda vacunar al hato en riesgo y complementar con penicilina para evitar nuevos brotes durante los 10 días de protección brindada por la bacterina (López-Herrera 2020b). Debido a la gravedad de la enfermedad, cuando ya se ven síntomas, generalmente es muy tarde para tratarla, por lo que se considera que el tratamiento no es efectivo (Fohler *et al.* 2016).

4.2.7 Pierna negra

También llamada carbón, mal de la paleta o *black leg* (Raymundo *et al.* 2014). Es una enfermedad infecciosa caracterizada por una inflamación muscular, generalmente, en los músculos más grandes, intoxicación grave, no transmisible fácilmente entre animales, pero que es muy mortal en los animales enfermos (Abreu *et al.* 2018). Se encuentra en cualquier lugar donde haya ganado y puede afectar a cabras y ovejas.

Por lo general aparece en animales de razas de engorde, aunque también se puede ver en hatos lecheros, sobre todo en los animales jóvenes de seis meses a dos años que son los de mayor ganancia de peso y que comen dietas de alto contenido de proteína; esta combinación hace al animal más susceptible (Daly *et al.* 2009; López-Herrera, 2020). Ocurre más que todo en los meses de más calor, aunque se ha encontrado efecto debido a la influencia de las lluvias.

Esta espora es resistente a los cambios de ambiente y a los desinfectantes comunes, pudiendo permanecer en el suelo por muchos años. Su vía de transmisión principal es por la boca al comer pastos contaminados con la bacteria (Heckler *et al.* 2018). Esta bacteria forma parte de la flora del sistema digestivo del ganado, por lo que hay animales que son portadores sanos y que liberan esporas al medio ambiente y contaminan los pastos (Abreu *et al.* 2018). La aparición de la enfermedad se ha relacionado con los cambios en la calidad de la alimentación que trae el paso de la estación seca a la lluviosa, sobre todo en los animales más fuertes que comen más y lo de mejor calidad nutricional (Heckler *et al.* 2018).

Los terneros deben recibir la primera dosis de la vacuna a los dos meses de edad, con una segunda aplicación dos ó tres semanas después (Corpus *et al.* 2008). En zonas donde es frecuente la enfermedad se debe vacunar un mes antes de la entrada de las lluvias y se recomienda la revacunación anual. Además, la vacuna se puede aplicar a las vacas un mes y medio antes del parto para fortalecer el calostro (Corpus *et al.* 2008). En momentos de brote se recomienda vacunar al hato en riesgo y complementar con penicilina para evitar nuevos brotes durante los 10 días que dura la bacterina en conferir protección. Se recomienda la aplicación de los siguientes productos:

- Penicilina en las dosis 10 000 – 20 000 UI/kg de peso vivo (IM)
- Oxitetraciclina 1-2 ml/10 kg de peso vivo (IM-SC) cada 24 horas durante tres - cinco días

Tétanos

Se le conoce también como toxemia tetánica. Es una intoxicación producida por una neurotoxina de la bacteria *Clostridium tetani* (Brook 2008). La susceptibilidad varía mucho entre especies, siendo los caballos y el ser humano los más susceptibles, mientras que los perros y gatos son los más resistentes.

Las esporas de la bacteria no son capaces de crecer en tejidos normales, si no que ingresan por una herida profunda, una castración o por una partícula atrapada dentro del tejido que genera una contaminación (George *et al.* 2021). Las bacterias únicamente se multiplican en ese espacio y cuando se rompen se libera la neurotoxina al cuerpo (Gasque-Gómez 2008).

Para la prevención de esta enfermedad se debe aplicar 1500 – 3000 U.I. de antitoxina tetánica, que da inmunidad pasiva por un periodo corto de hasta dos semanas; posteriormente se debe aplicar el toxoide tetánico, que estimula la inmunización activa del animal y una reaplicación a los 30 días: luego se sigue con revacunación anual con toxoide tetánico (López-Herrera 2020b). Si después de la inmunización se produce una herida, se debe aplicar otra dosis de toxoide tetánico para aumentar la cantidad de anticuerpos circulantes. Todos los procedimientos deben realizarse en condiciones excelentes de higiene, utilizando cloro y/o yodo que han mostrado capacidad para eliminar la bacteria (Brook 2008).

El tratamiento funciona cuando se detecta la enfermedad en momentos iniciales y debe realizarse conjuntamente con la aplicación de 50 000 UI de antitoxina (IV), además del drenaje y la limpieza de la herida (López-Herrera 2020b):

- Se utiliza la Penicilina-Estreptomicina en dosis de 30 000 – 40 000 UI/kg de peso vivo (IM) cada 24 horas durante tres a cinco días
- Oxitetraciclina 1-2 ml/10 kg de peso vivo (IM-SC) cada 24 horas durante tres a cinco días
- Oxitetraciclina LA 1 ml/10 kg de peso vivo (IM-SC), única dosis.

4.2.5 Leptospirosis

Es una zoonosis de los animales y del ser humano (Daud *et al.* 2018). Proviene de animales silvestres, principalmente roedores, y se presenta en dos formas: una forma febril en animales jóvenes y otra en adultos, más suave y más benigna, pero con afecciones en la reproducción (Adugna 2016). Las infecciones pueden ser asintomáticas o presentar gran variedad de síntomas. El ser humano es sensible a todas las serovariedades halladas en los animales domésticos (Gasque-Gómez 2008).

La infección es adquirida, generalmente, por el contacto con la piel o las mucosas (ojos, nariz, boca o vagina), contaminadas con orina o por comer alimentos infectados con orina de las vacas o de roedores portadores de la enfermedad (Lilenbaum y Martins 2014). El contagio a humanos ocurre cuando la persona entra en contacto con animales infectados o con agua contaminada con la orina de animales enfermos. Los síntomas más comunes son dolor de cabeza, fiebre, dolor muscular, daño al hígado o riñones y, finalmente, la muerte (Adugna 2016).

En animales jóvenes se presentan cuadros fuertes de fiebre durante tres días; también puede ocurrir destrucción de glóbulos rojos que conduce a una anemia (Gasque-Gómez 2008). La destrucción de los glóbulos rojos puede conducir a dos caminos: la recuperación de los glóbulos rojos al séptimo día o 10 después de la infección ó a la muerte de los animales por falta de oxígeno en el cerebro después de tres días (Adugna 2016). En animales adultos se

observan abortos; en épocas de lluvia son comunes los brotes de abortos, los cuales pueden ocurrir en cualquier momento de la gestación (Libonati *et al.* 2018). Además, hay reducción en la producción, la leche se espesa y a veces se tiñe de sangre (Orjuela *et al.* 2022).

El control de la leptospirosis es muy importante dado que es una zoonosis, por lo que se deben tomar las siguientes medidas: eliminar los portadores sanos, control de roedores en las fincas, evitar acceso a fuentes de agua que puedan estar potencialmente infectadas y la vacunación de los animales (Martins y Lilenbaum 2017). La vacunación se comienza a los dos meses de edad, con vacunación doble (de dos a cuatro semanas después de la primera dosis, con lo cual se evita la anidación de la bacteria en los riñones y la aparición de portadores sanos. A los ocho meses se debe aplicar un refuerzo y una revacunación anual con única dosis. Los terneros no destetados, criados por vacas inmunizadas, mantienen la inmunidad hasta los seis meses debido al consumo de leche materna (Orjuela *et al.* 2022).

4.2.6 Estomatitis vesicular

Es una enfermedad zoonótica viral que afecta a bovinos, equinos y porcinos. Su principal característica es la formación de vesículas y erosiones en la mucosa oral o sobre la piel de los pezones o patas (Schmitt 2002). Esta enfermedad es originaria de América, siendo propia de algunos países como Estados Unidos, Canadá, México, América Central, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Aunque es una enfermedad prima de la fiebre aftosa, no es tan contagiosa como esta y no muestra un comportamiento habitual en la aparición de brotes (Webb y Holbrook 2019).

El virus es más abundante y contagioso en el líquido claro y la cubierta de las vesículas, pero cinco ó seis semanas después, las lesiones no son contagiosas (Webb y Holbrook 2019). La enfermedad se disemina rápidamente en todo el hato llegando al 90% de los animales en semanas, ya que su transmisión se da por el contacto con la saliva, el líquido o piel abierta de las vesículas que aparecen en la nariz, boca, lengua, encías y paladar de animales enfermos (Rodríguez 2002). Los lugares más comunes donde aparecen las vesículas son la boca, lengua, paladar y encías; pero en casos graves se extiende al morro y a las fosas nasales; en raras ocasiones se presentan lesiones en las pezuñas (López-Herrera 2020a). En el ganado lechero se producen lesiones en la ubre que terminan por generar mastitis como secuela (Schmitt 2002). Los animales se recuperan alrededor de una a dos semanas después, pero pueden suceder complicaciones posteriores que se deben a infecciones secundarias. Los animales pueden crear anticuerpos que duran toda su vida, pero no garantizan que no se enfermen (Letchworth *et al.* 1999).

No hay tratamiento específico para esta enfermedad; se pueden hacer terapias que consisten en el cambio de acidez con limón, vinagre u otros ácidos, junto con violeta de genciana que ayudan a la cicatrización de las vesículas (López-Herrera 2020b). Los antibióticos pueden impedir la infección secundaria de tejidos afectados, pero no actúan en contra del virus (Schmitt 2002).

4.2.7 Rabia

Enfermedad zoonótica natural de perros, gatos, murciélagos y carnívoros salvajes, pero que afecta a todos los animales de sangre caliente (Silva *et al.* 2019). Es una enfermedad de distribución mundial, con pocos lugares donde no existen casos reportados actualmente (Bárcenas-Reyes *et al.* 2015). Los reservorios de la enfermedad en América son animales silvestres donde permanece focalizada. Sin embargo, la enfermedad puede llegar a las fincas y es en este punto donde se vuelve peligrosa para los seres humanos (Dorrego-Romano y Firpo-Pascoli 2021).

La infección se inicia por el depósito de la saliva infectada en o cerca de un nervio. El virus se multiplica en el tejido muscular cercano al nervio y viaja por los nervios a diferentes puntos del cuerpo, hasta llegar a las glándulas salivales donde puede ser transmitido a otro individuo, aun sin mostrar los síntomas característicos de la enfermedad (Silva *et al.* 2019). También, se han encontrado animales que, presentando síntomas clínicos característicos de la enfermedad, no presentan virus en la saliva (López-Herrera 2020a).

En esta enfermedad se distinguen tres fases principales: la primera etapa dura de uno a tres días durante los cuales se presentan cambios de comportamiento en los animales, salivación abundante y dejan de comer, a veces se aíslan del grupo y tienden a andar solos. La segunda es la fase furiosa, donde los animales se vuelven muy agresivos, atacan a los dueños, operarios, muerden o embisten, cualquier movimiento o ruido resulta en un ataque; la producción de leche se reduce de forma abrupta. Generalmente este período o fase no tarda más de 10 días; a medida que la enfermedad progresa, la incoordinación muscular y convulsiones son comunes. La muerte ocurre en la tercera fase por una parálisis progresiva de los músculos del cuerpo (López-Herrera 2020a; Dorrego-Romano y Firpo-Pascoli 2021).

Aunque se considera mortal, se han visto casos de recuperación espontánea. El control de la enfermedad se hace por medio de medidas masivas y regionales (Ramírez-Romero *et al.* 2011; Marín-Álvarez *et al.* 2014; Bárcenas-Reyes *et al.* 2015):

- Notificación a las autoridades de salud animal de casos sospechosos.
- Vacunación masiva de perros y animales domésticos potencialmente expuestos.
- Eliminación de perros errantes o animales sin dueño.
- Reducción del número de vectores silvestres, evitando la sobrepoblación.
- Eliminación de los animales silvestres que tienen comportamiento extraño, o fuera de lo normal, como pérdida de temor al ser humano o animales nocturnos que aparecen en el día, etc.
- Cuando una persona es mordida por un animal sospechoso, el animal debe ponerse en cuarentena por un período no menor de 10 días y, al menor síntoma, se debe sacrificar y examinar en un laboratorio para hacer el diagnóstico inmediato y la persona debe ponerse en tratamiento inmediatamente.

4.2.8 Fiebre aftosa

La fiebre aftosa es propia de África, Europa, Asia y Sudamérica. Esta enfermedad es provocada por un virus que afecta principalmente a los animales jóvenes y en muy pocas ocasiones a algún animal adulto (Weaver *et al.* 2013). El virus resiste los desinfectantes comunes y las prácticas de almacenamiento de carnes (Gasque-Gómez 2008). Al igual que la estomatitis vesicular, es muy susceptible a cambios de pH. Los rayos solares lo destruyen rápidamente, aunque puede persistir en los pastos durante periodos largos a baja temperatura (Stenfeldt *et al.* 2016).

El virus penetra por la boca y la nariz llegando a la sangre donde se moviliza hacia las patas y puede afectar la ubre en menor grado. En estos puntos genera las vesículas características de la enfermedad (Arzt *et al.* 2018). El virus se encuentra en la leche y en la sangre antes de que aparezcan las primeras vesículas en la boca (Gasque-Gómez 2008). Como viaja en la sangre, contamina todas las secreciones del animal (saliva, leche, semen y hasta heces), las cuales son infecciosas antes de notar síntomas de la enfermedad (Pacheco *et al.* 2010). El punto de infección máxima se alcanza cuando se rompen las vesículas y sale el líquido vesicular que contiene el virus en concentración máxima (Arzt *et al.* 2011).

La ruptura de las vesículas puede generar úlceras dolorosas que reducen el consumo de alimento, en el caso de las vesículas de la boca, y cojeras, en el caso de las vesículas de las patas, con riesgo de infecciones secundarias por bacterias que pueden comprometer la salud del animal (Pacheco *et al.* 2010; Arzt *et al.* 2011). A veces aparecen vesículas en los pezones y, cuando el orificio del pezón es afectado, aparece una mastitis intensa (Stenfeldt *et al.* 2016). El sufrimiento del animal puede prolongarse hasta seis meses (Yadav *et al.* 2019).

Cuando se detecta un brote de fiebre aftosa en una finca, todos los animales de pezuña hendida (vacunos, cerdos, cabras, ovejas) que hayan tenido contacto o cercanía con el virus, deben ser sacrificados de inmediato y enterrados al menos a dos metros de profundidad (Arzt *et al.* 2011). No se permite reclamar la carne o la leche pues se considera infectada. Una vez que se eliminan todas las posibles fuentes de infección, la finca deberá mantenerse en cuarentena, sin animales durante seis meses (Young *et al.* 2013). Además, se debería restringir el movimiento de personas o animales hacia (o desde) los locales contaminados y cuarentenar todas las granjas en un radio de 20 a 25 km a la redonda del punto donde inició el brote (Young *et al.* 2013).

4.2.9 Anaplasma y piroplasma

La anaplasmosis bovina es causada por bacterias que atacan los glóbulos rojos, viven dentro de ellos donde se alimentan, reproducen y finalmente los destruyen para ir a colonizar otros glóbulos (Kocan *et al.* 2010). Por otra parte, la piroplasma es provocada por protozoarios que también son parásitos de los glóbulos rojos y los destruyen para multiplicarse en el cuerpo del animal (Cohil *et al.* 2013). Ambas enfermedades afectan a bovinos, ovinos, caprinos, búfalos, equinos, animales silvestres y, en raras ocasiones, al ser humano (Mosqueda *et al.* 2012, Siddique *et al.* 2020).

Estas dos enfermedades no son contagiosas entre los animales, si no que dependen de otros organismos para movilizarse (Gasque-Gómez 2008). La anaplasma puede ser transmitida por garrapatas y moscas, mientras que la piroplasma únicamente por garrapatas (Corona *et al.* 2005). La anaplasma también puede ser transmitida por medio de agujas y cuchillos contaminados con la bacteria. Los síntomas de estas enfermedades aparecen al cabo de dos a cuatro semanas, momento en el que las enfermedades pueden tomar dos rumbos: una vía fulminante con muerte después de ocho horas y otra forma aguda, donde se pueden observar los síntomas (Suarez y Noh 2011).

En el caso de la anaplasma, existe una forma crónica que ocurre en los animales que parecen curarse de forma natural, pero la enfermedad vuelve y ataca nuevamente. Los animales que no han estado en contacto con la enfermedad y que son movilizados de una zona libre a una contaminada, la enfermedad se les manifestará de forma fulminante; por el contrario, la exposición a la misma resulta en el desarrollo de inmunidad (Dantas-Torres y Otranto 2017; Dantas-Torres *et al.* 2017), pues los animales están infectados pero son capaces de tolerarla. Sin embargo, en el momento en que se pierde el contacto con la enfermedad, por eliminar las garrapatas de las fincas, los animales se vuelven susceptibles y desarrollan la forma fulminante (Kocan *et al.* 2010; Suarez y Noh 2011). En zonas donde es común esta enfermedad, los terneros tienen un grado de inmunidad debido a su edad y a los anticuerpos que les proporciona el calostro de vacas infectadas saludables; esta inmunidad persiste durante cuatro - seis meses (Zintl *et al.* 2005).

Los síntomas principales de la anaplasma son provocados por la destrucción de los glóbulos rojos, lo que genera anemia, cambios en el color de las mucosas, baja en la producción y orina de color marrón (Ariel *et al.* 2014).

En el caso de la piroplasma, todos los síntomas son más intensos y la orina de color marrón también genera espuma, por lo que parece que el animal orina Coca-Cola (Gohil *et al.* 2013; López-Herrera 2020a). El control de la enfermedad debe estar enfocado en establecer la inmunidad de los animales y evitar el contacto con los vectores de la misma (garrapatas) (Dantas-Torres y Otranto 2017). El ser humano puede afectar la inmunidad de algunos animales del hato debido al uso de insecticidas y acaricidas, de tal manera que se debe disminuir la población de garrapatas, pero no eliminarla (Dantas-Torres *et al.* 2017). El ganado cebuino, o sus cruces, muestran mayor resistencia a la infección y al control por garrapatas, ya que este tipo de ganado puede evitar que las garrapatas se alimenten de manera exitosa (Jonsson *et al.* 2008).

Es importante mantener el control de otros vectores mediante baños para moscas e insectos y con redes y *warfarina* para el control de vampiros, en caso de la anaplasma (Gasque-Gómez 2008). Cuando se movilicen animales a zonas libres de anaplasma, se debe provocar su premunición, poniéndoles 5 cc de sangre de un animal portador sano en forma intramuscular o por medio de vacunas comerciales (Dantas-Torres y Otranto 2017). Otra forma de premunición es ponerle a los animales unas cuantas garrapatas que inoculen la enfermedad, esperar que aparezcan los síntomas (dos - cuatro semanas) y aplicar el tratamiento inmediatamente (López-Herrera 2020b).

Existen tratamientos específicos para anaplasma, específicos para piroplasma y tratamientos para ambas enfermedades. Para anaplasma se recomienda el uso de 1-2 ml/10 kg de peso vivo (IM-SC) de Oxitetraciclina cada 24 horas durante 3-5 días ó LA 1ml/10 kg de peso vivo (IM-SC) única dosis de Oxitetraciclina. Para piroplasma se recomienda el uso de 5 cc/100 kg de PV de Berenil intramuscular; el tratamiento para ambas enfermedades consiste en 2,5 cc /100 kg de PV de Propionato de Imidocarbo (Dantas-Torres y Otranto 2017; Dantas-Torres et al. 2017).

4.3 Parásitos de los animales de producción

Los parásitos son organismos que viven en estrecho contacto con otros seres vivos, dependen de ellos para subsistir y producto de esta dependencia pueden causar daño cuando están en altas infestaciones (Prenter et al. 2004; De León et al. 2020). La magnitud del daño causado por los parásitos a los animales domésticos en ocasiones es leve y en otras muy severo, por lo que se debe intervenir para que la salud de los animales no se vea afectada (Råberg et al. 2009). Los parásitos se dividen en dos grupos principales de acuerdo con el lugar donde generar su impacto; cuando afectan al animal desde afuera de su cuerpo se llaman parásitos externos y si afectan al animal desde adentro de su cuerpo se llaman parásitos internos (Ferraz da Costa et al. 2014; Gasque-Gómez 2008).

4.3.1 Parásitos externos

Miasis

Las miasis son problemas provocados por larvas de moscas. En este grupo de parásitos externos se encuentran la larva de la mosca del tórsalo (*Dermatobia hominis*) (Fernandes et al. 2012) y la larva del gusano barrenador (*Cochliomyia hominivorax*) (Forero-Becerra et al. 2007); en ambos casos se ven afectados todos los vertebrados de sangre caliente. El ciclo de ambas especies involucra cuatro estados de desarrollo (huevo, larva, pupa y adulto); el estado de larva es la fase de interés debido a que son los parásitos obligados de los animales de producción (Villarino et al. 2003; Forero-Becerra et al. 2007).

Las larvas son las fases parasitarias de los animales, se ubican de manera inicial por debajo de la piel y ahí generan los efectos adversos; sin embargo, su impacto sobre los animales es diferente entre las especies de moscas. La mosca del tórsalo no pone los huevos directamente sobre el animal, sino que coloca sus huevos sobre un insecto chupa sangre (mosquitos, tábanos u otras moscas); las larvas nacen en este insecto y cuando chupa la sangre, las larvas ingresan por la herida generada y comienzan a crecer dentro (Maier y Hönigsmann 2004), entonces la herida se hace más grande y atrae más insectos que portan larvas, lo que termina generando nudos donde habitan varias larvas que permanecen debajo de la piel alimentándose de la linfa y grasa subcutánea durante cinco - siete semanas, momento en el que abandonan el orificio y se lanzan al suelo para enterrarse y transformarse en una pupa de la que emergerá un adulto (Villalobos et al. 2016).

Por el contrario, la mosca del gusano barrenador pone sus huevos directamente sobre el animal en una herida abierta; en este espacio son incubados y las larvas emergen para comenzar a comerse la carne viva del animal Costa-Júnior *et al.* (2019). El olor de la herida atrae a otras moscas que llegan a poner sus huevos en el mismo lugar, lo que aumenta la cantidad de larvas en el sitio y la cantidad de carne perdida. En el espacio donde están las larvas se observa una llaga que puede infectarse y provocar infecciones secundarias (Forero-Becerra *et al.* 2007). Las larvas se alimentan de sangre por una semana y luego se lanzan al suelo para enterrarse y transformarse en una pupa de la que emergerá un adulto (Arteaga *et al.* 2012).

Los efectos de las infestaciones de estas larvas de mosca pueden dividirse en cinco grandes componentes (Grisi *et al.* 2014):

- Un efecto traumático, causado por las larvas al desgarrar los tejidos del huésped con los órganos bucales en forma de gancho (barrenador).
- Un efecto irritante, causado por el movimiento constante de las larvas dentro de la herida (tórsalo y barrenador).
- Infecciones secundarias de las heridas exudativas, causadas por otros organismos contaminantes, como bacterias, virus, protozoos y hongos (tórsalo y barrenador).
- El efecto tóxico causado por las excreciones larvarias de productos de desecho (tórsalo y barrenador).
- Aumento de los costos de producción.

El control de las miasis se realiza por medio de herramientas como el control químico, con productos tales como los organofosforados y los piretroides, aunque su efectividad es por pocos días. Otros productos como los endectocidas muestran varias semanas de protección contra estos parásitos, sin embargo, su uso está restringido en sistemas lecheros, salvo los productos basados en eprinomectina (Moya-Borja *et al.* 1997; Conde *et al.* 2021).

Los animales resistentes a la infestación, como es el caso de los animales cebuinos y sus cruces, cuentan con capacidad para contrarrestar las infestaciones de tórsalos, aunque no las del gusano barrenador (Oliveira *et al.* 2013). Los colores de la capa de los animales influyen sobre la presencia de la miasis; el color negro es el de mayor atracción y el blanco el de menor atracción (López-Herrera y Briceño-Arguedas 2014). La aplicación de productos como microorganismos descomponedores de materia orgánica en los corrales ha permitido la reducción de moscas, aunque no se ha comprobado que afecte a los vectores del tórsalo o a la mosca del gusano barrenador (McCrary y Hobbs 2001).

Garrapatas

Son ácaros hematófagos que producen grandes pérdidas en las explotaciones ganaderas. Las de mayor importancia para los animales domésticos son las garrapatas duras, donde destacan dos especies principales *Rhipicephalus microplus* y *Amblyomma cajennense* (Gómez *et al.* 2008). Ambas especies poseen cuatro estados (huevo, larva, ninfa y adulto) (Sahara *et al.* 2019); la diferencia entre ellos es la cantidad de veces que suben a los animales: *R. microplus* sube al animal una única vez como larva y permanece toda su vida en él hasta

que baja como adulto para poner huevos (Moges *et al.* 2012). Por el contrario, *A. cajennense* es una garrapata de tres hospederos, esto quiere decir que sube a un animal como larva y, en cada cambio de estado, se sube a un animal nuevo, que puede ser doméstico o salvaje, lo cual hace un poco más complejo su control (Moges *et al.* 2012).

Todos los estados son parásitos y chupan sangre de los animales; por esta razón es que, en altas cantidades afectan la producción y pueden conducir a la muerte del animal por anemia, si no se toman las medidas de control respectivas (Gómez *et al.* 2008); también, pueden dañar y afectar la calidad del cuero del animal, que es de importancia textil. Además, estos parásitos son vectores de enfermedades como la anaplasma y piroplasma, cuya infección se da durante el último día como ninfa (Galay *et al.* 2020).

Su control se debe efectuar por medio de la integración de varias estrategias que pueden incluir prácticas culturales como la quema de pasturas, la rotación de potreros que funciona pero sólo con las garrapatas de un hospedero (*Amblyomma*), ya que sus larvas pueden sobrevivir un año sin un hospedero y la inclusión de plantas atrayentes o repelentes ha mostrado buenos resultados (Gómez *et al.* 2008). En sistemas de 25 vacas o menos, la extracción manual ha resultado efectiva eliminando las garrapatas totalmente llenas de un costado del animal, lo cual reduce la cantidad de baños por año que se aplica en los animales (WingChing-Jones 2015). Otras estrategias que se puede aplicar es el control por medio de baños de aspersion o inmersión con organofosforados, piretroides o amitraz, además, el uso de endectocidas ha demostrado ser eficaz para reducir la cantidad de garrapatas (George *et al.* 2004; Abbas *et al.* 2014). Otra estrategia es el uso de animales con capacidad genética para evitar estos parásitos como lo son los animales de capa blanca y los cebuínos junto con sus cruces (Oliveira *et al.* 2013).

Moscas

Existen tres especies de moscas que podrían generar daños en los animales de producción (Showler y Osbrink 2015; Barros 2001; Hack 2019). Contrario a las miasis, donde el parásito por controlar es la larva de las moscas, en este caso son las moscas adultas las que generan los problemas de salud en los animales; estos problemas pueden ser directos, ya que dos especies chupan sangre o indirectos, por la movilización de bacterias o virus que podrían enfermar a los animales (Hack 2019).

La primera especie de mosca es la de los establos (*Stomoxys calcitrans*), la cual es común en zonas tropicales donde hay mucha presencia de materia orgánica en descomposición, tales como rastrojos de cosechas, estiércol en potreros, árboles derribados en descomposición, heno húmedo en descomposición o recambio de cama de corral acumulado y sin procesar (Showler y Osbrink 2015). Esta mosca prefiere chupar sangre en la parte baja del animal, punto donde más se ubican, razón por la que puede ser vector de anaplasmosis; también chupa sangre en la ubre, por lo que puede transmitir bacterias de una vaca a otra y generar problemas de mastitis en ganado lechero (Salem *et al.* 2012; Taylor *et al.* 2012). Las infestaciones intensas provocan pérdidas de sangre muy altas que afectan tanto la producción de leche, como la ganancia de peso (Dominghetti *et al.* 2015).

La segunda especie de mosca es la de los cuernos (*Haematobia irritans*), la cual es de menor tamaño pero chupa sangre de manera más frecuente, lo que provoca mayor estrés en el animal (Showler *et al.* 2014). Esta mosca se ubica en la parte superior del animal, aunque en altas infestaciones puede llegar a ubicarse en la parte media de las costillas (Oliveira *et al.* 2017). También requiere de materia orgánica en descomposición para reproducirse. Los animales infestados reducen su producción por una posible anemia y una alteración de sus hábitos de pastoreo debido al estrés.

La tercera especie de mosca es la doméstica (*Musca domestica*), que no es un parásito, pero que genera estrés en los animales cuando hay altas cantidades y se convierte en un vector de enfermedades entre animales (Hack 2019).

Su control se puede efectuar químicamente mediante baños de aspersión o inmersión con organofosforados y piretroides (Guglielmone *et al.* 2002; Oyarzún *et al.* 2008). Como complemento se pueden adoptar estrategias para la eliminación de materia orgánica acumulada, como lo son la elaboración de abonos orgánicos, paleteo de boñiga y el uso de microorganismos descomponedores de materia orgánica (EM o MM) en los corrales (Hack 2019). También, se ha utilizado la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis* como control de moscas (Mwamburi *et al.* 2009).

4.3.2 Parásitos internos

Gusanos redondos

Los gusanos redondos o nemátodos son parásitos del ganado. Existen tres tipos que afectan al ganado y que corresponden a especies que se ubican en los pulmones (Ploeger 2002), el estómago (Emery *et al.* 2016) y los intestinos del animal (Charlier *et al.* 2020). Sin embargo, cuando están en muy grandes cantidades, pueden salir por la nariz, la boca y los ojos. Poseen varios estados, en los primeros tres viven fuera del animal y, en el tercer estado (larva L3), buscan entrar al animal (Charlier *et al.* 2020). Internamente, pasan por otros dos estados y finalmente se convierten en adultos parásitos.

Estos parásitos se alimentan de la sangre cuando están en el estómago o de los nutrientes que comen los animales cuando están en el intestino (Charlier *et al.* 2020). Los animales más sensibles a los nemátodos son los jóvenes, los que están en producción y los cercanos al parto (Charlier *et al.* 2009). Las condiciones de climas cálidos (mayor a 20°C) y altas precipitaciones (700 mm/año), hacen que aumente la cantidad de parásitos, así como los encharcamientos o mal drenaje en las fincas. Dentro de los síntomas que se pueden observar en los animales parasitados están: el pelo opaco, presencia de diarreas sin mal olor, colores pálidos de las mucosas, problemas respiratorios y aparición de cuello de botella en casos avanzados (Charlier *et al.* 2009).

Para su control se recomienda la observación de los animales, el uso de prácticas como la rotación de potreros, selección de animales resistentes, corrales de desparasitación y plantas con taninos (Novobilský *et al.* 2011). Además, se pueden utilizar productos químicos como el Fenbendazol, Albendazol, Doramectina, Ivermectina y Levamisol (Gasbarre 2014). Hay cruces o razas resistentes, principalmente las razas *Bos indicus*, excepto el Nelore, que poseen mediana susceptibilidad a los nemátodos gastrointestinales (Oliveira *et al.* 2013).

Tenias

Se conocen también como gusanos planos o cestodos y son parásitos que se comparten entre humanos y el ganado, razón por la cual se debe prevenir su desarrollo en ambas vías (Diop *et al.* 2015). Los animales adquieren estos parásitos al consumir pastos contaminados con huevos; los pastos, a su vez, se contaminan por el contacto con heces de animales parasitados o personas contaminadas (Pfukenyi *et al.* 2007). El ser humano puede adquirir el parásito al consumir carne cruda o mal cocida de animales parasitados (Tolosa *et al.* 2009).

Las tenias son de diferentes especies, viven en el intestino delgado y pueden alcanzar hasta seis metros. Cada tenia desprende una unidad reproductiva que puede dar origen a muchos huevos que, cuando se encuentran en gran cantidad salen del intestino y colonizan la carne de los animales, donde generan estructuras llamadas cisticercos, los cuales pueden dar origen a una nueva tenia que puede parasitar a una persona (Mirzaei *et al.* 2016). Para su control se recomienda utilizar productos químicos como el Fenbendazol, Albendazol, Praziquantel y Levamisol (Pfukenyi *et al.* 2007).

4.4 Uso de medicamentos en finca

Un medicamento es un fármaco, ingrediente activo o conjunto de ellos, integrado a una zona farmacéutica destinado para su utilización en animales; está dotado de propiedades para prevenir, diagnosticar, tratar, aliviar o curar enfermedades, síntomas o estados patológicos (Pulido-Delgado 2015). Antes de aplicar un medicamento debe conocerse (Tobar-Torres *et al.* 2012):

- Qué enfermedad tiene el animal
- Para qué sirve el medicamento que se piensa utilizar
- Si es bueno para la especie animal
- Qué dosis y frecuencia debe ser utilizada
- Se debe poseer habilidad para interpretar los síntomas e integrarlos para dar un diagnóstico certero.

Las principales vías de aplicación de los medicamentos por especie son (Gasque-Gómez 2008):

- oral
- intramuscular
- subcutánea
- intravenosa
- intramamaria (ganado lechero)

También se realizan aplicaciones de productos sobre la piel, principalmente para el control de parásitos externos que corresponden a vías *pour-on* y a baños de aspersion (López-Herrera 2020b).

Los medicamentos dentro del animal pueden reaccionar con otros medicamentos y generar efectos sinérgicos (López-Herrera 2020a), el cual es el aumento de respuesta de un tejido con el uso concomitante de dos o más medicamentos; puede ser aditiva o potenciativa.

- **Aditiva:** es la suma de los efectos de los medicamentos administrados en combinación. Ejemplo: Betalactámicos + ácido clavulánico (López-Herrera 2020b).

$$1 + 1 = 2$$

- **Potenciativa:** es cuando los tejidos dan una respuesta mayor a los medicamentos que se administran simultáneamente, que la suma de sus acciones separadas. Ejemplo: Penicilina cuando se suministra con la Estreptomina (López-Herrera 2020b).

$$1 + 1 = 3$$

Sin embargo, se debe tener cuidado al mezclar medicamentos debido a que también hay reacciones antagónicas, es decir, cuando la reacción obtenida es menor a la esperada ($1 + 1 = 0$). El antagonismo entre los medicamentos puede surgir a partir de la incompatibilidad (López-Herrera 2020b):

- Física: no se mezclan, como el agua y el aceite
- Química: ocurre una reacción química entre sus componentes que la hace inaceptable terapéuticamente, como es el caso de los ácidos y los álcalis.
- Fisiológica o farmacológica. porque ocurre una acción opuesta tal como purgante y astringente. Esta incompatibilidad se aprovecha en el caso de antídotos a envenenamientos.

Las interacciones entre los medicamentos usualmente resultan de:

- Dos medicamentos presentes en la fórmula comercial como una mezcla a dosis fija.
- Dos medicamentos de frascos separados, pero que se administran en forma simultánea.
- La administración de un segundo medicamento durante un uso prolongado de un primer medicamento.
- Dos medicamentos administrados a intervalos de tiempo específicos

4.5 Descorne y castración

4.5.1 Descorne

El descorne es la acción mediante la cual se impide o se cortan los cuernos o cachos de un animal y no se quiere que le salgan o se desarrollen (Canozzi *et al.* 2018). Las razones por las que se realiza el descorne son: estéticas, para evitar accidentes con personas y entre los mismos animales, facilidad de manejo por parte del operador, para que entren fácilmente en los cepos o en los medios de transporte (Kling-Eveillard *et al.* 2015; Knierim *et al.* 2015).

Dentro de los métodos tradicionalmente utilizados, se encuentran:

- La pasta descornadora que se utiliza desde los siete días y hasta las ocho semanas después del nacimiento del ternero. Para su aplicación se recomienda recortar el pelo sobre la raíz del cuerno y luego aplicar una capa fina y uniforme en contacto directo con la piel. En ocasiones se recomienda lijar la zona de la raíz del cuerno para exponer las células del mismo a la acción de la pasta, también se ha recomendado el uso de un anillo de vaselina alrededor del sitio de aplicación para mejorar los resultados. Este producto puede quemar la piel del ternero si se derrama, la de otros terneros si están juntos y la de la madre cuando el ternero toma leche, por lo que se recomienda mantener al ternero aislado durante cinco días, mientras se produce el efecto de la pasta (Vickers *et al.* 2005).
- El uso del hierro caliente se puede utilizar cuando el botón está pequeño o cuando se requiere cauterizar una vena sangrante de algún otro método. Para utilizar este método se cuenta con equipos especializados como cautines, que brindan seguridad y uniformidad a la hora de realizar el descorne, pero son de alto costo y, en ocasiones, la cantidad de animales no justifica su compra. También están los fierros calientes con fuego, pero pueden ser peligrosos para el animal si la temperatura es muy elevada o si el descorne no se realiza de forma correcta cuando la temperatura no es suficiente para quemar la raíz del cuerno (Vickers *et al.* 2005; Cozzi *et al.* 2015).
- El descornador Barnes se utiliza cuando el procedimiento suele atrasarse hasta el momento del destete. Se puede emplear en animales entre los cuatro y los siete meses, aunque también puede ser utilizado en animales de edad un poco mayor (Coetzee 2010). Este descornador es una especie de tenaza que corta el cuerno de raíz y, debido a estos están poco crecidos, puede ocurrir una hemorragia que debe cauterizarse para evitar la salida excesiva de sangre (M'hamdi *et al.* 2013).
- Otros métodos de descorne como seguetas, sierras, cables aserrados y tenazas, se utilizan en animales mayores de 1 a 2 años y generalmente se realiza un despunte de los cuernos y no una eliminación total (Cozzi *et al.* 2015).

4.5.2 Castración

La castración es la eliminación de los órganos reproductores (testículos) de los machos con fines de manejo, reproducción, genética, organización de la finca, buscando animales para trabajo, etc. (Coetzee 2010). Si en una finca se tienen vacas de cría y animales de engorde muy juntos, debido a limitaciones de espacio, por limitaciones de manejo, económicas, etc., los machos deben ser castrados si no se quiere que ocurran gestaciones no deseadas, aunque también para mejorar la calidad del producto (Bretschneider 2005).

La castración se puede hacer mediante métodos con salida de sangre, al utilizar cuchillas, bisturí o emasculadora, o sin salida de sangre, como el elastrador y el burdizzo (Moya *et al.* 2014). En todo momento se debe procurar reducir al máximo el dolor provocado por estos procedimientos (Coetzee 2013), ya que se puede afectar la ganancia de peso y aumentar el estrés en los animales (Canozzi *et al.* 2017).



5. Manejo del estiércol en fincas ganaderas

Michael López Herrera; Francisco Casasola Coto; Santiago Garzón Proaño, Osmani López, Carlos Pasaca, Terry Black, Abraham Moyano, Carlos Álvarez, Claudia Sepúlveda López

5.1 Introducción

Existe una fuerte presión por parte de la sociedad para que los sistemas de producción de alimentos utilicen prácticas más respetuosas del medio ambiente y que reduzcan la carga de posibles fuentes de contaminación (Teenstra *et al.* 2014). Los estiércoles son los principales remanentes con posibilidad contaminante que se generan en los sistemas de producción de alimentos de origen animal (Chadwick *et al.* 2011).

El estiércol puede ser definido como cualquier material orgánico que se encuentre en descomposición, principalmente excrementos animales que pueden contener muchos otros materiales como parte de las camas de descanso o los corrales, aserrín o virutas de madera, papel, restos de alimentos del ganado, entre otros (Ortiz-Dongo 2020). Estos materiales son fuente de varios elementos nutritivos para las plantas, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio. Se ha descrito que una vaca de 550 kg puede depositar cerca de 89 kg de nitrógeno, 18 kg de fósforo y 85 kg de potasio por año, nutrientes que se mantienen en las pasturas y que pueden degradarse sin ser aprovechados por las plantas (Kohyama *et al.* 2006). Sin embargo, los estiércoles también pueden ser recolectados y procesados por medio de diferentes métodos para rescatar en alguna medida su valor e, inclusive, ser reincorporados dentro del sistema de producción como una herramienta para la nutrición de los forrajes y mejora de la calidad y salud del suelo (Salcedo *et al.* 2017; Paes *et al.* 2020; Rayne y Aula 2020).

Los estiércoles pueden cambiar su calidad de acuerdo con la especie animal, la dieta utilizada, el sistema de alimentación y las condiciones ambientales o de almacenaje (Durán y Henríquez 2007; Ortiz-Dongo 2020). La calidad influye sobre la calidad final de los productos derivados de las estrategias de manejo utilizadas y resultan en ajustes que deberían ser realizados para obtener el mejor aprovechamiento posible de estos remanentes (Flores y Carranza 2006).

Además, se debe conocer la capacidad propia de cada sistema para desarrollar estrategias de manejo del estiércol (Eghball y Power 1999). Estas estrategias dependen de la cantidad de animales, la calidad de la dieta, la tasa de pasaje del alimento por el rumen y la eficiencia en el uso del agua (Makara y Kowalski 2018; Varma *et al.* 2021). También, se debe tomar en cuenta si se cuenta con la infraestructura necesaria y los recursos económicos para la compra de materiales y equipos necesarios para la adecuada obtención de productos derivados del manejo de los estiércoles (Owino *et al.* 2020).

En objetivo de esta sección del documento es fortalecer las capacidades de los facilitadores de ECA que trabajan con productores ganaderos para que estos faciliten sesiones de aprendizaje sobre distintas maneras de manejar el estiércol en fincas ganaderas para aprovechar los nutrientes, la energía que es posible obtener de este producto y reducir la contaminación ambiental.

5.2 Estimación de la producción de estiércol

Antes de tomar la decisión de utilizar alguna práctica para el manejo del estiércol, se debe conocer la cantidad de estiércol que se puede recolectar en las fincas debido a que la infraestructura, equipos, mano de obra y otros recursos estarán en función de esta cantidad (Kohyama *et al.* 2006; Yan *et al.* 2009). La cantidad de estiércol obtenida se puede expresar por animal, por grupo de animales o por intervalos de tiempo y depende de:

- La cantidad de animales que conforman el sistema de producción, ya que el grupo definirá la cantidad de material que se excreta por día en el sistema de producción, pues los rumiantes excretan del 8 - 9% de su peso en estiércol por día, mientras que los cerdos del 6 - 8% de su peso por día (Church *et al.* 2003).
- La composición y digestibilidad de la ración es otro factor que define la cantidad de estiércol que se puede obtener por animal por día porque está muy relacionada con la velocidad de tránsito del alimento en el aparato digestivo. Un alimento menos digestible generará más estiércol que uno de mejor calidad y uno que esté molido pasará más rápido que uno con partículas de mayor tamaño, retrasando su salida del animal (Owens *et al.* 2010).
- Cuando se cuenta con infraestructura para agrupar los animales se facilita la recolección de mayores cantidades de estiércol, ya que los animales se mantienen encerrados depositando estiércol durante el tiempo que permanezcan allí. Los sistemas de semiestabulación y estabulación total permiten grandes recolecciones de estiércol, en comparación con los sistemas de pastoreo. Asimismo, los sistemas lecheros que cuentan con una sala de espera y otra de ordeño, permiten una mayor recolección que los sistemas que no cuentan con corrales del todo. Esto no quiere decir que siempre se deba poseer infraestructura ya que se

pueden obtener tortas de boñiga como se aprecia en la Figura 5.1, pero sí deben hacerse adaptaciones al manejo del estiércol que pueden resultar en mayores costos de mano de obra. En general, de los sistemas de producción en pastoreo sólo se puede recuperar entre el 10 - 15% de estiércol producido por animal (Choi *et al.* 2014; Hang *et al.* 2015; Noorollahi *et al.* 2015).



Figura 5.1. Pila de estiércol bovino seco para su manejo posterior en compostaje
Foto: Michael López- Herrera

- La eficiencia del uso de agua es muy importante cuando se trabaja con materiales secos que deben ser humedecidos, o en estrategias como la dilución necesaria para alimentar un biodigestor.

- Adicionalmente a las consideraciones anteriores, se debe tomar en cuenta si los productores tienen el recurso económico para la compra de materiales y equipo requerido para la implementación de alguna de las estrategias de manejo del estiércol (Noorollahi *et al.* 2015).

La cantidad de estiércol que se puede recuperar de una finca que cuenta con 100 vacas en producción, con peso promedio 450 kg y que se ordeñan una vez al día, dependerá de la cantidad de sitios de ordeño (cepos) en la lechería, así como si se implementa ordeño mecánico o manual. En el ejemplo siguiente se da la explicación:

Cada vaca de 450 kg excreta el 8% de su peso corporal lo que representa 36 kg de estiércol/vaca/día. Los depósitos se hacen en diferentes momentos del día. Sin embargo, para poder realizar una estimación de la cantidad posible a recolectar, se debe distribuir la carga de estiércol durante las 24 horas del día, lo que resulta en 1,5 kg de estiércol/vaca/hora. Una vez definida la cantidad de estiércol por hora, se debe calcular el tiempo de permanencia en las instalaciones: salas de espera, sala de ordeño y tiempo de estabulación para alimentación (si sucede).

$$\text{Kg estiércol/hora} = \frac{36 \text{ kg de estiércol vaca día}}{24 \text{ horas}}$$

Entonces, en una finca donde se cuenta con seis cepos y equipo de ordeño mecánico (tres minutos por vaca), la cantidad de grupos que serán ordeñados por tiempo de ordeño se calcula dividiendo la cantidad de vacas entre la cantidad de espacios. En este caso:

$$\text{Cantidad de grupos} = \frac{100 \text{ vacas}}{6 \text{ espacios}} = 16,66 \text{ grupos}$$

El tiempo de ordeño se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo de ordeño} = 16,66 \text{ grupos} * 3 \text{ minutos por vaca} = 50 \text{ minutos}$$

A este tiempo hay que sumarle el tiempo de espera de las vacas el cual dependerá de la preparación que cada productor hace previamente al ordeño, que normalmente tiene un promedio de 15 – 20 minutos. Este tiempo debe contabilizarse de acuerdo con la cantidad de ordeños que se realicen por día en la finca. En este caso, es un único ordeño, por lo que el tiempo total del día será de 75 minutos que equivalen a 1,25 horas. De esta manera, la cantidad de estiércol que es posible recoger en esta finca será de:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de estiércol por vaca por ordeño} &= 1,5 \text{ kg hora} * 1,25 \text{ horas} = 1,87 \text{ kg} \\ \text{Cantidad de estiércol por ordeño} &= 1,87 \text{ kg vaca} * 100 \text{ vacas} = 187 \text{ kg} \end{aligned}$$

Esta es la cantidad de kg de estiércol que se puede recolectar por día en esta finca. Como se mencionó antes, si se practicaran dos ordeños diarios, se podría recolectar el doble de material que podría ser destinado para implementar alguna de las prácticas de manejo de estiércol que se describen a continuación.

5.3 Producción de compost

El compost o compostaje es un proceso de descomposición aeróbica de la materia orgánica sólida por parte de microorganismos (Helton *et al.* 2008; Augustin y Rahman 2010). Es un producto natural resultante de transformaciones biológicas y químicas de la mezcla de sustancias de origen vegetal, animal y mineral, utilizado como fuente de nutrientes y como mejorador de suelos. Debido a su naturaleza, es una técnica que permite reducir el volumen de desechos de una finca en un 60% (Eghball 1999, 2000; Eghball *et al.* 2004; Martínez-Blanco *et al.* 2013).

Este proceso inicia con la preparación de la pila de compost, que debe prepararse de acuerdo con la capacidad de recolección de la finca, el propósito del compostaje y las posibilidades tecnológicas y de infraestructura de cada productor (Ortiz-Dongo 2020). La pila de compostaje puede estar conformada por el material acumulado de algunos días, el cual dependerá del tiempo que le tome a la mezcla de material alcanzar la fase de calentamiento (>40°C) (Soto Herranz *et al.* 2019; Azim *et al.* 2018). Esta estrategia de acumulación puede ser muy provechosa en fincas con un bajo número de animales, de modo que se pueda recolectar una cantidad importante de estiércol al cabo de 6 - 10 días (Kohyama *et al.* 2006; Yan *et al.* 2009; Barrena *et al.* 2014).

El proceso de compostaje se desarrolla en cuatro etapas principales (Edwards y Araya 2011) que son: la fase mesofílica I, en la que sucede la colonización de los materiales por parte de las bacterias que se encargan de descomponer las moléculas más complejas en moléculas más simples (Neher *et al.* 2013), por lo que pueden ocurrir algunas pérdidas de nutrientes por formación de efluentes cuando no se cuida la humedad inicial de la pila (Anastasi *et al.* 2005). Ocurre una formación de ácidos orgánicos y una baja en el pH como consecuencia de esta degradación de las moléculas solubles simples.

La segunda fase se conoce como de calentamiento o termofílica (Edwards y Araya 2011), donde la temperatura aumente por arriba de los 40°C; muchas de las bacterias mesofílicas se encapsulan o mueren durante esta fase (Sánchez *et al.* 2017). Los incrementos de temperatura pueden conducir a la eliminación de patógenos y coliformes fecales (Millner *et al.* 2014); también se pueden degradar algunos compuestos químicos como antibióticos (Yang *et al.* 2014), y perder nutrientes por volatilización, por ejemplo, el nitrógeno (Vandecasteele *et al.* 2014). La volatilización del nitrógeno en amoníaco es un proceso necesario para levantar el pH del compost, aunque no debe ser excesivo pues se pierde la calidad del abono (Larney *et al.* 2006; Hachicha *et al.* 2006). El control de la temperatura es un criterio de calidad en los

abonos orgánicos, ya que definen la ausencia de patógenos y la cantidad final de nutrientes, principalmente nitrógeno (López-Fernández *et al.* 2018). En este último caso, el descuido de la temperatura conducirá a la volatilización del nitrógeno, lo que consecuentemente resultará en una mayor necesidad de abono orgánico para satisfacer el requerimiento de las plantas (Vandecasteele *et al.* 2014).

La tercera fase se denomina fase mesofílica II. Edwards y Araya (2011) mencionan que en esta fase se produce una reducción paulatina de la temperatura hasta alcanzar la temperatura ambiental, por lo que el material pierde humedad. Las bacterias sobrevivientes de la fase termofílica se reactivan y descomponen los remanentes de la etapa anterior; por su parte, los organismos actinomicetos descomponen los materiales fibrosos y la lignina presente (Partanen *et al.* 2010; Neher *et al.* 2013). El final de esta fase es donde ocurre la colonización de otros organismos que habitan el suelo (lombrices, insectos, reptiles, etc.). Al final del proceso se alcanza la fase de maduración. Como producto del proceso, sucede una polimerización de los compuestos orgánicos para formar ácidos húmicos y fúlvicos. El proceso puede demorar entre 7 - 12 semanas (Villar *et al.* 2016).

Para que el compostaje suceda de manera satisfactoria y se obtenga un abono orgánico de calidad, se debe cumplir con algunos puntos de control y monitoreo constante de lo que sucede en la o las pilas de compost (Edwards y Araya 2011).

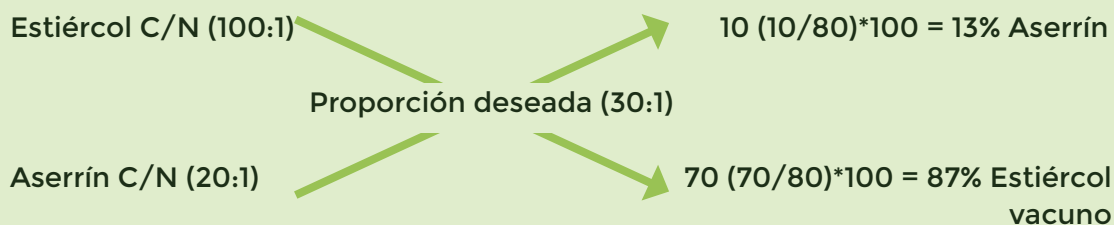
- **Tamaño de partícula:** el tamaño de las partículas en el material composteable debe ser lo más pequeño posible, ya que esto definirá la facilidad de colonización para las bacterias, lo que influye en la rapidez con que arraquen las fases del proceso y reduce la cantidad de material de gran tamaño que se debe sacar durante el empaque. Se recomiendan tamaños de partícula de entre 0,33 - 5,28 cm (Mieldazys *et al.* 2017; Carhuapoma-Rosales 2019).
- **El proceso de compostaje debe suceder en presencia de oxígeno (5 - 21%),** con el propósito de oxidar y generar los procesos de transformación de la materia orgánica (Ge *et al.* 2015). La oxigenación de la pila de compost puede hacerse de dos formas, por medio de los volteos o mediante inyección mecánica a la pila (Zeng *et al.* 2016). Los volteos pueden ser realizados de forma manual con una pala común o por medio de maquinaria, en modelos de producción más industriales (Ortiz-Dongo 2020).
- **La temperatura durante el compostaje debe mantenerse monitoreada** pues no debe alcanzar más de 65°C, ya que esta temperatura promueve la volatilización del nitrógeno; por otra parte, la temperatura debe subir lo suficiente (>50°C) para que ocurra la higienización del compostaje (Azim *et al.* 2018). Para el manejo de la temperatura se pueden utilizar varias estrategias: la primera es asegurar que la relación carbono/nitrógeno (C/N) sea la adecuada; la segunda, por medio de volteos y, tercera, por medio del manejo de la humedad (agua), el cual debe manejarse correctamente pues puede generar que no aumente la temperatura.

La relación C/N debe oscilar entre 25:1 – 35:1. Esta relación define el metabolismo de los microorganismos en el compostaje y la velocidad a la que se alcanza la fase de calentamiento (Guo et al. 2012), debido a que el carbono funciona como fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno como recurso para el crecimiento del bloque microbiológico (Edwards y Araya 2011). Por ésta razón el estiércol no puede utilizarse como único material en la pila, por lo que deben agregarse otros materiales que complementen al estiércol sobre todo altos en carbono (Colin-Navarro et al. 2019). Conforme aumenta la relación C/N menor es la temperatura del compostaje y la agregación de pollinaza y gallinaza aumentan la temperatura rápidamente y se volatilizan en grandes cantidades por su falta de carbono (Vandecasteele et al. 2014). Cada material orgánico posee su propia relación C/N, por lo que se deben analizar en laboratorio para estimar esta relación en el material compostable, sobre todo cuando se utilizan mezclas de materiales.

Cuando se trabaja con dos materiales, la estimación de C/N puede hacerse por medio de un cuadrado de Pearson y, cuando son más de un ingrediente, se hace por medio de un promedio ponderado.



Cuadrado de Pearson. Es un método de cálculo manual para determinar las proporciones de dos materiales, para alcanzar un balance de nutrientes deseado en una mezcla.



Para este cálculo se deben colocar los materiales (ingredientes) en forma de cuadrado; en el lado izquierdo se ubican los materiales a balancear con su contenido de nutrientes, en la parte central del cuadro se coloca el nutriente a balancear con su proporción deseada y, en el lado derecho, se registran los resultados de una sustracción (contenido del nutriente en el material - contenido deseado del nutriente en la mezcla); finalmente, se multiplica por 100 para obtener los porcentajes de la mezcla. En el caso del ejemplo, esto significa que por cada 100 kg de mezcla para compost se deben agregar 13 kg de aserrín y 87 kg de estiércol vacuno, para asegurar una relación de carbono/nitrógeno (C/N) de 30:1.



Promedio ponderado

- 5% aserrín (100:1)
- 70% estiércol bovino (15:1)
- 15% paja (60:1)
- 10% estiércol caprino (40:1)

$$\text{C/N compost} = (100 \times 0,05) + (15 \times 0,70) + (60 \times 0,15) + (40 \times 0,10) = 28,5$$

En todo proceso de compostaje debe registrarse la información siguiente: fecha de inicio y final, temperaturas promedio y máxima, humedad inicial y final, cantidad de volteos, producción de olores, crecimientos de hongos y presencia de moscas.

A nivel de finca es posible realizar la siguiente mezcla de compost, pues los materiales se pueden recuperar en los sistemas ganaderos y permiten generar una mezcla con una relación C:N de 28.

- 10% aserrín (100:1)
- 60% estiércol bovino (15:1)
- 10% pasto de corta pasado de tiempo picado (50:1)
- 20% pasto de piso tierno picado (20:1)

Esto significa que, por cada 100 kg de mezcla para compost, se deben agregar 10 kg de aserrín, 60 kg de estiércol, 10 kg de pasto de corta pasado de tiempo y 20 kg de pasto de piso tierno. Esta mezcla permite preparar fácilmente una cantidad manejable de compost y establecer un flujo de trabajo en caso de planificarse un abastecimiento constante de compost. Las cantidades pueden ser reducidas a la mitad, en el caso de trabajar con volúmenes menores y, duplicadas o triplicadas, en casos donde se quiera trabajar a mayor escala. Para la preparación de esta mezcla y, de acuerdo con los cálculos de la sección sobre promedios ponderados, se requerirían 30 vacas, siempre y cuando se cuente con los supuestos señalados en la sección.

Para la preparación de la mezcla los pastos se deben utilizar picados para reducir el tamaño de partícula y facilitar la colonización de los microorganismos. Los materiales se colocan uno sobre otro en capas de 10 cm, para modelos de pequeña escala, y capas de 20 cm en modelos de mayor escala. Una vez que se agregan todos los materiales, se procede a revolverlos con pala hasta generar una mezcla uniforme, momento en el que se procede a medir la humedad para determinar si se debe agregar más agua a la mezcla o no.

La temperatura de la mezcla se debe monitorear a partir del sexto día. Una vez que la pila del material alcanza más de 50°C se procede con los volteos, los cuales se pueden realizar con pala o con maquinaria, cuando la producción es a mayor escala. Se espera que una pila de compost permanezca a 50 – 60°C durante al menos 15 días, tiempo en el cual se debería voltear al menos tres veces (volteos cada cinco días), aunque el volteo podría realizarse con mayor frecuencia. El periodo de volteos debe mantenerse hasta que se detecte que la temperatura empieza a disminuir. Una vez que esto ocurre la pila no se debe alterar para propiciar la maduración del compost y evitar la oxidación del humus en dióxido de carbono.

5.4 Producción de lombricompost

La lombricultura o vermicultura es el proceso de obtención de abono orgánico a partir de la cría intensiva de lombrices (10 000 – 20 000/m²). Para este fin se utilizan dos especies de lombrices que han podido ser domesticadas: la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) y la lombriz gris africana (*Eudrilus eugeniae*) (Chakrabarty *et al.* 2009; Arévalo-Armas y Castillo-Cárdenas, 2021). De ambas especies, la roja californiana ha demostrado mayor capacidad reproductiva y mejor producción de humus (Chaudhary *et al.* 2004).

En la lombricultura el manejo de la humedad en la cama se ha indicado como el punto más crítico de los módulos productivos, ya que de este manejo depende el consumo de alimento, sanidad y la reproducción de la lombriz (Kuznetsov *et al.* 2019). Se espera que la humedad de una cama de lombricultura se encuentre entre 70 – 80% de humedad; valores mayores al 85% comprometen el crecimiento de las lombrices y contenidos de humedad menores al 70% son desfavorable, porque dificultan el desplazamiento de las lombrices y menos del 55% resulta mortal para estos organismos (CEDECO 2007).

Además de la humedad, se debe asegurar que la calidad del sustrato sea la mejor para estimular a las lombrices a que lo consuman diariamente (El-Haddad *et al.* 2014). En este sentido, la acidez del sustrato está totalmente relacionada con el consumo de las lombrices pues, un material muy ácido será rechazado, aunque mediante el uso de alcalinizantes es posible obtener mejores consumos de este tipo de materiales (Biabani *et al.* 2018; Wako 2021). Se ha sugerido que la acidez en el alimento de las lombrices debe oscilar entre 6,8 – 7,2 de pH (Somarriba y Guzmán 2004). También, se debe cuidar la relación C/N del sustrato la cual debería ser cercana a 30:1; sin embargo, existen modelos de lombricultura que utilizan únicamente estiércol como sustrato, el cual se puede utilizar fresco o parcialmente seco (Ramnarain *et al.* 2019). Además, valores de salinidad en el sustrato deberían ser menores al 0,5% y el contenido de amonio menor que 0,5mg/g (Wu *et al.* 2019).

La calidad final del humus depende de la calidad de la dieta que consumen los animales y de las características anatómicas de sus sistemas digestivos (De la Mora-Covarrubias *et al.* 2016). Así, estiércoles más porosos como el equino son de más fácil colonización para la lombriz, en comparación con el bovino, que es más pastoso y el caprino, que es más compacto (Benítez-Arellano 2022). En el caso de la alimentación de los animales, el uso de estiércoles de animales suplementados suele ser de mejor calidad que el obtenido de aquellos que se encuentran bajo pastoreo pleno, debido a que los alimentos tienen una determinada digestibilidad y lo que no se aprovecha en el animal se excreta y forma parte del estiércol, es decir, que forma parte del alimento de las lombrices (Benítez-Arellano 2022; Domínguez-Hernández 2022). La calidad del lombricompost por especie se describe en el Cuadro 5.1.

Cuadro 5.1. Composición química del lombricompost obtenido a partir de diferentes tipos de sustratos orgánicos

Fuentes	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
Bovino	2,02	0,80	0,50	2,04	0,85	1,07	217	408
Cabra	1,31	0,71	1,77	5,01	0,55	2,55	129	236
Conejo	1,50	1,20	0,20	2,86	0,65	2,61	124	776
Gallinaza	1,33	1,66	0,08	10,2	0,60	1,31	644	901
Broza café	3,80	0,35	3,55	2,50	0,59	0,40	283	459
Des. hogar	2,01	0,73	1,40	5,02	0,73	1,15	567	659

Adaptado de Arias y Reyes (2018); Atiyeh *et al.* (2001); Doan *et al.* (2014); Ullé *et al.* (2005); Valenzuela *et al.* (1998).

En términos generales el lombricompost será alto en calcio (>2%), debido a las glándulas calcíferas de las lombrices que son las encargadas de alcalinizarla la acidez de los alimentos que consumen las lombrices (Aynehband *et al.* 2017). Sustratos como la gallinaza y la pollinaza, aportan parte del calcio y el fósforo que forma parte de las dietas de las aves (Khan 2006); sin embargo, estos materiales deben ser composteados antes de su utilización como alimento para lombrices, utilizando mucho riego, volteos y calor para eliminar el amoniaco que es perjudicial para las lombrices (Elisabet Masin *et al.* 2020).

En las instalaciones de la lombricultura se recomienda el uso de techos y sombras para favorecer el desempeño de las lombrices, ya que ayudan a mantener la humedad de la cama y permiten que las lombrices consuman el sustrato casi hasta la superficie (Rostami *et al.* 2009). La temperatura donde se puede obtener el máximo rendimiento de lombrices se ubica entre 18 y 25°C y la profundidad de las camas está en función de la temperatura, de modo que en el ámbito óptimo será de 40 cm de altura; a menor temperatura (<18°C), se

recomiendan camas de 50 cm y a mayor (>25°C), camas menos profundas (30 cm) (Garg y Gupta 2011). En cuanto a la longitud y ancho, ambas dependen de las posibilidades de cada productor, ya sea que trabaje una única cama larga, varios nichos por separado o en tarimas.

Otra función de la sombra es la prevención de los depredadores, ya que las aves son los principales depredadores que afectan a los sistemas de lombricultura. Otros depredadores de las lombrices son las hormigas rojas, ratones, topos y planarias, los cuales se controlan principalmente por medio del manejo de la humedad pues, cuando el sustrato está muy seco, se generan espacios para nidos; otras estrategias de control involucran al trampeo (ratones y topos), fumigación (hormigas) y alcalinización del sustrato (planarias) (CEDECO 2007; Ávila-Herrera 2010).

Durante el proceso de lombricultura se espera que cada lombriz consuma su peso en sustrato (aproximadamente 1g) con un 60% de eficiencia, lo cual quiere decir que 1000 lombrices consumirán 1000 g de sustrato que será convertido en 600 g de humus por día (Viquez-Rojas 2006; Ali *et al.* 2015). Una vez terminado el proceso de la cama de lombricultura, se realiza un trampeo para recuperar las lombrices, el cual se puede realizar con implementos que posean espacios para el paso de las lombrices y en ellos se coloca sustrato fresco que atraiga a las lombrices. Una vez llenas las trampas se movilizan a una cama nueva para iniciar la producción nuevamente. Algunos tipos de trampas se presentan en la Figura 5.2. El humus debe quedar seco antes de utilizarlo o venderlo, de modo que se deja en un espacio donde pierda humedad por dos - tres días (Restrepo-Rivera 2001; CEDECO 2007).



Figura 5.2. Tipos de trampas sencillas utilizadas en lombricultura
Foto: Michael López - Herrera

Producción de bioles

Los biofermentos, biofertilizantes o bioles, se obtienen a partir de un proceso controlado y mediado por microorganismos donde se fermentan materiales orgánicos por vía anaeróbica en medio acuoso (Vásquez-Hidalgo 2018; Leiva-Trujillo, 2018). Este proceso sucede en un contenedor que permite un cierre hermético, pero que posee un mecanismo para la liberación de los gases que se producen como parte del proceso de fermentación de la materia orgánica (Figura 5.3) (Restrepo-Rivera 2001). Estos abonos líquidos pueden ser utilizados directamente sobre los pastos o como enriquecedores de otros abonos orgánicos (Mesinas *et al.* 2021). Como otros abonos orgánicos tienen la ventaja de que aportan muchos nutrientes diferentes, aunque en bajas concentraciones (Bonillo *et al.* 2015).



Figura 5.3. Componentes e ingredientes utilizados en un biofermentador para la producción de bioles
Foto: Michael López - Herrera

Los materiales necesarios para la elaboración de un biofermento pueden ser para generar una mezcla muy sencilla o para combinarse con otros ingredientes para generar mezclas nutricionales de mucha potencia (Restrepo-Rivera 2001; Mesinas *et al.* 2021), según el propósito para el que se quiere el biofermento y la cantidad que se vaya a utilizar. Mezclas compuestas de muchos minerales diferentes pueden ser de costos muy altos y no se justifican para su uso en forrajes, pero sí pueden tener mucho sentido económico en cultivos como frutales y hortalizas (Leiva-Trujillo 2018).

La mezcla básica para elaborar un biofermento se prepara en un contenedor de 200 litros y consta de los siguientes ingredientes (Restrepo-Rivera 2001; CEDECO 2007; Chaves y Guzmán 2009):

- 50 kg estiércol como sustrato principal del biofermento, ya que es el material que aporta los nutrientes que sirven de alimento para los microorganismos, de manera que se estimule el proceso fermentativo y la degradación de la materia orgánica a compuestos menos complejos. Cuando se trabaja con cultivos para consumo humano se puede sustituir el estiércol por 15 kg de pasto fermentado (Montero-Acurio 2019), aunque se ha indicado que el uso de menos estiércol también es una posibilidad.
- 2 litros de leche cruda o suero; este ingrediente aporta carbohidratos, principalmente lactosa, así como algunas proteínas que pueden aprovechar los microorganismos, además incorpora bacterias productoras de ácido láctico al biofermento que contribuyen a una mejor acidificación del medio, lo que resulta en la inhibición de microorganismos patógenos.
- 2 l melaza o 4 l de jugo de caña; proveen carbohidratos de fácil disponibilidad, como recurso energético inmediato para los microorganismos, de manera que el proceso fermentativo y la síntesis de ácidos orgánicos inicie rápidamente en el biofermento.
- 200 litros de agua limpia, como medio de dilución de la mezcla; funciona como espacio para el desplazamiento de los microorganismos y es necesaria para la hidrólisis de las macromoléculas durante la degradación de la materia orgánica
- Cenizas, el uso de este material depende de cada productor. Busca incrementar el valor mineral de la mezcla, aunque muchos de los óxidos presentes en las cenizas son poco solubles y se precipitan durante el período en que sucede la fermentación, de manera que la mezcla se debe agitar antes de aplicar. Asimismo, las cenizas se pueden sustituir con harina fina de rocas.
- Cultivos de organismos (EM, MM o leche agria), para aumentar las poblaciones de microorganismos deseables para la fermentación del sustrato.

Para la elaboración de biofermentos suele destinarse un espacio donde se almacenan todas las preparaciones e ingredientes que forman parte de los mismos. Estos almacenes se llaman “biofábricas” (CEDECO 2007) y su tamaño depende de la capacidad de producción de estiércol, la capacidad de carga orgánica y el tiempo de retención en el contenedor, así como el grado de uso de los biofermentos en los programas de fertilización en cada finca (Coats *et al.* 2011).

Una vez terminado el proceso de fermentación, el biofermento se utiliza a razón de 5 litros de biol en 100 litros de agua o 0,8 litros de biol por bomba de 16 litros, con aplicaciones cada 10 - 15 días. Para forrajes y pasturas se recomienda aplicar 600 litros de biol/ha cada 10 - 15 días; esta preparación puede hacerse al 50%, lo que significaría 1,5 estañones de biol por aplicación, lo que se traduce en 1800 kg de estiércol/año (aplicaciones cada 15 días) o 2700 kg de estiércol/año (aplicaciones cada 10 días), que, de acuerdo con los datos estimados equivaldrían a lo que se puede obtener de 3 - 4 vacas adultas (Restrepo-Rivera 2001; Chaves y Guzmán 2009).

Producción de biogás

Como todos los procesos anteriores, la biodigestión anaeróbica es un proceso mediado por la actividad metabólica de diversas poblaciones de microorganismos (García-Lozano *et al.* 2019), que requiere de un contenedor que mantenga el medio libre de oxígeno de manera que ocurra un proceso de fermentación anaeróbica donde se degraden los compuestos más complejos en moléculas más simples y aprovechables para los microorganismos, principalmente los productores de metano (Budiyono *et al.* 2014).

Durante el proceso de biodigestión anaeróbica se pueden identificar cuatro etapas que suceden de manera simultánea a lo largo del proceso de fermentación y que son provocadas por diferentes especies de microorganismos. La primera fase es la de hidrólisis, en ella materias primas como celulosa, proteínas y lípidos son hidrolizados en compuestos más simples como azúcares, aminoácidos y ácidos grasos, por la acción de enzimas extracelulares de las bacterias (amilasas, proteasas y lipasas). La segunda fase es la acidogénesis, en esta etapa fermentativa se aprovechan los compuestos solubles más simples, los cuales son descompuestos en ácidos grasos volátiles (acético, butírico, propiónico) y otros productos metabólicos (H₂, CO₂). La tercera etapa se denomina acetogénesis, y en ella se transforman los ácidos grasos volátiles producidos en la fase anterior en acetato y otros subproductos, como dióxido de carbono e hidrógeno; esto sucede por acción de las bacterias acetogénicas. La cuarta etapa es la metanogénesis, esta es la última etapa del proceso fermentativo de la materia orgánica en un biodigestor. En este proceso las bacterias productoras de metano utilizan los productos intermedios de las etapas previas (H₂, CO₂) y los convierten por procesos de reducción a metano (Acosta y Abreu 2005; Flotats *et al.* 2016; Barrera-Cardoso *et al.* 2018).

Los contenedores, bioreactores o biodigestores varían en diseño y, muchas veces, está relacionado con las posibilidades de cada productor, pues hay que considerar los costos de instalación, tiempos de retención, volumen manejable, volumen recolectado, uso y acceso del agua e infraestructura presente en la finca (Thy *et al.* 2005). Los biodigestores pueden ser continuos o discontinuos, lo cual está relacionado a la cantidad de veces que se carga de materia orgánica el biodigestor; los biodigestores discontinuos se cargan una única vez y cuando se ha transformado toda la materia orgánica presente, se vacía para ser rellanado de nuevo. Un biorreactor de biofermento es un ejemplo de biodigestor discontinuo (Widiasa y Johari 2010).

Por otra parte, los biodigestores continuos se dividen en de baja tasa y de alta tasa de pasaje; biodigestores que se cargan una vez cada 2 - 3 días serán de baja tasa de pasaje, mientras que los contenedores que se alimentan a diario serán los de alta tasa de pasaje y los de mayor producción de gas (Rivero *et al.* 2007). En la Figura 5.4 se aprecian algunos diseños de biodigestores.



Figura 5.4. Diseños de biodigestores para uso en fincas ganaderas
Fotografías: Michael López- Herrera

Los productos principales del proceso de biodigestión anaeróbica son el biogás y un líquido llamado biol (Thy *et al.* 2003). El biogás es una mezcla de diferentes gases que son productos derivados de la descomposición de los diferentes compuestos que conforman la materia orgánica utilizada; sus proporciones en la mezcla de biogás dependerá de la calidad del proceso que ocurre en el biodigestor (Bharathiraja *et al.* 2018), donde la meta es obtener un biogás con más de 40% de metano para que se pueda generar una llama (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2. Proporción de los gases que forman parte del biogás

Gas	Concentración	Uso
Humedad	1 – 5 %	No combustible
Metano	40 – 75 %	Combustible
Dióxido de carbono	15 – 60 %	No combustible
Nitrógeno	0 – 5 %	No combustible
Hidrógeno	Trazas	Combustible
Sulfuro de hidrógeno	0 – 5000 ppm	Combustible
Oxígeno	<2 %	No combustible
Amoníaco	0 – 500 ppm	No combustible

Tomado de Bharathiraja *et al.* (2018)

Por otra parte, el biol es el producto líquido terminado obtenido a partir de la fermentación de la materia orgánica en un biodigestor (Thy *et al.* 2003); es un material que posee un contenido diverso de nutrientes, principalmente nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio (Khan *et al.* 2021). La composición química del biol depende del estiércol o material que haya sido fermentado en el biodigestor (Hang *et al.* 2003); los intervalos de concentración de nutrientes en un biol se describen en el Cuadro 5.3.

Cuadro 5.3. Composición de nutrientes en el biol producido de biodigestores de acuerdo con el tipo de estiércol utilizado

Nutriente	Concentración (mg/L de biol)			
	Porcino	Gallinaza	Vacuno	Cuy
Nitrógeno	1876	1700	1098	980
Fósforo	71,2	3800	129,4	121
Potasio	1940	5200	1993	6760
Calcio	105	3500	866	220
Magnesio	27,6	1200	393,5	53,4
Sodio	3400	-	741	542

Adaptado de Hang *et al.* (2003); Medina *et al.* (2015); Thy *et al.* (2003) y Ushñahua *et al.* (2011)

Por lo general, a nivel de finca hay poco control del proceso de fermentación que ocurre en el biodigestor; sin embargo, su monitoreo debe ser considerado como una práctica frecuente, ya que por medio de estos controles se evita el desarrollo de procesos de descomposición secundarios (García *et al.* 2020). Cabe recordar que el objetivo de los biodigestores es obtener biogás con más del 40% de concentración de metano; sin embargo, el no monitoreo del proceso fermentativo o el descuido de los parámetros de funcionamiento del biodigestor, puede conducir a la producción de otros gases no combustibles (Granzotto *et al.* 2021), que compiten con el metano y que podrían reducir su concentración en el biogás (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.4. Gases que se producen como parte de los procesos de descomposición secundarios durante la producción de biogás.

Gas	Uso	Efecto
Dióxido de carbono	No combustible	Se puede producir por exceso de oxígeno en el biodigestor.
Sulfuro de hidrógeno	Combustible	Se produce cuando se agregan materiales con contenidos importantes de azufre. Aunque es combustible, no se desea que aumente su concentración por el daño que provoca en los equipos y dispositivos metálicos.
Nitrógeno	No combustible	El contenido de este gas aumenta en el biogás cuando se utilizan materiales con baja relación C/N como gallinaza y pollinaza. Este gas reduce el poder calorífico del biogás.
Amoniac	No combustible	El contenido de este gas aumenta en el biogás cuando se utilizan materiales con baja relación C/N como gallinaza y pollinaza. Este gas reduce el poder calorífico del biogás ya que compite en la obtención de iones hidronios (H ⁺) con el metano.

Adaptado de Granzotto *et al.* (2021); García *et al.* (2020); Huang (2015) y Kumar (2014)

De acuerdo con lo que se mencionó anteriormente, para que ocurra un adecuado proceso de fermentación en el biodigestor se debe cumplir con los siguientes puntos:

- La temperatura debe estar idealmente entre 21 – 40°C, al menos durante 10 – 15 días para que comience el proceso de fermentación (Kumar 2014; Huang 2015). La temperatura es importante ya que de ella depende el metabolismo de los microorganismos, quienes degradarán la materia orgánica definiendo así el tiempo de retención en el contenedor (Thy *et al.* 2003). Esto quiere decir que, a menores temperaturas (<18°C), se instaurarán poblaciones de microorganismos menos eficientes a quienes les tomará más tiempo (100 o más días), el poder transformar la materia orgánica a biogás. Sin embargo, conforme aumente la temperatura hasta un máximo de 35°C, se estimularán los procesos mesofílicos que degradan la materia orgánica que permiten tiempos de retención menores (30 – 60 días) (Silva y Abud 2016). Esto sucede porque la actividad microbiológica se duplica por cada incremento de 10°C dentro del rango óptimo de la población de microorganismos.

A los 40°C o más comienzan a desarrollarse procesos termofílicos que promueven al máximo la producción de metano, aunque se debe agregar energía externa al biodigestor (Fuess *et al.* 2021). Los procesos termofílicos se utilizan en las industrias de biogás para obtener mejores calidades del mismo (Figura 5.5).



Figura 5.5. Vista de una planta eléctrica industrial de producción de biogás
Foto: Michael Lopez - Herrera

- El pH de un biodigestor debe oscilar entre 6,5 – 8, pues estos contenedores no funcionan de forma adecuada cuando el pH es ácido debido a que la actividad microbiológica de las bacterias acetogénicas y metanogénicas ocurre a valores de pH mayor a 6 y, cuando la acidez aumenta, se inactivan sus enzimas, lo que retrasa la formación del metano y sus precursores (De La Merced 2012; Álvarez 2018).

- La relación C/N debe ser cercana a 30 para asegurar que haya suficiente carbono que pueda ser fuente de energía para los microorganismos y, eventualmente, ser transformado en metano (Inthapanya *et al.* 2012; De La Merced 2012). Sin embargo, no se debe descuidar el nitrógeno ya que de este depende que las poblaciones de microorganismos crezcan dentro del biodigestor, aunque no debe estar en tanta cantidad como para que afecte la calidad calorífica del biogás debido a los procesos antes mencionados (Rea 2018).

El contenido de sólidos en el influente es importante ya que determina la capacidad de carga que recibirá el biodigestor y, a su vez, determina la facilidad o dificultad que tendrán los microorganismos para colonizar el material y comenzar a degradarlo (Leite *et al.* 2023). De esta manera, los biodigestores continuos deben recibir influentes con bajo contenido de sólidos (1 – 8%), para evitar que se congestionen y que se reduzca la degradación de la materia orgánica y, de este modo, se establece un flujo de degradación dentro del biodigestor y se reduce su carga orgánica (Sepe *et al.* 2014). Asimismo, conforme cambia la frecuencia de carga al biodigestor se debe incrementar la concentración de sólidos en el influente; por tal razón en biodigestores pasivos se utilizan concentraciones de sólidos mayores (8 – 12%) y en los discontinuos las mayores concentraciones de sólidos totales (40 – 60%) (De La Merced 2012).

Para este fin se debe definir el contenido de sólidos totales y volátiles del sustrato mediante pruebas de laboratorio que indiquen el resultado de concentración de sólidos que pueden ser transformados en biogás. Algunos contenidos de sólidos totales presentes en los estiércoles se muestran en el Cuadro 5.5. El contenido de sólidos volátiles en cada estiércol dependerá de la digestibilidad de la dieta, aunque mayormente del contenido mineral presente en el estiércol, ya que esta fracción no puede ser convertida a biogás.

Cuadro 5.5. | Contenidos de sólidos totales presentes en estiércoles utilizados para la producción de biogás

Estiércol	Sólidos totales (%)
Ganado vacuno	13,4 – 56,2
Ganado porcino	15,0 - 49,0
Ganado caprino	83,0 – 92,1
Ganado ovino	32,0 – 45,0
Conejos	34,7 – 90,8
Equinos	19,0 – 42,9
Aves	26,0 – 92,0

Tomado de FAO (2011)

Una vez conocida la concentración de sólidos en el estiércol se procede a establecer la dilución para generar el influente (estiércol+agua) (Thy *et al.* 2003). En lecherías, una práctica común es que se establezca un sistema de recolección de excretas previamente al lavado de las instalaciones. Una vez separada una cantidad importante del estiércol se procede con el lavado, lo cual consume menos agua y permite una buena dilución del material restante (De La Merced 2012). Por otra parte, existen fincas que no cuentan con un espacio tan controlado como el de una sala de ordeño, por lo que se recomienda el uso de 3 - 4 litros de agua por kg de estiércol fresco o 110 - 140 litros de agua por vaca de 450 kg (FAO 2011).

El tamaño de un biodigestor dependerá de factores como la cantidad de animales, que determinará la cantidad de estiércol recolectable; el volumen de agua que es posible utilizar, que, junto con el estiércol definirán el caudal, la temperatura mínima ambiental, que definirá la velocidad de trabajo y el tiempo de retención hidráulico y, finalmente, el propósito, ya que este definirá el volumen de biogás necesario para el trabajo que se desea (Mullo *et al.* 2018).

De acuerdo con lo anterior, una granja de 70 cerdos ubicada en una zona de bajura (25 - 32°C), donde se consumen 15 litros de agua por cerdo para limpieza de instalaciones, producirá un caudal de 1400 litros de agua. El tiempo de retención hidráulico para esta temperatura será de 30 días, es decir, que desde que ingresa al biodigestor a la materia orgánica le tomará 30 días para ser transformada en biogás y biol. Esto quiere decir que la capacidad total de este biodigestor debe ser de 49 m³, tal y como lo indica la fórmula:

$$\text{Volumen total} = \text{tiempo de retención hidráulico} * \text{caudal}$$

Del volumen total del biodigestor, el 80% corresponde a la fase líquida y 20% a la fase gaseosa, para una eficiencia volumétrica del 71% a 1 metro de profundidad. La profundidad del nicho donde se ubica el biodigestor define la eficiencia volumétrica ya que determina el espacio para fermentar la materia orgánica; así, si se profundizara el nicho a 1,5 m, la eficiencia volumétrica cambia a 85%. El volumen de biogás para este biodigestor es de 9,8m³, lo que permite 16 horas de llama en una plantilla (0,6 m³/hora), o el funcionamiento de 3 calentadores de gas por 10 horas (0,3 m³/hora) (FAO 2011).



6. Pastoreo rotacional

Miguel Vallejo Solís

Elaborado a partir del documento de Pezo (2018)

6.1 Introducción

El pastoreo rotacional garantiza un aprovechamiento apropiado de las pasturas en los potreros de la finca. La rotación de potreros permite que las pasturas se recuperen de manera apropiada para el siguiente pastoreo. El objetivo del pastoreo rotacional consiste en mantener pasturas disponibles de buena calidad para el ganado durante todo el año, facilitando el manejo del pasto para optimizar su utilización y evitar su degradación y pérdida.

El pastoreo rotacional representa una de las prácticas que más contribuyen a la intensificación sostenible de las áreas de vocación productiva ganadera en las fincas, facilitando la liberación de otras áreas para otros usos posibles como, por ejemplo, la protección de áreas con pendiente fuerte o nacientes de agua, bosques riparios o ribereños.

Este capítulo define los pasos a seguir en el establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional en una finca ganadera. Puede ser utilizada por técnicos, productores líderes y promotores para facilitar el aprendizaje de pequeños productores ganaderos presentes en la Amazonía ecuatoriana.

6.2 Definición de un sistema de pastoreo rotacional

El pastoreo rotacional es una práctica ganadera que permite realizar un uso eficiente y óptimo del suelo, los forrajes y de los animales, facilitando la producción de una mayor cantidad y calidad de forraje por unidad de área. Un buen manejo de pasturas mediante el pastoreo rotacional permite una mayor persistencia de especies forrajeras en el tiempo, impidiendo el crecimiento de especies indeseables en los potreros.

Una de las mayores ventajas de rotar los animales en un sistema de pastoreo es realizar un mejor aprovechamiento del forraje disponible durante todo el año, lo cual conlleva a que los animales puedan aprovechar el forraje de mayor calidad para expresar su máximo potencial productivo (leche o carne).

El pastoreo rotacional contribuye a mejorar la actividad biológica del suelo, incrementa la materia orgánica, mejora la fertilidad, propicia la infiltración del agua al manto freático y facilita el reciclaje y el uso eficiente de los nutrientes en las pasturas. Como consecuencia, el sistema productivo se torna más estable, con mayores niveles de productividad animal (mayor cantidad de leche y ganancia de peso ha⁻¹ año⁻¹), y permite al productor enfrentar de una manera más apropiada la variabilidad del clima y sus impactos en la producción.

6.3 Interacciones animal - pasto en un sistema de pastoreo rotacional

En el pastoreo rotacional se presentan una serie de interacciones que influyen especialmente a la pastura disponible y que deben ser controlados para optimizar su manejo y obtener los resultados esperados. Los animales afectan al pasto mediante la defoliación selectiva, el pisoteo, la dispersión de semillas consumidas, el reciclaje de nutrientes en las excretas y la compactación.

6.3.1 Selectividad

Uno de los aspectos más relevantes a considerar es la selectividad que tienen los animales por ciertos componentes de la pastura. La capacidad selectiva depende de factores como la especie animal, su estado fisiológico y hábito de consumo del forraje disponible; también de la disponibilidad de la pastura, su composición botánica, la palatabilidad, la estructura y facilidad de cosecha y de factores de manejo y ambiente como la carga animal, época del año, acceso a fuentes de agua y condiciones topográficas. Como consecuencia de esa selectividad, ocurren modificaciones en la calidad de la dieta, la capacidad de rebrote del pasto y la persistencia de las especies forrajeras disponibles (Pezo e Ibrahim 1999).

6.3.2 Intensidad de defoliación

La intensidad de la defoliación se refiere a la cantidad del forraje disponible que es consumido por los animales en pastoreo en un período determinado. Está relacionada con la calidad de la dieta, la capacidad de rebrote y la sobrevivencia de las especies en la pastura y depende del nivel de forraje que haya sido estimado por animal (kg de forraje verde o de materia seca ofrecidos por animal) o como área del potrero asignada por animal en un período de tiempo (Pezo 2018). Para su cálculo debe conocerse la disponibilidad de forraje al momento en que van a entrar los animales y su consumo potencial de forraje.

En este aspecto es necesario considerar el concepto de carga animal (CA), que se refiere a la relación entre la cantidad de animales y la superficie de pastoreo que ocupan en un tiempo determinado; se expresa en unidades animales por hectárea (UA/ha).

6.3.3 Presión de pastoreo

Se refiere al peso animal por unidad de forraje disponible, por ejemplo, kg de peso vivo por 100 kg de materia seca (MS) de forraje.

Los animales pueden expresar la máxima producción cuando se aplica una carga animal baja (subpastoreo), pero a medida que se incrementa esta carga, esta producción declina, mientras que la producción por hectárea se incrementa hasta que llega a un máximo (rango de carga óptima), a partir del cual empieza a declinar porque el aumento en la carga animal no compensa la disminución en la producción por animal, lo cual representa una situación de sobrepastoreo (Pezo 2018).

6.3.4 Período de descanso

Este concepto implica el tiempo que transcurre desde que salen los animales del potrero hasta que vuelven a ingresar al mismo potrero. Facilita la recuperación de la pastura, controla la frecuencia de la defoliación y permite la reserva de sustancias para el rebrote, de tal manera que permita las mejores condiciones para su recuperación.

6.3.5 Período de ocupación

Es el período o momento en el que los animales pastorean un potrero determinado dentro del sistema de pastoreo rotacional.

6.3.6 Pisoteo y compactación

Durante el pastoreo, los animales producen con el pisoteo una serie de cortes y laceraciones en hojas y tallos del forraje disponibles y entierran hojas y tallos que afecta la capacidad fotosintética de las especies de gramíneas presentes. La mayor afectación ocurre en las etapas tempranas de crecimiento del pasto (Pezo 2018).

Por otro lado, la compactación del suelo afecta la infiltración y retención de humedad, dificulta la penetración de las raíces y reduce la disposición de oxígeno en ellas. La compactación es mayor en potreros con pasturas degradadas, donde hay menor cobertura y disponibilidad de pasto (Pezo 2018).

El principal problema ocurre cuando se utiliza una carga animal alta, especialmente si los suelos son arcillosos; suelos que presentan niveles altos de arena se observa un menor impacto. Además, es evidente en aquellas áreas donde tienden a concentrarse los animales, tales como bajo la copa de árboles cuando estos son muy pocos en el potrero, donde se encuentran las fuentes de agua y donde se colocan saladeros.

Por lo anterior, asegurar una adecuada cobertura del suelo y sistemas radiculares desarrollados en las gramíneas, amortiguan la presión ejercida por el pisoteo. También es conveniente disponer de bebederos, saladeros y comederos en los corredores entre potreros, y, si estos están dentro de los potreros, es preferible que sean móviles (Pezo 2018).

6.3.7 Efecto de las excretas

El forraje contaminado con las excretas de los animales tiende a ser rechazado, lo cual depende de la precipitación, el tipo de excretas (heces u orina) y la presión de pastoreo aplicada (Pezo e Ibrahim 1999).

La cantidad de nutrientes minerales retornados en las excretas de animales en crecimiento y de vacas lactantes es elevada. Se estima que representa entre el 87-95 y el 72-87%, respectivamente (Humphreys 1991).

El reciclaje de nutrimentos es básico en estas condiciones, porque la mayor parte del nitrógeno, potasio y azufre es reciclado a través de la orina en formas fácilmente disponibles para las gramíneas; también son elevadas las pérdidas de N por volatilización. Las heces son la vía principal de excreción para el resto de nutrientes, los cuales se hacen disponibles cuando se mineraliza la materia orgánica (Humphreys 1991).

Por otro lado, las excretas permiten la dispersión de semillas lo cual puede ser benéfico o no, dependiendo de si las semillas dispersadas corresponden a especies deseables o invasoras dentro de la pastura (Pezo *et al.* 1992).

La efectividad de la dispersión y la viabilidad potencial de las semillas depende de:

- La especie animal que las ingiere (ocurre una mayor recuperación de semillas en las excretas de bovinos que de ovinos y caprinos).
- Tamaño y dureza de las semillas (las semillas más pequeñas y con tegumento más duro escapan intactas).
- La calidad de la dieta. A mayor calidad del forraje cosechado, menor es el tiempo de retención en el tracto digestivo y la actividad de rumia, lo que permite una mayor proporción de semillas intactas en las heces.
- El tiempo que permanecen las semillas en las excretas.

Las excretas facilitan la dispersión de huevos de parásitos gastrointestinales y la infestación eventual de animales que consumen los forrajes. Esta situación puede ser controlada en alguna medida si se conoce bien el ciclo de vida de los parásitos, lo cual puede determinar algunos cambios en el manejo de las pasturas como lo es el alargar el período de descanso para romper los ciclos (Wells 1999).

Las larvas de los parásitos regularmente no se elevan más de 2-3 cm sobre el nivel de suelo, por lo que el evitar una alta intensidad de pastoreo que lleve a niveles muy bajos de residuos puede ayudar a reducir el potencial de infestación. Además, cuando el residuo post-pastoreo es de 5-10 cm, existe mayor posibilidad de que el sol alcance los estratos inferiores y contribuya a desecar las larvas y, por tanto, a evitar la infestación con parásitos (Wells 1999).

6.4 Principios básicos del pastoreo rotacional intensivo

Según Voisin (1962), los principios básicos del pastoreo rotacional, llamados “Las Leyes Universales del Pastoreo” son los siguientes (Sorio 2006; Pezo, 2018):

Ley 1: establecer un período de descanso adecuado

Para que un pasto sea productivo debe recibir un periodo de descanso entre dos pastoreos, esto le permite almacenar reservas en sus raíces y desarrollarse rápidamente para producir la mayor cantidad de biomasa verde por unidad de superficie.

Ley 2: limitar el largo del período de ocupación

Un pasto no debe ser cortado dos veces por el animal en el mismo periodo de ocupación del potrero. Esto se logra mediante periodos cortos de pastoreo, en potreros con ocupaciones menores a tres días.

Ley 3: ajustar el sistema de pastoreo a las necesidades de los animales

Cuanto menos trabajo tenga un animal para cosechar a fondo un potrero, mayor será la cantidad de pasto cosechado. Se recomienda una altura de 60-80 centímetros, cuando se trata de pastos erectos y de 15 a 25 centímetros, cuando se trata de pastos de rastreros (Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Alturas de plantas al momento de los ingresos y salidas de los animales a los y de los potreros de sistemas de producción recomendadas como indicadores de la presión de pastoreo óptima en un sistema rotacional de gramíneas tropicales

Gramíneas	Altura de plantas (cm)	
	Entrada	Salida
<i>Andropogon gayanus</i>	80-120	30-40
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú	80-100	25-30
<i>B. decumbens</i> , <i>B. ruziziensis</i>	30-40	15-20
<i>B. dictyoneura</i> , <i>B. humidicola</i>	30-40	10-15
<i>Cynodon dactylon</i> , <i>C. nlemfuensis</i>	25-30	10-15
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombasa	120-140	30-40
<i>P. maximum</i> cv. Tanzania	80-120	30-40
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	40-60	15-20
<i>Setaria sphacelata</i>	80-100	25-30
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Camerún	130-150	20-30

Fuente: Adaptado de Pezo (2018)

Ley 4: mantener la estabilidad de la producción

Para que un animal sostenga su producción no debe permanecer más de 48-72 horas en el mismo potrero, ya que los bovinos presentan las mayores producciones durante las primeras 24 horas de ocupación del potrero, decreciendo con el tiempo transcurrido debido a que cada vez el animal cosecha menos forraje y de menor calidad.

6.5 Tipos y características del pastoreo rotacional

El manejo del pastoreo depende de las siguientes consideraciones, las cuales deben ser analizadas con la familia productora, con el propósito de discernir el tipo de rotación que pueda implementarse en la finca (Pezo 2018):

- Sistema de producción
- Condiciones agroecológicas predominantes
- Tipo de vegetación que se maneja en pastoreo / ramoneo
- Nivel de intensidad que pueda ser utilizado
- Objetivos, intereses y limitaciones de la familia productora

A continuación, se resumen algunos tipos de pastoreo y sus características básicas (Pezo 2018).

Pastoreo continuo



- Los animales permanecen todo el tiempo en el mismo potrero.
- Con carga baja, los animales expresan su máxima capacidad de selección del forraje.
- Con mayor carga, los animales buscarán lo más succulento del forraje (rebrotos) y afectan la capacidad de recuperación.
- Consecuencia: uso descontrolado del pasto, predominancia de las especies de mejor interés y pérdida de capacidad forrajera y productiva.
- Inversión baja pero ineficiente, efectos de degradación y baja producción.

Pastoreo alterno



- Es el sistema más simple de pastoreo rotacional.
- Los animales pastorean solo en dos potreros: uno de ocupación y otro de descanso.
- Facilita el uso de fertilizantes y de otros agroquímicos.
- Requiere baja inversión.
- La calidad y disponibilidad de la pastura es baja salvo en fincas muy grandes o con baja carga animal.

Pastoreo rotacional intensivo



- Sistema basado en divisiones de potreros de manera que los animales pastorean cada potrero (período de ocupación), por un período relativamente corto, mientras las otras pasturas se recuperan luego del pastoreo (período de descanso).
- Los períodos de ocupación y descanso se definen de acuerdo con las especies de forraje disponibles, las condiciones agroecológicas prevalentes, el número de apartos, la carga animal aplicada, manejo y los objetivos de producción del productor.
- Requiere una inversión inicial mayor (cercas, bebederos, saladeros, etc.), pero con buen manejo permite mayor carga sostenida, uso más uniforme del forraje y mayor productividad porque permite aumentar la carga animal por unidad de superficie.

Pastoreo en franjas



- Es un tipo de pastoreo rotacional intensivo.
- Se realiza por medio del movimiento de una cerca eléctrica. Cada medio día o un día, se les permite a los animales tener acceso a una nueva franja de forraje de la pastura.
- Permite un uso muy intensivo del pasto, con una utilización y consumo más uniforme y completo y un control adecuado de malezas y plantas invasoras.

Pastoreo diferido



- Sistema de pastoreo rotacional donde uno o más potreros, en un ciclo de pastoreo, se usa para propósitos definidos (producción de semillas, producción de forraje para ensilaje o heno).
- Se logra en la medida que los otros potreros disponibles permitan la producción de forraje necesario para el manejo del hato.

Pastoreo Voisin



- Sistema de pastoreo directo, rotacional, usando altas cargas instantáneas (cantidad de animales por unidad de superficie en el potrero que está siendo pastoreado), con flexibilidad para respetar los cuatro principios propuestos por Voisin (1962).

Para planificar el establecimiento de un sistema de pastoreo racional, es necesario conocer las expectativas del productor y su familia respecto a los niveles de producción y productividad que quieren alcanzar y en qué plazo (Pezo 2018). Por esta razón, el técnico debe explicar al productor y a su familia los conceptos básicos del sistema de pastoreo racional que se propone implementar, de tal manera que les quede claro lo que podrán alcanzar en el corto y mediano plazo con el tipo de recursos forrajeros y animales disponibles, así como si necesitan implementar prácticas de recuperación o renovación de pasturas, si requieren conseguir animales de mayor potencial productivo para aprovechar los beneficios vinculados al sistema de pastoreo, así como la comprensión de que los cambios propuestos forman parte de un proceso de planificación de la finca que requiere de inversión y que tomará tiempo ver resultados y recuperar lo invertido (Pezo 2018).

6.6 Pasos sugeridos para el establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional

A partir de esta sección se describen los pasos sugeridos para el establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional en un sistema de producción ganadero.

6.6.1 Revisión de potreros y recopilación de información relevante

En este paso se debe prestar atención a los aspectos siguientes:

- Revisar los planos de los potreros de la finca, su distribución y forma (si no se cuenta con planos, elaborarlos durante el recorrido) y aprovechar los planes de finca elaborados con la familia productora.
- Ubicar el área de pastoreo mediante sistemas de posicionamiento global (si es posible).
- Disponer de una copia de la fotografía aérea o imagen de satélite del área para anotar, contrastar y relacionar con los recursos disponibles en el entorno (si es posible).
- Recorrer el área con el productor y/o la familia productora (deben participar en todo el proceso de diseño), anotar los tipos y manejo de pasturas, distribución en los potreros, accesos, grupos de animales, cantidad de animales por grupo, fuentes y disponibilidad de agua, sombras, evidencias de degradación, otros usos del suelo.

6.6.2 Evaluación del nivel de degradación de las pasturas

En este paso se sugiere:

- Evaluar el nivel de degradación existente en las pasturas donde será establecido el sistema de pastoreo rotacional. Esto permite tomar decisiones relacionadas con el manejo, recuperación y protección de los recursos forrajeros asociados en cada uno de los sitios. Puede utilizarse la escala de evaluación de degradación de pasturas que se presenta en el Cuadro 6.2.

Cuadro 6.2. Escala para evaluar la degradación de la pastura

Nivel de degradación	Disponibilidad de forraje	Composición botánica y cobertura del suelo			Erosión
		Especies palatables	Malezas	Suelo desnudo	
Ninguna	Muy alta	Más de 80	Menos de 5	No hay	No hay
Leve	Alta	50 a 80	5 a 15	Espacios pequeños	No hay
Moderada	Media	20 a 50	15 a 40	Manchas aisladas	No hay
Severa	Pobre	Menos de 20	40 a 60	Manchas aisladas	Laminar
Muy severa	Muy pobre	Menos de 20	Más de 60	Manchas con distribución uniforme	Surcos o cárcavas

6.6.3 Organización del hato

En este paso se deben de considerar los siguientes aspectos:

- Dependiendo del sistema de producción, los requerimientos nutricionales son distintos para los diferentes estados fisiológicos de los hatos (producción de leche, doble propósito, vacas de cría, desarrollo y engorde).
- Hay diferencias, entre grupos de animales, en la eficiencia de uso de los recursos forrajeros, en su transformación en producto animal (carne y leche) y en la eficiencia económica del sistema.
- Recomendaciones para la organización del hato:
 - Leche: Primero ingresan las vacas en lactancia temprana y altas productoras, luego vacas avanzadas en su lactancia y las de menor potencial productivo.
 - Carne: Primero ingresan los animales en engorde y luego los animales en fase de crecimiento o las vacas en fase de reproducción.
- Conforme sea más eficiente el sistema, se justifica un mayor grado de intensificación.

6.6.4 Aforo de forraje

En este paso se deben considerar que:

- El aforo permite cuantificar el forraje disponible en el potrero, con el propósito de tomar decisiones de manejo basadas en la disponibilidad de alimento. Implica el muestreo de la pastura, la cosecha y pesaje antes del pastoreo.
- El propósito consiste en relacionar la biomasa vegetal (kg de materia seca/ha) con biomasa animal (kg/peso vivo), a fin de ajustar el número de animales a alimentar (por ejemplo, vacas/ha) y el tiempo de ocupación del potrero en cada época según el clima (cargas variables de acuerdo con el régimen de lluvias y sequía).
- Para fines prácticos, se debe realizar el aforo cuantificando los kilogramos de materia verde (MV) o forraje fresco del potrero.
- Para fines técnicos, se calculan los kilogramos de materia seca (MS), que corresponde a la cantidad de alimento menos la humedad.

Procedimiento del aforo de forraje:

- Se define la cantidad de muestras de forraje y el lugar donde serán tomadas en el potrero, lo cual dependerá de la uniformidad o no de la composición de las pasturas. Si el potrero es uniforme, se pueden tomar de 5 a 10 muestras de manera directa. Si el potrero varía en su composición y corresponde a una mezcla de forrajes variable en su capacidad de producción, se toman de 15 a 20 muestras empleando la técnica del doble muestreo y se evalúan unas 60 muestras visuales para, con base en esa información, determinar la disponibilidad y la composición botánica de la pastura.

- Se corta el forraje de cada muestra tomada al azar con la ayuda de un cuadrante, hecho de tubo plástico o madera, de 1 x 1 m para el caso de pasturas con especies amacolladas o 0,5 x 0,5 m para pasturas de especies rastreras. Todo el material que está dentro del cuadrante se recoge en bolsas y debe ser pesado en una balanza calibrada.
- Del total de muestras tomadas y pesadas se saca un promedio de producción por metro cuadrado (m²); luego se relaciona esta producción por metro cuadrado con respecto al área total disponible del potrero que haya sido estimada previamente y que normalmente corresponde a una hectárea (10 000 m²).
- Entre mayor cantidad de forraje verde se obtiene a partir del muestreo del potrero, mayor capacidad tiene el productor para alimentar a sus animales (mayor capacidad de carga animal - CA).
- Del material recolectado se toma una muestra de 100 gramos y se procede a secar en un horno o estufa para obtener la materia seca (MS). La MS debe medirse porque el agua contenida en los forrajes no aporta valor alimenticio y el contenido de agua fluctúa a través del día o entre días a lo largo del año. Ejemplo: en la época lluviosa el pasto puede contener 82% de agua en las primeras horas de la mañana y reducir su contenido a 78% por la tarde; mientras que en la época seca puede bajar a 74%.
- Es recomendable efectuar el aforo con regularidad porque permite ajustar el manejo del sistema de pastoreo rotacional con base en la disponibilidad de forraje producido. Ejemplo: los potreros de *Brachiaria brizantha* pueden producir hasta 6 kg/MV/m², esta MV puede contener aproximadamente 25% de MS. De esta forma se estima que 6 kg/MV/m² x 25% MS equivale a 1,5 kg MS/m² y, 1,5 kg MS/m² x 10 000 m² equivale a 15 000 kg/MS/ha de pasto.
- La cantidad de forraje producido depende de la estación climática e influye en el tiempo de rotación (descanso de los potreros), en el número de potreros, etc.

6.6.5 Cantidad de animales a alimentar

Para calcular la cantidad de animales que una pastura puede sostener se debe considerar que:

- Depende de la disponibilidad de forraje (aforo), la cual está determinada por la(s) especie(s) de pastos presentes, su condición, los factores de suelo y clima del sitio, la fertilización, el tipo y nivel de suplementación con otros recursos alimenticios y el manejo efectuado (Pezo 2018).

- Es necesario reunir la información completa sobre la cantidad de animales y su relación con la carga animal (CA) que pueden sostener diferentes tipos de pasturas tropicales. Esta información permite determinar el área de potreros que se puede requerir con base en el tamaño de hato que se dispone en la finca y al que se pretende llegar una vez efectuados los cambios en el sistema de pastoreo rotacional. En los cuadros 6.3 y 6.4 se muestran las equivalencias en unidades animales (UA) para diferentes categorías de animales y un ejemplo del cálculo para el hato (Pezo 2018).

Cuadro 6.3. Equivalencias de unidades animales según diferentes categorías de animales

Tipo de animal	Equivalencia UA
Toro	1,3
Vaca adulta	1,0
Vaca y ternero	1,25
Ternero desde destete a un año	0,6
Novilla de uno a dos años	0,7
Novilla de dos a tres años (hasta 300 kg)	0,8

Cuadro 6.4. Ejemplo de un cálculo de la cantidad de animales que se pueden alimentar en una pastura considerando un hato con vacas adultas y toretes de un año

Tipo de animal	Cantidad de animales	UA equivalentes	UA totales
Vacas	8	1	8
Torettes 1 a 2 años	45	0,7	31,5
Total	53		39,5

6.6.6 Cantidad de potreros

Según Pezo (2018), la cantidad de potreros a establecer en el sistema depende:

- El sistema de pastoreo que se desea implementar.
- El período de ocupación y de descanso para el tipo de pasturas disponibles.
- El manejo agronómico de las pasturas (porque afectan la tasa de rebrote del pasto).
- La cantidad de grupos de animales que deben manejarse en la finca.

Para estimar la cantidad de potreros necesarios en una pastura se debe tomar en cuenta la duración recomendada de los **períodos de descanso (PD)** y **de ocupación (PO)**. Es muy importante definir el descanso con base en el período crítico de la región. En la Amazonía ecuatoriana, por ejemplo, corresponde al periodo de mayor precipitación (Recuadro 6.1).



Recuadro 6.1. Ejemplos de un cálculo de la cantidad de potreros en una pastura según la cantidad de grupos de pastoreo manejados

Ejemplo 1: Si el período de ocupación (PO) recomendado de la pastura es de dos días y el período de descanso (PD) de 35 días y si solo se maneja un grupo de pastoreo, la cantidad de potreros es:

$$\begin{aligned}\text{No. de potreros} &= (\text{PD}/\text{PO}) + \text{Cantidad de grupos} \\ \text{No. de potreros} &= (35/2) + 1 = 19 \text{ potreros en total}\end{aligned}$$

Ejemplo 2: Si hay varios grupos de animales (NG), pastoreando los mismos potreros, con cada grupo y el mismo número de días de ocupación, la cantidad de potreros es:

$$\text{No. de potreros} = (\text{PD}/\text{PO}) + \text{NG}$$

Con los mismos datos del ejemplo anterior y dos grupos de animales, la cantidad de potreros es:

$$\text{No. de potreros} = (35/2) + 2 = 20 \text{ potreros}$$

6.6.7 Tamaño y forma de los potreros

Según Pezo (2018), el tamaño de los potreros depende de:

- El área total efectiva disponible. Al diseñar potreros se deben considerar las áreas requeridas para corredores, abrevaderos, etc., las cuales pueden representar un 15% del área de pastos.
- La cantidad de potreros estimados del sistema de pastoreo propuesto.
- La cantidad de animales que se van a pastorear de cada categoría, definida dentro de la estructura del hato de la finca del productor.

- La disponibilidad de pasto por unidad de área (se puede tomar en cuenta la tasa de crecimiento del forraje y la duración del período de descanso). Se puede estimar en kg de forraje verde por metro cuadrado (kg FV/m²), calculado mediante el aforo de los potreros.
- Las posibles pérdidas por pisoteo y excretas. Pueden considerarse en un 35%.
- El consumo de pasto en forraje verde (FV) por cada categoría animal durante el período de ocupación. En términos prácticos se puede considerar que el consumo potencial de FV se estima en un 10% del peso vivo del animal (PV), lo que implica que puede ser de 45 kg FV/vaca/día y de 24 kg FV/torete/día)
- La duración del período de ocupación (días).

En el Recuadro 6.2 se muestra un ejemplo del cálculo del tamaño de potreros.



Recuadro 6.2. Ejemplo de un cálculo del tamaño de potreros en una pastura con un sistema de pastoreo rotacional

La estimación del tamaño de los potreros se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Área del potrero} = \frac{[(\text{NA} \times \text{CP}) \times ((100 + \text{P}) / 100)]}{\text{D}} \times \text{PO}$$

NA = Número de animales

CP = Consumo de pasto (kg/FV animal)

P = Pérdidas por pastoreo (%)

D = Disponibilidad (kg FV/m²)

PO = Duración del período de ocupación (días)

Supuestos del ejemplo:

En una finca se cuenta con ocho vacas de ordeño y 45 toretes que pastorean los mismos potreros, con un día de ocupación por cada grupo, y consumen en promedio 45 y 24 kg/día de forraje verde (FV), respectivamente. Se estiman pérdidas por pastoreo del 35% del forraje verde disponible y se calculó por aforo del potrero una disponibilidad de 1 kg FV/m² como promedio del año. El tamaño de cada potrero se estima aplicando la fórmula anterior:

Área del potrero = $[\frac{((8 \text{ vacas} \times 45 \text{ kg FV/día}) + (45 \text{ toretes} \times 24 \text{ kg FV/día})) \times ((100 + 35\% \text{ pérdida de pastoreo}) / 100)}{1,0 \text{ kg FV/m}^2}] \times 2 \text{ día de ocupación}$
Área del potrero = $[\frac{((8 \times 45) + (45 \times 24)) \times ((100 + 35) / 100)}{1,0}] \times 2$

Área del potrero = 3046 m²

La superficie total del sistema de pastoreo rotacional se estima multiplicando la cantidad de potreros previamente calculado, por el tamaño promedio de los potreros estimados en metros cuadrados.

Superficie total = 20 potreros x 3046 m²

Superficie total del sistema de pastoreo rotacional = 60 912 m² = 6,1 ha

Nota: El ejemplo representa una estimación inicial que debe ajustarse con base en las categorías de animal, y, progresivamente, con el número de animales y el monitoreo del uso de los potreros.

6.7 Establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional

Para el establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional se recomienda lo siguiente:

- Elaborar un plano o croquis de la distribución de la cantidad de potreros calculada (Figura 6.1). Deben considerarse las áreas que se tendrán que evitar por pendientes, degradación (evaluada previamente), protección de fuentes de agua, acceso al agua, movimiento de animales y otros posibles usos. (Pezo 2018).
- Determinar el tipo de cerca y el número de hilos a emplear, lo cual dependerá de la mansedumbre de los animales y de los recursos y/o limitaciones de la finca y del productor.
- Estimar los recursos necesarios con base en el tipo de cerca (postes, alambre, etc.).

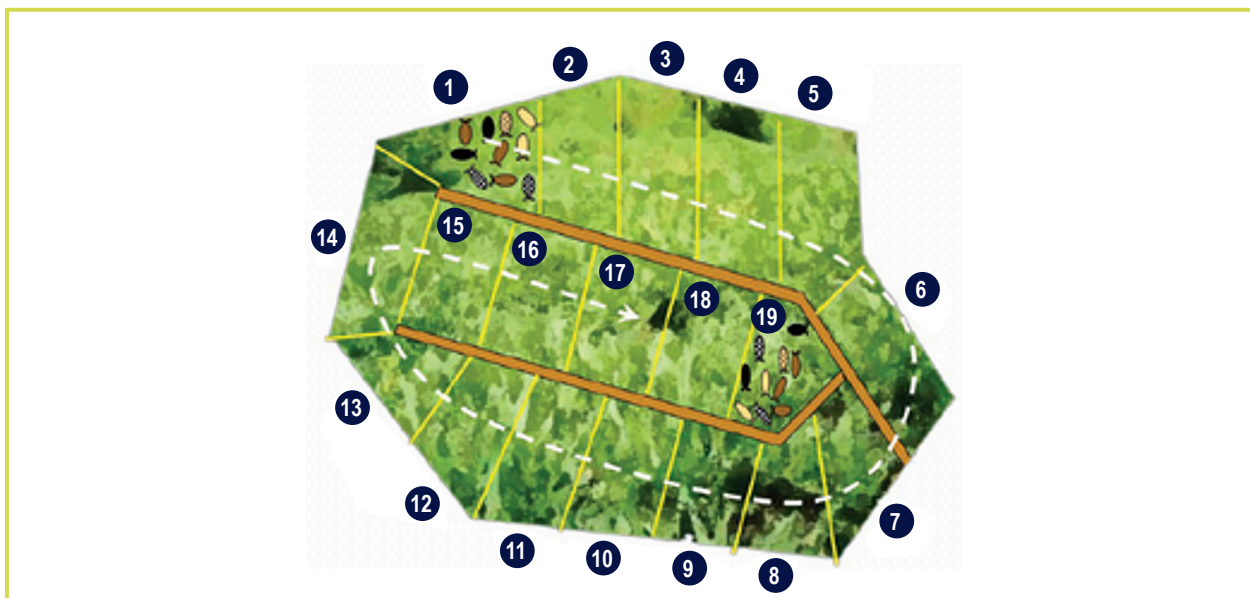


Figura 6.1. Ejemplo de un croquis con la distribución de los potreros y la orientación de la rotación de pastoreo respectiva en una pastura determinada
Imagen: Pezo 2018.

6.7.1 Uso de cerca eléctrica

Las cercas eléctricas, por lo general, representan una práctica que ofrece ventajas en cuanto a la inversión, manejo y costos del establecimiento de un sistema de pastoreo rotacional. Las recomendaciones básicas para su instalación son las siguientes:

- Establecer el perímetro de los potreros con postes (madera tratada o de concreto) y cuatro hilos de alambre.
- Establecer las cercas internas con estacas de hierro corrugado o de madera tratada. Dependiendo del tipo de animales, usar un hilo en el caso de vacas y dos cuando se tienen terneras.
- El distanciamiento entre postes y estacas depende de las condiciones del terreno y del tipo de animales. De acuerdo a la disponibilidad de recursos del productor, pueden ser de hierro pues son más durables y fáciles de instalar; se pueden instalar cada 15 a 20 metros.
- Usar alambre galvanizado BWG de calibre 14 o 16, o *poliware* para cerco eléctrico, ambos alambres son fáciles de instalar.
- La altura recomendada de acuerdo con el tipo de animal es la siguiente: bovinos de leche, un alambre a 0,7 - 0,8 metro y en bovinos de carne, un alambre cada 0,9 - 1,0 metro.
- Deben instalarse y utilizarle aisladores, tensores, mangueras plásticas para aislar el alambre de los postes, grapas para cercas, etc.



7. Elaboración y uso de bloques multinutricionales para bovinos

Rodolfo Ávila, Edwin Pérez

7.1 Introducción

En las regiones semiáridas, subtropicales y tropicales del mundo, la mayoría de la población de ganado bovino y pequeños rumiantes depende exclusivamente de forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales. Sin embargo, las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad y la calidad del forraje han sido reconocidas como una de las principales causas del estrés nutricional que limita la producción y reproducción animal (Esquivel 2011, Fariñas et al. 2009).

Durante la época seca, el consumo inadecuado de forraje que ocurre como resultado de una reducida disponibilidad en los potreros, de un bajo nivel de proteína y de un aumento en la lignificación y en el contenido de otros componentes de la fibra, puede reducir consecuentemente el consumo de nutrientes que requieren los rumiantes para el crecimiento, la gestación y la lactancia (Kawas 2008).

Los bloques multinutricionales representan una alternativa de suplementación alimenticia que tiene como función satisfacer los requerimientos de los microorganismos del rumen para mejorar su actividad microbiana y, con ello, aumentar la degradación de los pastos y por tanto su consumo (Fernández 2012, Chi s.f.).

El objetivo de este capítulo es que los facilitadores de las ECA cuenten con un material didáctico para facilitar el aprendizaje de productores sobre la importancia y preparación de bloques nutricionales.

7.2 Tipos de bloques multinutricionales

Además de los bloques multinutricionales, existen otros tipos tales como los bloques minerales, proteicos, terapéuticos y de entretenimiento (Fariñas *et al.* 2009). A continuación se describe cada uno.

Los **bloques minerales**, como su nombre lo indica, contienen nutrientes minerales (macro y microelementos), como sus principales elementos (Fariñas *et al.* 2009). El uso de este bloque se recomienda, principalmente, como suplemento de rumiantes durante la época de lluvias. Los **bloques proteicos**, como su nombre lo indica, son una fuente de proteína que generalmente es la urea; este ingrediente proporciona nitrógeno no proteico (NNP), por lo cual, en su formulación, se debe considerar el uso de azufre en una relación 10:1. También se recomienda, aparte de la melaza, usar algún ingrediente de relleno tal como el maíz como aporte de carbohidratos. Considerando el riesgo del uso de urea, es necesario usar conglomerantes en cantidades altas para lograr la dureza adecuada y evitar que el animal consuma en exceso y corra el riesgo de intoxicarse. Este tipo de bloque se utiliza como suplemento en rumiantes durante la época de sequía.

Los **bloques terapéuticos** son bloques de tipo mineral o proteicos, que además contienen productos medicinales, sobre todo desparasitantes y/o estimulantes de crecimiento, que los convierte en un vehículo de administración oral de dichos fármacos en forma regulada. En este tipo de bloque, la dureza juega un papel fundamental ya que la dosificación del medicamento está en función del consumo diario del mismo. Los bloques que contienen desparasitantes no se ofrecen todo el año, sino solamente cuando la infestación por parásitos es más alta. Como medida de precaución, antes de usar este tipo de bloques, se recomienda consultar a personas con experiencia en su elaboración y uso (Fariñas *et al.* 2009).

Los **bloques de entretenimiento** pueden ser cualquiera de los mencionados anteriormente, pero tienen un contenido mayor de conglomerante (de 12 a 15%) que los bloques tradicionales (de 5 a 10%). Su propósito es más para tranquilizar al animal durante el ordeño, y no tanto como fuente importante de nutrientes.

7.3 Ventajas y desventajas del uso de bloques multinutricionales

El uso de este tipo de bloques tiene ventajas y desventajas que se indican a continuación.

Ventajas:

- Son una fuente barata de energía, proteína y minerales.
- Mejoran la actividad ruminal, lo que permite una mejor degradación de los pastos maduros y rastrojos fibrosos y, por tanto, un mayor consumo.
- Son fáciles de elaborar a nivel de finca, pues para su preparación no se necesitan instalaciones ni equipos costosos.
- Además de los ingredientes fundamentales como la melaza, urea y minerales, los bloques permiten utilizar recursos locales de bajo costo o materiales que se producen en la finca.
- Buena palatabilidad (son bien consumidos por los animales).
- En comparación con la mezcla líquida de melaza y urea, estos bloques son más fáciles de transportar y manipular, disminuyen los riesgos de intoxicación por urea y hay menos desperdicio.
- Resisten lluvias y sol
- Su consumo no produce jerarquización en los animales
- Si se suministran en potreros, pueden servir para orientar el pastoreo, permitiendo un uso más uniforme del potrero.
- Puede almacenarse hasta por un año.
- Facilita el manejo y su conservación como suplemento.
- Su consistencia permite regular el consumo voluntario.

Desventajas:

- La elaboración en campo requiere de mano de obra e inversión en insumos y un proceso laborioso.
- Puede provocar la muerte de los animales por intoxicación.
- Los bloques se necesitan solamente si tienen nitrógeno no proteico como el aportado por la urea o por las excretas de aves.
- No pueden reemplazar la falta de forrajes, así que es necesario tener una fuente de suministro de forraje (gramíneas o leguminosas).

7.4 Factores que afectan el consumo de los bloques multinutricionales

Se han determinado diferentes factores que afectan el consumo animal de los bloques multinutricionales en condiciones de pastoreo; algunos son indirectos (externos) como el estado fisiológico del animal (edad), disponibilidad y calidad del pasto, condiciones climáticas y otros que se relacionan directamente con el bloque, ya sea durante su proceso de elaboración (ingredientes de relleno, dureza, nivel de urea), o al momento de ofrecerlo como alimento sólido (ubicación y periodo de oferta en potrero).

Algunos autores consideran que la humedad presente en las materias primas es fuente de humedad útil para la preparación de los bloques nutricionales los niveles de melaza recomendados oscilan entre el 20 y 65%, por lo que la proporción de este elemento, calidad y características físicas, determinan el uso o no del agua en las mezclas. Este nivel de humedad también depende del tipo de ingredientes y su proporción en la fórmula, tamaño de las partículas, forma y grado de molido. Los elementos más finos requieren mayor cantidad de humedad, por su elevada capacidad de absorción y gran área superficial expuesta al ambiente (Birbe *et al.* 2006). El agua es un componente cuya presencia es esencial para lograr una buena mezcla entre el aglomerante y el material fibroso; además, posibilita el desarrollo de reacciones químicas para el endurecimiento del material (fraguado). El porcentaje de humedad usado en fórmulas de bloque multinutricionales es muy variado (entre 1,5 a 40%.) Esta variabilidad se debe a que no todas las materias primas usadas en los bloques multinutricionales tienen la misma estructura morfológica, igual capacidad de absorción (higroscopía), ni la misma humedad de equilibrio con respecto al ambiente (Birbe *et al.* 2006).

Por qué se recomienda suplementar

La suplementación de nutrientes es importante para:

- Corregir una deficiencia nutritiva del forraje
- Aumentar la capacidad de carga de las praderas
- Proporcionar un vehículo para aditivos promotores de crecimiento
- Ofrecer antimicrobiales u otros compuestos para la prevención o tratamiento de problemas potenciales de salud
- Facilitar el manejo del ganado

7.5 Fuentes usadas en la elaboración de bloques multinutricionales

7.5.1 Fuentes de relleno

Existen muchos subproductos que pueden ser utilizados como fuentes de relleno que aportan proteína en los bloques multinutricionales. Entre las fuentes proteicas usadas en la preparación de bloques se tienen las semillas enteras y harinas o tortas de algunas oleaginosas, como el algodón, maní y ajonjolí. Cuando se usan semillas enteras, hay además un aporte de grasa que da energía extra al animal. A nivel de finca se pueden usar hojas y frutos de leguminosas (madero negro, leucaena, cratylia, acacia, gandul, guácimo, etc.), y hojas de árboles y arbustos forrajeros no leguminosos pero que poseen niveles de proteína mayores al 14% (marango -*Moringa oleifera*-, morera -*Morus alba*-, guácimo o caulote -*Guazuma ulmifolia*). Las hojas muy pequeñas, como las de la leucaena y del marango, se secan muy fácilmente y se desprenden con facilidad por lo que pueden usarse enteras; en cambio las hojas más grandes (por ejemplo, madero negro, poró o ajulemo y cratylia) hay que tratarlas como cuando se prepara heno y asegurarse de que no desarrollen hongos y, mejor aún si se pueden picar finamente o incluso molerlas para producir harina.

Otras fuentes que aportan fibras son las cascarillas de diferentes semillas (soya, algodón, arroz), la tusa de maíz, el heno de pasto cortado o el bagacillo de caña molido. El nivel de inclusión en las fórmulas no debe ser mayor al 30 - 50% de la formulación. La fibra de soporte, aparte de ser absorbente y por tanto facilitar el endurecimiento del bloque, ayuda a darle soporte a otros ingredientes, formando un entramado que le da solidez al bloque para su manipulación y transporte. Las fibras de pastos cortadas en partículas de unos 10 cm de tamaño, forman un entramado resistente, mientras que las menores de 5 cm, se desagregan con facilidad. Esto también aplica en el caso de las hojas de muchas especies de árboles, que al ser anchas (como las de madero negro y cratylia), no facilitan el entramado y hacen que la manipulación y transporte de los bloques se dificulte.

7.5.2 Fuentes de minerales

Los minerales son un ingrediente infaltable en la elaboración de los bloques multi nutricionales, ya que el bajo contenido de minerales en los pastos hace que los animales no logren desarrollarse bien. La sal blanca es la fuente de minerales comúnmente usada, seguida por preparados minerales disponibles en las agroveterinarias.

Es recomendable que los bloques incorporen un 5% de elementos minerales en una de sus fórmulas comerciales y un porcentaje equivalente de sal común. Aunque los bloques pueden aportar cantidades importantes de minerales, se recomienda que los animales que son suplementados con bloques tengan acceso a una mezcla adecuada de sal y minerales a voluntad, pues no siempre el consumo de los bloques es suficiente para suplir todas las necesidades del ganado.

7.5.3 Fuentes de material solidificante

Entre las fuentes más utilizadas como solidificantes o cementantes están la tierra arcillosa, el carbonato de calcio o “la cal viva” (CaCO_3), la cal hidratada (CaOH) o apagada, el yeso, la bentonita, la zeolita y el cemento. La cal viva no solo contribuye a la resistencia del bloque, sino que además aporta calcio como nutriente.

Es posible también mezclar dos o más sustancias cementantes en una fórmula. Los niveles de cementante en la formulación de los bloques regularmente varían entre 5 y 10% (Fariñas *et al.* 2009. (Figura 7.1).



Figura 7.1.

Bolsas con cal viva utilizadas como material cementante en la elaboración de bloques multinutricionales

Foto: Rodolfo Avila Cab

7.5.4 Melaza

Es una de las fuentes que no debe faltar en la preparación de los bloques multinutricionales (Figura 7.2). Esta es rica en azúcares y minerales –especialmente potasio, además funciona como saborizante y solidificante. La melaza se puede usar en una proporción entre el 25 al 60%; preferentemente se debe usar la “melaza pura” (79-81° Brix) pues en algunos casos la melaza está muy diluida lo cual crea problemas en la solidificación del bloque. Si la melaza está muy acuosa, se deberá revisar la formulación, reduciendo su proporción en la mezcla total del bloque.



Figura 7.2.

Melaza empleada en la elaboración de bloques multinutricionales
Foto: Rodolfo Avila Cab

7.5.5. Urea

Como ya se mencionó, la urea constituye una fuente de nitrógeno no proteico (NNP), utilizada por las bacterias ruminales para la síntesis de proteína microbiana (Figura 7.3). La urea, al llegar al rumen, libera amonio el cual es un nutriente esencial para el crecimiento de las bacterias presentes en el mismo, lo que resulta en una mejor degradación del alimento base y, por lo tanto, del consumo de los forrajes de baja calidad. En la preparación de bloques, la urea no debe usarse más de 10%. Por otra parte, se puede sustituir hasta una quinta parte de la urea con sulfato de amonio, el cual aporta azufre a la dieta, nutriente que va a ayudar al mejor desarrollo de las bacterias del rumen y, por ende, a que se sintetice más proteína microbiana a nivel ruminal. Otra fuente de NNP que puede ser agregada al bloque es la pollinaza, la cual, además de contener NNP, es una fuente importante de minerales, entre los que destaca el fósforo, cuyo contenido es comúnmente entre 1,5 y 3%. Generalmente, se considera que el contenido de pollinaza en el bloque puede llegar hasta un 20%. La pollinaza contiene fibra de soporte, pues no sólo incluye las excretas de las aves, sino también el material usado como cama, plumas y algunos residuos de concentrados que caen al suelo. Si la pollinaza contiene demasiada cascarilla de arroz (granza), se recomienda disminuir la cantidad de fibra que se usa como material de relleno, pues la cascarilla contiene sílice, el cual puede reducir la digestibilidad de la dieta.



Figura 7.3. Urea de uso agrícola
Foto: Rodolfo Avila Cab

7.6 Formulación de bloques multinutricionales

Los bloques se pueden elaborar con una gran variedad de ingredientes, dependiendo de la oferta en la finca, el mercado, la facilidad para adquirirlos y el valor nutritivo de los mismos. Para su elaboración se han realizado diferentes ensayos para determinar la cantidad óptima de cada ingrediente y cuidar su calidad nutricional (Cuadro 7.1).

Cuadro 7.1. Elementos nutricionales necesarios para la preparación de bloques multinutricionales

No	Elemento	Ingredientes posibles	Rango de utilización (%)
1	Proteína	Hojas de forrajeras leñosas, semillas de frijol, yuca, camote, harina de soya, de pescado torta de oleaginosas	10-35
2	NNP	Urea	5
3	Energía	Granos de maíz o sorgo triturados, salvadillo de trigo, polidura de arroz ó melaza	15-25
4	Minerales	Fósforo 6% y Azufre 1%	3-5
5	Sal común	Sal blanca	3-5
6	Fibra de soporte	Hoja de maíz, paja de frijol, pasto seco, rastrojo de cultivos, cascarilla	10-15
7	Cementante	Cal viva o cemento	8-10

Para la preparación de bloques nutricionales son necesarios diferentes materiales y un equipo básico. Para su procesamiento es necesario seleccionar las materias primas, tener una balanza y bolsas plásticas para pesar los ingredientes, baldes plásticos para pesar la melaza y usarlos como moldes del producto, recipientes para mezclar los ingredientes y palas (Figura 7.4).



Figura 7.4. Materiales y equipo necesario para la elaboración de bloques multinutricionales
Fotos: Rodolfo Avila Cab

El procedimiento recomendado para la elaboración de los bloques es el siguiente:

1. Pesaje de los ingredientes:

Los ingredientes se deben pesar de acuerdo a las cantidades que se indican en la formulación (Figura 7.5).



Figura 7.5. Ingredientes y pesaje respectivo para la elaboración de bloques multinutricionales
Foto: Rodolfo Avila Cab

2. Mezclado de ingredientes:

La mezcla de los ingredientes de los bloques multinutricionales es un trabajo lento y laborioso cuyo rigor dependerá la calidad del bloque.

Mezcla de urea con melaza

En este proceso se debe diluir la urea directamente con la melaza y mezclar hasta lograr una buena homogenización (Figura 7.6).

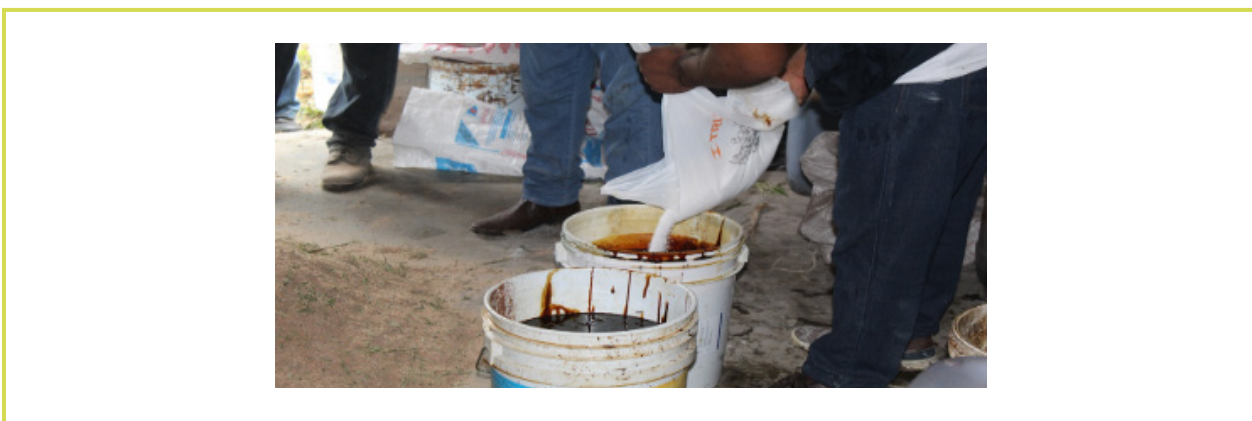


Figura 7.6. Dilución de la urea con la melaza
Foto: Rodolfo Avila Cab

Mezcla de ingredientes sólidos

La mezcla de los ingredientes sólidos (minerales y harinas del material de relleno) debe realizarse de acuerdo a la cantidad estipulada. Se recomienda utilizar un recipiente amplio que facilite la homogenización hasta obtener una mezcla uniforme (Figura 7.7).



Figura 7.7. Mezcla de los ingredientes sólidos que conforman el bloque multinutricional
Fotos: Rodolfo Avila Cab

Una vez obtenida la mezcla se debe agregar el material fibroso según se muestra en la Figura 7.8.



Figura 7.8. Mezcla del material fibroso con los ingredientes sólidos como parte del proceso de elaboración de un bloque nutricional
Foto: Rodolfo Avila Cab

Mezcla de los ingredientes sólidos y líquidos

Una vez obtenidas las mezclas líquida y sólida separadamente, se le agrega a la sólida la líquida y se mezclan en el piso mediante movimientos uniformes (Figura 7.9).



Figura 7.9. Mezcla de los ingredientes sólidos con los líquidos
Foto: Rodolfo Avila Cab

Como paso siguiente se debe agregar cal a la mezcla y batirla para que quede lo más homogénea posible; de ser necesario se debe agregar agua en pequeñas cantidades (Figura 7.10).



Figura 7.10. Mezcla del material cementante con el resto de ingredientes
Foto: Rodolfo Avila Cab

Para saber si la mezcla está “buena” o en “su punto”, se toma un puñado de la mezcla y se presiona; para determinar que está bien, debe mantenerse compacta, sin perder la forma. Seguidamente la mezcla se coloca en el recipiente final a utilizar (molde, balde o cubeta) (Figura 7.11).



Figura 7.11. Verificación del punto óptimo de la mezcla mediante la prueba del puño
Foto: Rodolfo Avila Cab

El preparado semisólido preparado en el paso anterior se vacía en los moldes de plástico, madera o metal, previamente recubiertos con un plástico para evitar que el bloque quede adherido a la pared del recipiente (Figura 7.12).



Figura 7.12. Vaciado de la mezcla final en contenedores
Foto: Rodolfo Avila Cab

La mezcla debe quedar lo más compacta posible, para lo cual se pueden usar pisones con la forma del molde o emplear un gato hidráulico. Como los moldes tienen un volumen conocido, se puede uniformizar la densidad agregando un poco de mezcla o llevándola hasta el volumen del molde.

Luego de tener el molde lleno se voltea sobre la tarima de madera; este procedimiento se conoce como desmoldado. Posteriormente, los bloques multinutricionales se colocan en la tarima de listones de madera (paleta) bajo sombra por un tiempo variable (de 1 a 2 días), con el fin de que se obtenga un buen fraguado (Figura 7.13).



Figura 7.13. Bloques multinutricionales sacados de los moldes
Foto: Rodolfo Avila Cab

Los bloques también se pueden empacar o almacenar en un sitio techado, ventilado, con poca humedad y donde no se contaminen con insecticidas y fertilizantes. El tiempo de almacenamiento puede modificar la resistencia de los bloques debido a la desecación, por lo que no es recomendable almacenarlos por largos períodos de tiempo, a menos que se usen bolsas plásticas cerradas para mantener la humedad (Figura 7.14). Se deben usar primero los bloques que tengan el mayor tiempo de elaboración.



Figura 7.14. Bloque multinutricional envuelto en una bolsa plástica completamente cerrada para mantener la humedad
Foto: Rodolfo Avila Cab

7.7 Consumo de bloques nutricionales

El consumo de bloques multinutricionales por animales en pastoreo, debe tomar en cuenta su ubicación, tamaño, número de comederos y cantidad de animales a suplementar. Se recomienda ubicar los comederos (canoas techadas) estén estratégicamente cerca de fuentes de agua y paraderos naturales del ganado.

En el Cuadro 7.2 se presenta el consumo promedio de bloques multinutricionales para animales de distintos tamaños.

Cuadro 7.2. Consumo diario de bloques multinutricionales de animales de diferentes tamaños

Etapas	Cantidad consumida (gr/día)
Vacas y toros	600 a 1000
Novillos y toretes	500 a 700
Terneros y terneras de destete	400 a 600
Terneros desde que comienzan a comer pastos	100 a 300
Cabras y ovejas adultas	100 a 200

El cálculo de la cantidad de bloque consumida diariamente se realiza de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Cantidad consumida (gr/día)}}{\text{N}^\circ \text{ de animales}} = \text{peso que debe ofertarse de bloque}$$

Los bloques multinutricionales pueden ser consumidos únicamente por rumiantes destetados que posean un rumen desarrollado. Los terneros y animales no rumiantes como caballos, peces, cerdos, patos y conejos no deben consumir bloques que contengan urea porque se pueden intoxicar.

Bibliografía

- Abbas, R; Zaman, M; Colwell, D; Gilleard, J; Iqbal, Z. 2014. Acaricide resistance in cattle ticks and approaches to its management: the state of play. *Veterinary parasitology*. 203(1-2):6-20.
- Abreu, C; Blanchard, P; Adaska, J; Moeller, R; Anderson, M; Navarro; Uzal, F. 2018. Pathology of blackleg in cattle in California, 1991–2015. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 30(6):894-901.
- Acero-Aguilar, M. 2016. Zoonosis y otros problemas de salud pública relacionados con los animales: reflexiones a propósito de sus aproximaciones teóricas y metodológicas. *Revista Gerencia y Políticas de Salud* 15(31):232-245.
- Acosta, Y; Abreu, M. 2005. La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar 39(1): 35-48.
- Aduagna, S. 2016. A review of bovine leptospirosis. *European Journal of Applied Science* 8(6):347-355.
- Ali, U; Sajid, N; Khalid, A; Riaz, L; Rabbani, M; Syed, J; Malik, R. 2015. A review on vermicomposting of organic wastes. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 34(4):1050-1062.
- AED (Alianza Empresarial para el Desarrollo). 2019. Guía para la gestión de la biodiversidad en los negocios. San José, Costa Rica. 77 p.
- Almeida, C; Folly-Ramos, E; Agapito-Souza, R; Magno-Esperanca, G; Pacheco, R; Costa, J. 2005. *Triatoma rubrovaria* (blanchard, 1843) (Hemiptera - Reduviidae - Triatominae) IV: bionomic aspects on the vector capacity of nymphs. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 100:231-235.
- Álvarez, G. 2018. Control de temperatura y pH aplicado en biodigestores modulares de estructura flexible con reciclado de lodos a pequeña escala. Tesis de Maestría. México, Universidad Autónoma de Querétaro. 98 p.
- Alves, M; Ferreira, M; Donassolo, R; Rodrigues, R; Conceição, F. 2021. *Clostridium septicum*: A review in the light of alpha-toxin and development of vaccines. *Vaccine* 39(35):4949-4956.
- Anastasi, A; Varese, G; Filipello Marchisio, V. 2005. Isolation and identification of fungal communities in compost and vermicompost. *Mycologia* 97(1):33-44.
- Arévalo Armas, J; Castillo Cardenas, I. 2021. Evaluación de la calidad del lombricompost de residuos sólidos orgánicos combinados con equinaza utilizando la lombriz (*Eisenia foetida*). Tesis Lic. Tarapoto, Perú, Universidad Peruana Unión.
- Argeñal, P. 2011. Contribución de las cercas vivas para controlar el estrés calórico en vacas lecheras en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc.. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 89 p.
- Arias Ortiz, M; Reyes Piñeros, L. 2018. Determinación de la calidad de abono obtenido mediante el lombricultivo usando diferentes tipos de estiércol, para establecer su factibilidad de comercialización, en el Centro Agropecuario Marengo. Tesis Ing. Ambiental y Sanitario. Bogotá, Colombia, Universidad de la Salle
- Ariel, E; Cevallos, O; Villareal, P; Zambrano, S; Nieto, H; Carranza, M; Pinargote, E. 2014. Prevalencia de anaplasmosis en bovinos de la zona central del Litoral Ecuatoriano. *Spanish Journal of Rural Development* 5(2).
- Arria, M; Rodríguez-Morales, A; Franco-Paredes, C. 2005. Ecoepidemiología de las enfermedades tropicales en países de la cuenca amazónica. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* 22(3):236-240.
- Arteaga, F; Rodríguez, D; Olivares, J. 2012. Comportamiento de *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) y relación con otros agentes causantes de myasis, en un cantón de la región de Manabí, Ecuador. *Revista de Salud Animal* 34(1):19-24.
- Arzt, J; Belsham, G; Lohse, L; Bøtner, A; Stenfeldt, C. 2018. Transmission of foot-and-mouth disease from persistently infected carrier cattle to naive cattle via transfer of oropharyngeal fluid. *Mosphere* 3(5):e00365-18.
- Arzt, J; Juleff, N; Zhang, Z; Rodriguez, L. 2011. The pathogenesis of foot-and-mouth disease I: viral pathways in cattle. *Transboundary and emerging diseases* 58(4):291-304.
- Atiyeh, R; Edwards, C; Subler, S; Metzger, J. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource technology* 78(1):11-20.

- ATPA. 2014. Reconversión Agroproductiva Sostenible en la Amazonía ecuatoriana (en línea) Quito, Ecuador, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. 91 p. Consultado 12 abr. 2016. Disponible en <https://www.agricultura.gob.ec/el-ministerio-de-agricultura-y-ganaderia-a-traves-del-proyecto-agenda-de-transformacion-productiva-amazonica-reconversion-agroproductiva-sostenible-de-la-amazonia-ecuatoria-atpa-raps-convoca-a-proce/>
- Augustin, C; Rahman, S. 2010. Composting animal manures: a guide to the process and management of animal manure compost. North Dakota, United States of America, North Dakota Extension Service. (Boletín NM-1478).
- Ávila-Herrera, B. 2010. Transferencia de la técnica de manejo y producción de lombricompost a base de pulpa de café, con pequeños caficultores de la aldea Los Coles, San Pedro Necta, Huehuetenango. Tesis Lic. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 122 p.
- Ayele, W; Neill, S; Zinsstag, J; Weiss, M; Pavlik, I. 2004. Bovine tuberculosis: an old disease but a new threat to Africa. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease* 8(8):924-937.
- Ayneband, A; Goroeei, A; Moezzi, A. 2017. Vermicompost: An eco-friendly technology for crop residue management in organic agriculture. *Energy Procedia* 141:667-671.
- Azim, K; Soudi, B; Boukhari, S; Perissol, C; Roussos, S; Thami Alami, I. 2018. Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic agriculture* 8(2):141-158.
- BCE (Banco Central del Ecuador). 2019. Información Estadística Mensual. Banco Central Del Ecuador (BCE) (en línea, sitio web). Disponible en <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEmensual.jsp>
- Bárceñas-Reyes, I; Loza-Rubio, E; Zendejas-Martínez, H; Luna-Soria, H; Cantó-Alarcón, G; Milián-Suazo, F. 2015. Comportamiento epidemiológico de la rabia paralítica bovina en la región central de México, 2001-2013. *Revista Panamericana de Salud Pública* 38(5): 396-402.
- Barrena, R; Font, X; Gabarrell, X; Sánchez, A. 2014. Home composting versus industrial composting: Influence of composting system on compost quality with focus on compost stability. *Waste Management* 34(7):1109-1116.
- Barrera-Cardoso, E; Carabeo-Pérez, A; Odales-Bernal, L; Contreras-Velázquez, L; López-González, L. 2018. Sistematización de aspectos teóricos sobre las tecnologías de producción de biogás a escala industrial. *Tecnología Química* 38(1):29-45.
- Barros, A. 2001. Dynamics of *Haematobia irritans irritans* (Diptera: Muscidae) infestation on Nelore cattle in the Pantanal, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 96:445-450.
- Bartolo, F; Rojas, P; Gadické, P. 2008. Evaluación del impacto de un programa de educación sanitaria para prevenir enfermedades zoonóticas. *Theoria* 17(1):61-69.
- Benítez Arellano, X. 2022. Dinámica de reproducción de *Eisenia fetida* L. alimentada con compost de estiércol equino y de estiércol bovino. Tesis Lic. México, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Bharathiraja, B; Sudharsana, T; Jayamuthunagai, J; Praveenkumar, R; Chozhavendhan, S; Iyyappan, J. 2018. Biogas production—A review on composition, fuel properties, feed stock and principles of anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy reviews* 90(April):570-582.
- Biabani, A; Carpenter-Boggs, L; Gholizadeh, A; Vafaie-Tabar, M; Omara, M. 2018. Reproduction efficiency of *Eisenia foetida* and substrate changes during vermicomposting of organic materials. *Compost Science & Utilization* 26(3):209-215.
- Birbe, B, Herrera, P, Colmenares, O, Martínez, N. 2006. El consumo como variable en el uso de bloques multinutricionales. *In X Seminario de pastos y forrajes*. p. 43-61.
- Bonillo, M; Filippini, M; Lipinski, V. 2015. Efectos de abonos orgánicos foliares: té de compost, té de lombricompost y supermagro en la productividad en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *In V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA* (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata).
- Borriello, S; Carman, J. 1985. Clostridial diseases of the gastrointestinal tract in animals. *In Clostridia in gastrointestinal disease*. s. l., Taylor and Francis Press. p 195-215.
- Botero R. 2022. Potencial de producción de carne en pasturas nativas y de braquiarias puras y asociadas con leguminosas en suelos ácidos de América tropical (en línea). Consultado 9 ene. 2023. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/potencial-produccion-carne-pasturas-t51226.htm>
- Braun, A; Van Dijk, S; Grulke, M. 2016. Incremento de los sistemas silvopastoriles en América del Sur. s. l. IIC-IDB. 39 p. (Monografía del BID; 461).
- Bretschneider, G. 2005. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science* 97(2-3):89-100.

- Brook, I. 2008. Current concepts in the management of *Clostridium tetani* infection. Expert review of anti-infective therapy 6(3):327-336.
- Budiyono, B; Widiyasa, I; Johari, S; Sunarso, S. 2014. Increasing biogas production rate from cattle manure using rumen fluid as inoculums. International Journal of Science and Engineering 6(1):31-38.
- Cabezas, J; Benítez, A; Odio, F; Proaño, R; Maldonado, G. 2019. Ganadería sostenible: guía de prácticas para el Noroccidente de Pichincha. Quito, Ecuador, CONDESAN. 105 p.
- Calderón-Rangel, A; Angulo-Maza, L; Tique-Salleg, V; Rodríguez-Rodríguez, V; Ensuncho-Hoyos, C. 2015. Seroprevalencia de brucelosis bovina en dos localidades del Caribe colombiano. Orinoquia 19(2):203-209.
- Calle, Z; Murgueitio, E; Chará, J; Molina, C; Zuluaga, A; Calle, A. 2013. A strategy for scaling-up intensive silvopastoral systems in Colombia. Journal of Sustainable Forestry 32:677-693.
- Canozzi, M; Mederos, A; Manteca, X; Turner, S; McManus, C; Zago, D; Barcellos, J. 2017. A meta-analysis of cortisol concentration, vocalization, and average daily gain associated with castration in beef cattle. Research in Veterinary Science 114:430-443.
- Canozzi, M; Mederos, A; Turner, S; Manteca, X; McManus, C; Menegassi, S; Barcellos, J. 2018. Dehorning and welfare indicators in beef cattle: A meta-analysis. Animal Production Science 59(5):801-814.
- Carhuapoma Rosales, R. 2019. Influencia del tamaño de partícula con agregado de estiércol en el tiempo de compostaje de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos generados en Sama Las Yaras, Departamento de Tacna. Tesis Lic. Perú, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna.
- Caruzo, E. 2012. Manejo técnico de pastos tropicales (en línea). Consultado 8 ene. 2023. Disponible en https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/837/1/Caruzo-Manejo_pastos_tropicales.pdf
- Celi, P; Cowieson, A; Fru-Nji, F; Steinert, R; Klünter, A; Verlhac, V. 2017. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: new opportunities for sustainable animal production. Animal Feed Science and Technology 234:88-100.
- Cerdas, R, Vargas, J. 2021. Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada. InterSedes Revista electrónica de las sedes regionales de la Universidad de Costa Rica XXII(45). 10.15517/isucr.v22i45 |intersedes.ucr.ac.cr | intersedes@ucr.ac.cr
- Chadwick, D; Sommer, S; Thorman, R; Fangueiro, D; Cardenas, L; Amon, B; Misselbrook, T. 2011. Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. Animal Feed Science and Technology 166-167:514-531.
- Chakrabarty, D; Das, S; Das, M. 2009. Relative efficiency of vermicompost as direct application manure in pisciculture. Paddy and Water Environment 7(1):27-32.
- Charlier, J; Höglund, J; Morgan, E; Geldhof, P; Vercruysse, J; Claerebout, E. 2020. Biology and epidemiology of gastrointestinal nematodes in cattle. Veterinary Clinics: Food Animal Practice 36(1):1-15.
- Charlier, J; Höglund, J; von Samson-Himmelstjerna, G; Dorny, P; Vercruysse, J. 2009. Gastrointestinal nematode infections in adult dairy cattle: impact on production, diagnosis and control. Veterinary parasitology 164(1):70-79.
- Chaudhary, D; Bhandari, S; Shukla, L. 2004. Role of vermicompost in sustainable agriculture-a review. Agricultural Reviews 25(1):29-39.
- Chaves, A; Guzmán, G. 2009. Elaboración de biofermentos y su aplicación como abono foliar. s. l. MAG. 6 p.
- Chi, H. s. f. Bloques nutricionales complemento alimenticio del ganado (en línea). Consultado 14 may. 2019. Disponible en http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/bloques_nutricionales_ <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1423.pdf>
- Choi, H; Sudiarto, S; Renggaman, A. 2014. Prediction of livestock manure and mixture higher heating value based on fundamental analysis. Fuel 116:772-780.
- Church D; Pond W; Pond K. 2003. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México D.F., México, LIMUSA WILEY. 636 p.
- Coats, E; Gregg, M; Crawford, R. 2011. Effect of organic loading and retention time on dairy manure fermentation. Bioresource technology 102(3):2572-2577.
- Coetzee, H. 2010. Recommendations for castration and dehorning of cattle. In American Association of Bovine Practitioners Proceedings of the Annual Conference. p. 40-45.

- Coetzee, J. 2013. Assessment and management of pain associated with castration in cattle. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 29(1):75-101.
- Coker, R; Rushton, J; Mounier-Jack, S; Karimuribo, E; Lutumba, P; Kambarage, D; Rweyemamu, M. 2011. Towards a conceptual framework to support one-health research for policy on emerging zoonoses. *The Lancet infectious diseases* 11(4):326-331.
- Colcombet, L; Esquivel, J; Fassola, H; Goldfarb, M; Lacorte, S; Pachas, N; Rossner, B; Winck, R. 2015. Los sistemas silvopastoriles en las provincias de Misiones y Corrientes, Argentina. *In* Montagnini, F; Somarriba, E; Murgueitio, E; Fassola, H; Eibi, B. *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Cali, Colombia - Turrialba, Costa Rica, CIPAV-CATIE. p. 105-129. (Serie técnica. Informe técnico 402).
- Colditz, I; Hine, B. 2016. Resilience in farm animals: biology, management, breeding and implications for animal welfare. *Animal Production Science* 56(12):1961-1983.
- Colin Navarro, V; Dominguez Vara, I; Olivares Pérez, J; Castelan Ortega, O; García Martínez, A; Avilés Nova, A. 2019. Propiedades químicas y microbiológicas del estiércol de caprino durante el compostaje y vermicompostaje. *Agrociencia* 53:61-173.
- Conde, M; Borges, D; de Freitas, M; da Silva, M; de Almeida Borges, F. 2021. First report of *Dermatobia hominis* resistant to doramectin in cattle. *Veterinary Parasitology* 289: 109335.
- Congo, C; Caicedo, C; Chuquimarca, J; Burbano, A. 2019. Bancos forrajeros. Orellana, Ecuador, INIAP. (Plegable No. 444).
- Corona, B; Rodríguez, M; Martínez, S. 2005. Anaplasmosis bovina. *REDVET Revista Electrónica de Veterinaria* 6(4):1-27.
- CEDECO (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense). 2007. Manejo alternativo de animales en la finca orgánica integral campesina. San José, Costa Rica. (Antología del curso-taller).
- Corpus, M; Andrade, L; Méndez, J; Gutiérrez, V. 2008. Prevention of blackleg by an immunogen of *Clostridium chauvoei*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1149(1):303-305.
- Cote, C; Heffron, J; Bozue, J; Welkos, L. 2015. *Bacillus anthracis* and other *Bacillus* species. *Molecular Medical microbiology* 3:1789-1844.
- Cozzi, G; Gottardo, F; Brscic, M; Contiero, B; Irrgang, N; Knierim, U; Winckler, C. 2015. Dehorning of cattle in the EU Member States: A quantitative survey of the current practices. *Livestock Science* 179:4-11.
- Cresswell, E; Brennan, M. L; Barkema, H; Wapenaar, W. 2013. A questionnaire-based survey on the uptake and use of cattle vaccines in the UK. *Veterinary Record Open* 1(1):e000042.
- Cruz, J; Nieuwenhuysse, A. 2008. Establecimiento y manejo de leñosas arbustivas en bancos de proteínas y en sistemas en callejones. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 151 p. (Serie técnica. Manual técnico No. 86).
- Daly, R; Miskimins, D; Good, R; Stenberg, T. 2009. Blackleg (*Clostridium chauvoei* infection) in beef calves: A Review and Presentation of Two Cases with Uncommon Pathologic Presentations. *The Bovine Practitioner* 153-158.
- Dantas-Torres, F; Otranto, D. 2017. Anaplasmosis. *In* Brisola Marcondes, C (ed.). *Arthropod borne diseases*. Springer, Cham. p. 215-222.
- Dantas-Torres, F; Camara-Alves, L; Uilenberg, G. 2017. Babesiosis. *In* *Arthropod borne diseases*. Springer, Cham. p. 347-354.
- Daud, A; Fuzi, N; Arshad, M; Kamarudin, S; Mohammad, W; Amran, F; Ismail, N. 2018. Leptospirosis seropositivity and its serovars among cattle in Northeastern Malaysia. *Veterinary world* 11(6):840.
- David, B; Mejdell, C; Michel, V; Lund, V; Oppermann Moe, R. 2015. Air quality in alternative housing systems may have an impact on laying hen welfare. Part II—Ammonia. *Animals* 5(3): 886-896.
- De La Merced, D. 2012. Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo. Tesis Maestría. Veracruz, México, Universidad Veracruzana. 66 p.
- De la Mora-Covarrubias, A; Vázquez-González, F; Valero-Galván, J. 2016. Sucesión bacteriana del género *Bacillus* en el proceso de compostaje y lombricompostaje con diferentes fuentes de estiércol. *Tecnociencia Chihuahua* 10(1):23-31.
- De León, A; Mitchell R; Watson, D. 2020. Ectoparasites of cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 36(1):173-185.
- Diop, G; Yanagida, T; Hailemariam, Z; Menkir, S; Nakao, M; Sako, Y; Ito, A. 2015. Genetic characterization of *Moniezia* species in Senegal and Ethiopia. *Parasitology international* 64(5):256-260.
- Doan, T; Bouvier, C; Bettarel, Y; Bouvier, T; Henry-des-Tureaux, T; Janeau, J; Jouquet, P. 2014. Influence of buffalo manure, compost, vermicompost and biochar amendments on bacterial and viral communities in soil and adjacent aquatic systems. *Applied Soil Ecology* 73:78-86.

- Dominghetti, T; Barros, A; Soares, C; Cançado, P. 2015. *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) outbreaks: current situation and future outlook with emphasis on Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria* 24(4):387-395.
- Domingo, M; Vidal, E; Marco, A. 2014. Pathology of bovine tuberculosis. *Research in veterinary science* 97:S20-S29.
- Domínguez Hernández, A. 2022. Características microbiológicas del compost y vermicompost de *Eisenia fetida* L. elaboradas a partir de estiércol equino y estiércol bovino. Tesis Lic. México, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Dong, X; Soong, L. 2021. Emerging and re-emerging zoonoses are major and global challenges for public health. *Zoonoses* 1(1): DOI: 10.15212/ZOONOSES-2021-0001.
- Dorrego Romano, P; Firpo Pascoli, R. 2021. Principales enfermedades del sistema nervioso en bovinos en el litoral oeste del Uruguay. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República, Uruguay. 57 p.
- Durán, L; Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- Edwards, S; Araya, H. 2011. How to make and use compost. In Lim Ching, L; Edwards, S; El-Hage Scialabba, N (eds.). *Climate Change and Food Systems Resilience in Sub-Saharan Africa*. Rome, Italy, FAO. p. 370-436.
- Eghball, B. 1999. Liming effects of beef cattle feedlot manure or compost. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 30(19-20):2563-2570.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Science Society of America Journal* 64(6):2024-2030.
- Eghball, B; Power, J. 1999. Composted and noncomposted manure application to conventional and no-tillage systems: Corn yield and nitrogen uptake. *Agronomy journal* 91(5):819-825.
- Eghball, B; Ginting, D; Gilley, J. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy journal* 96(2):442-447.
- El-Haddad, M; Zayed, M; El-Sayed, G; Hassanein, M; Abd El-Satar, A. 2014. Evaluation of compost, vermicompost and their teas produced from rice straw as affected by addition of different supplements. *Annals of Agricultural Sciences* 59(2):243-251.
- Elisabet Masin, C; Fernandez, M; Lescano, M; Zalazar, C. 2020. Bioconversion of agro-industrial wastes: Combined compost and vermicompost processes using *Eisenia fetida* for stabilization of poultry litter. *International journal of recycling organic waste in agriculture* 9(2):107-118.
- Elmadfa, I; Meyer, A. 2019. The role of the status of selected micronutrients in shaping the immune function. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Immune, Endocrine & Metabolic Disorders)* 19(8):1100-1115.
- Emery, D; Hunt, P; Le Jambre, F. 2016. *Haemonchus contortus*: the then and now, and where to from here?. *International Journal for Parasitology* 46(12):755-769.
- Escalante, M; Elu, A; González, V; Barrón, G; Ramírez, D; Caamaño, N. 2021. *Bacillus Anthracis*. *Revista Sanitaria de Investigación* 2(2):36.
- Esmailnejad, M; Bazrafshan, E; Ansari-Moghaddam, A. 2018. Effect of climatic changes on spatial distribution of zoonoses: a case study from South Khorasan Province, Iran. *Health Scope* 7(1).
- Esquivel, H. 2007. Tree resources in traditional silvopastoral systems and their impact on productivity and nutritive value of pastures in the dry tropics of Costa Rica. Thesis PhD. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 161 p.
- Esquivel, V. 2011. Bloques multinutricionales. Consultado 30 dic. 2022. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/dr-brunca-boletin-inf-asa-neily-junio-2011.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Manual de biogás. Santiago de Chile, Chile. 119 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Recarbonización de los suelos del mundo. s. l. Consultado 20 marzo. 2023. (en línea). Disponible en Recarbonización de los suelos del mundo - Profertil,
- Fariñas, T; Reyes, N; Mendieta, B; Mena, M; Cardona, J; Pezo, D. 2009. ¿Cómo preparar y suministrar bloques multi-nutricionales al ganado?. – Managua, Nicaragua, CATIE. (Serie técnica. Manual técnico / CATIE; no. 92). 54 p.
- Fasanella, A; Galante, D; Garofolo, G; Jones, M. 2010. Anthrax undervalued zoonosis. *Veterinary microbiology* 140(3-4):318-331.
- Fernandes N; Zanata S; Ronnau M; Soccol C; Pandey A; Vanette T. 2012. Production of potential Vaccine against *Dermatoia homilis* for Cattle. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 167:412-424

- Fernández, A. 2012. Bloques multinutricionales (BMN) y suplemento activador ruminal (SAR). Ergomix. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderiacarne/nutricion/articulos/bloquesmultinutricionales-bmn-suplementot4146/141-p0htm>.
- Ferraz da Costa, M; Guimarães, M; Lima, W; Ferraz da Costa, A; Facury Filho, E; Araujo, N. 2014. Seasonal variation and frequency distribution of ectoparasites in Crossbreed cattle in Southeastern Brazil. *Journal of Veterinary Medicine*. doi: 10.1155/2014/759854
- Flores, M; Carranza, C. 2006. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas* 9(17):75-84.
- Flotats, X; Bonmatí Blasi, A; Fernández García, B; Sales Márquez, D; Aymerich Soler, E; Irizar Picón, I; Font Segura, X. 2016. Ingeniería y aspectos técnicos de la digestión anaeróbica. s. l., Mundi-Prensa Libros.
- Fohler, S; Klein, G; Hoedemaker, M; Scheu, T; Seyboldt, C; Campe, A; Abdulmajood, A. 2016. Diversity of *Clostridium perfringens* toxin-genotypes from dairy farms. *BMC microbiology* 16(1):1-7.
- Forero Becerra, E; Cortés, J; Villamil, L. 2007. Ecología y epidemiología del gusano barrenador del ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858). *Revista de Medicina Veterinaria* 1(14):37-49.
- Franchi, G; Garcia, P; da Silva, I. 2020. Welfare quality applied to the Brazilian dairy cattle. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* 2(2):60-65.
- Fuess, L; Zaiat, M; do Nascimento, C. 2021. Thermophilic biodigestion of fermented sugarcane molasses in high-rate structured-bed reactors: Alkalinization strategies define the operating limits. *Energy Conversion and Management* 239: 114203.
- Galay, R; Talactac, M; Ambita-Salem, B; Chu, D; Costa, L; Salangsang, C; Tanaka, T. 2020. Molecular detection of *Rickettsia* spp. and *Coxiella burnetii* in cattle, water buffalo, and *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks in Luzon Island of the Philippines. *Tropical medicine and infectious disease* 5(2):54.
- Gallo, C; Tarumán, J; Larrondo, C. 2018. Main factors affecting animal welfare and meat quality in lambs for slaughter in Chile. *Animals* 8(10):165.
- García-Lozano, M; Hernández-De Lira, I; Huber, D; Balagurusamy, N. 2019. Spatial variations of bacterial communities of an anaerobic lagoon-type biodigester fed with dairy manure. *Processes* 7(7): 408.
- García-Romero, C. 2006. El control de las parasitosis en ganadería ecológica. *Albéitar: publicación veterinaria independiente* 95:32-35.
- Garg, V; Gupta, R. 2011. Effect of temperature variations on vermicomposting of household solid waste and fecundity of *Eisenia fetida*. *Bioremediation Journal* 15(3):165-172.
- Gasbarre, L. 2014. Anthelmintic resistance in cattle nematodes in the US. *Veterinary Parasitology* 204(1-2):3-11.
- Gasque-Gómez, R. 2008. *Enciclopedia Bovina*. México, Universidad Nacional Autónoma de México. 420 p.
- Gazioglu, A; Karagülle, B; Yüksel, H; Nuri Açıık, M; Keçeci, H; Dörtbudak, M; Çetinkaya, B. 2018. Sudden death due to gas gangrene caused by *Clostridium septicum* in goats. *BMC Veterinary Research* 14(1):1-6.
- Ge, J; Huang, G; Huang, J; Zeng, J; Han, L. 2015. Modeling of oxygen uptake rate evolution in pig manure-wheat straw aerobic composting process. *Chemical Engineering Journal* 276:29-36.
- George, E; De Jesus, O; Vivekanandan, R. 2021. *Clostridium tetani*. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
- George, J; Pound, J; Davey, R. 2004. Chemical control of ticks on cattle and the resistance of these parasites to acaricides. *Parasitology* 129(S1):S353-S366.
- Giannakou, I; Karpouzias, D. 2003. Evaluation of chemical and integrated strategies as alternatives to methyl bromide for the control of root-knot nematodes in Greece. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 59(8):883-892.
- Giler, J; Cedeño, C. 2020. Elaboration of bovine manure biodigester for biogas transformation to electric power. *International Research Journal of Management, IT and Social Sciences* 7(5):32-37.
- Gohil, S; Herrmann, S; Günther, S; Cooke, B. 2013. Bovine babesiosis in the 21st century: advances in biology and functional genomics. *International Journal for Parasitology* 43(2):125-132.
- Gómez, M; Schwentesius, R; Moguel, M; Gómez, L; Rodríguez, C; Noriega, G. 2008. Alternativas al manejo de la garrapata *Boophilus microplus* en el trópico. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 150 p.
- Granzotto, F; Aita, C; Silveira, D; Mayer, F; Pujol, S; Pinas, J; Hoffmann, R. 2021. Use of anaerobic biodigester in the treatment of organic waste from a university restaurant. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9(5):105795.

- Grisi, L; Leite, R; Martins, J; Barros, A; Andreotti, R; Cançado, P; Villela, H. 2014. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 23:150-156.
- Guerra, V. 2021. Carbono: El elemento que determina la sustentabilidad el agro. INTA Informa. Disponible en: <https://intainforma.inta.gov.ar/carbono-el-elemento-que-determina-la-sustentabilidad-del-agro/>
- Guglielmone, A; Castelli, M; Volpogni, M; Anziani, O; Mangold, A. 2002. Dynamics of cypermethrin resistance in the field in the horn fly, *Haematobia irritans*. *Medical and veterinary entomology* 16(3):310-315.
- Guiot, J; Meléndez, F. 2002. Excelente alternativa para producción de carne y leche en zonas tropicales (en línea). Consultado 8 ene. 2023. Disponible en <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/historias-exito/mexico/brachiaria-hibrida-mulato/>
- Gunderson, L; Holling, C. 2001. *Panarchy. Understanding transformations in human and natural systems*. United States of America, Island Press.
- Guo, R; Li, G., Jiang, T; Schuchardt, F; Chen, T; Zhao, Y; Shen, Y. 2012. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresource technology* 112:171-178.
- Gutiérrez, J; Hering, J; Muñoz, J; Enciso, K; Bravo AM; Hincapié, B; Sotelo, M; Urrea, J; Burkart, S. 2018. Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas - Algunos aspectos clave a considerar. Cali, Colombia, CIAT. 20 p. Disponible en <http://hdl.handle.net/10568/96261>
- Hachicha, S; Chtourou, M; Medhioub, K; Ammar, E. 2006. Compost of poultry manure and olive mill wastes as an alternative fertilizer. *Agronomy for Sustainable Development* 26(2):135-142.
- Hack, R. J. 2019. Fly control: reducing disease and productivity losses. *International Dairy Topics* 18(2):13-15.
- Hang, B; Lam, V; Preston, T. 2003. Effect of dimensions of plastic biodigester (width: length ratio) on gas production and composition of effluent. *Livestock Research for Rural Development* 15(10).
- Hang, S; Castán, E; Negro, G; Daghero, A; Buffa, E; Ringuélet, A; Mazzarino, M. 2015. Compostaje de estiércol de feedlot con aserrín/viruta: características del proceso y del producto final. *Agriscientia* 32(1):55-65.
- Heckler, R; de Lemos, R; Gomes, D; Dutra, I; Silva, R; Lobato, F; Brumatti, R. 2018. Blackleg in cattle in the state Mato Grosso do Sul, Brazil: 59 cases. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 38:06-14.
- Helton, T; Butler, T; McFarland, M; Hons, F; Mukhtar, S; Muir, J. 2008. Effects of dairy manure compost and supplemental inorganic fertilizer on coastal bermudagrass. *Agronomy Journal* 100(4):924-930.
- Heredia, N; García, S. 2018. Animals as sources of food-borne pathogens: A review. *Animal nutrition* 4(3):250-255.
- Hernández, G; Villanueva, C; Medina, J; Tobar, D; Louman, B. 2014. Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas de Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE 108 p. (Serie Técnica. Materiales de extensión No.13).
- Holguín, VA; Ibrahim, M. 2005. Bancos forrajeros de especies leñosas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 24 p. (Serie Cuadernos de campo).
- Huang, T. 2015. Estudio de la dependencia de la temperatura en la digestión anaeróbica de desechos de fruta. Tesis Lic. Quito, Ecuador, Universidad San Francisco de Quito. 106 p.
- Humphries, L. 1991. *Tropical pasture utilization*. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. Citado por: Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. *Sistemas silvopastoriles*. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 276 p. (Materiales de Enseñanza No.44).
- Ibrahim, M; Porro, R; Martins, R. 2010. Deforestation and livestock expansion in the Brazilian Legal Amazon and Costa Rica: Drivers, environmental degradation, and policies for sustainable land management. In Steinfeld, H; Mooney, HA; Schneider, F; Neville, LE (eds.). *Livestock in a Changing Landscape*. Washington DC, United States of America, Island Press. p. 74-95. (Vol. 2. Drivers, Consequences and Responses).
- Ibrahim, M; Franco, M; Pezo, D; Camero, A; Araya, J. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hypparhenia rufa* in the sub-humid tropics of Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. *Agroforestry Systems* 51:167-175.
- IFC (International Finance Corporation). 2017. IFC's Definitions and Metrics for Climate-Related Activities (sitio web). IFC Climate Business Department. (Version: 3.1).
- Inthapanya, S; Preston, T; Leng, R; 2012. Biochar increases biogas production in a batch digester charged with cattle manure. *Livest. Res. Rural Dev* 24(12): 212.

- Jonsson, N; Bock, R; Jorgensen, W. 2008. Productivity and health effects of anaplasmosis and babesiosis on *Bos indicus* cattle and their crosses, and the effects of differing intensity of tick control in Australia. *Veterinary parasitology* 155(1-2):1-9.
- Kawas, J. 2008. Producción y utilización de bloques multinutrientes como complemento de forrajes de baja calidad para caprinos y ovinos: la experiencia en regiones semiáridas. *Tecnol & Ciên Agropec* 2(3):63-69.
- Khan, A. 2006. Vermicomposting of poultry litter using *Eisenia foetida*. Master Thesis. Oklahoma, United States of America, Oklahoma State University. 91 p.
- Khan, M; Ahmad, M; Sultan, M; Sohoo, I; Ghimire, P; Zahid, A; Yousaf, M. 2021. Biogas production potential from livestock manure in Pakistan. *Sustainability* 13(12):6751.
- Khurana, S; Sehrawat, A; Tiwari, R; Prasad, M; Gulati, B; Shabbir, M; Chaicumpa, W. 2021. Bovine brucellosis—a comprehensive review. *Veterinary Quarterly* 41(1):61-88.
- Kling-Eveillard, F; Knierim, U; Irrgang, N; Gottardo, F; Ricci, R; Dockès, A. 2015. Attitudes of farmers towards cattle dehorning. *Livestock Science* 179:12-21.
- Knierim, U; Irrgang, N; Roth, B. 2015. To be or not to be horned—Consequences in cattle. *Livestock Science* 179:29-37.
- Kocan, K; de la Fuente, J; Blouin, E; Coetzee, J; Ewing, S. 2010. The natural history of *Anaplasma marginale*. *Veterinary parasitology* 167(2-4):95-107.
- Kohyama, K; Hojito, M; Sasaki, H; Matsuura, S. 2006. Estimation of the amount of nutrients in livestock manure. *Soil Science and Plant Nutrition* 52(4):576-577.
- Koknaroglu, H; Akunal, T. 2013. Animal welfare: An animal science approach. *Meat Science* 95(4):821-827.
- Kumar, R. 2014. Biogas production by two-stage thermophilic and mesophilic biodigestion of kitchen waste. Tesis Bach. National Institute of Technology, Rourkela. 49 p.
- Kuznetsov, E; Khadzidi, A; Poltorak, Y; Kuznetsova, M. 2019. Operator model to control process of obtaining vermicompost. *EurAsian Journal of BioSciences* 13(1):315-321.
- Larney, F; Sullivan, D; Buckley, K; Eghball, B. 2006. The role of composting in recycling manure nutrients. *Canadian Journal of Soil Science* 86(4):597-611.
- Leite, S; Leite, B; Ferreira, D; Baêta, B, Dangelo, J. 2023. The effects of agitation in anaerobic biodigesters operating with substrates from swine manure and rice husk. *Chemical Engineering Journal* 451:138533.
- Leiva Trujillo, B. 2018. Elaboración de biofertilizante a partir de estiércol de ganado vacuno y efluente del proceso de fermentación cervecera mediante fermentación homoláctica. Tesis Lic. Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- León, R; Bonifaz, N; Gutiérrez, F. 2018. Pastos y forrajes del Ecuador – Siembra y producción de pasturas. Quito, Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana. 616 p.
- Letchworth, G; Rodriguez, L; Del Cbarrera, J. 1999. Vesicular stomatitis. *The Veterinary Journal* 157(3):239-260.
- Libonati, H; Santos, G; Souza, G; Brandão, F; Lilienbaum, W. 2018: Leptospirosis is strongly associated to estrus repetition on cattle. *Tropical Animal Health and Production* 50(7): 1625-1629.
- Lilienbaum, W; Martins, G. 2014. Leptospirosis in cattle: a challenging scenario for the understanding of the epidemiology. *Transboundary and emerging diseases* 61:63-68.
- Lobato, F; Assis, R; Abreu, V; Souza Jr, M. F; Lima, C; Salvarani, F. 2006. Enterotoxemia em bovino. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 58:952-954.
- López Fernández, S; Serrato Cuevas, R; Castelán Ortega, O; Avilés Nova, F. 2018. Comparación entre dos métodos de ventilación en la composición química de compost de estiércoles pecuarios. *Revista internacional de contaminación ambiental* 34(2):263-271.
- López-Herrera, M. 2020a. Manual de enfermedades del ganado. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 66 p. (Antología del curso manejo sanitario)
- López-Herrera, M. 2020b. Sustancias utilizadas para el tratamiento de enfermedades y parasitosis de los rumiantes. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 20 p. (Antología del curso manejo sanitario).
- López-Herrera, M; Briceño-Arguedas, E. 2014. Comparación de dos grupos raciales de bovinos en cuanto a incidencia de garrapatas (acarí: ixodidae) y tórsalos (díptera: oestridae). *Nutrición animal tropical* 8(2):1-9.
- M'hamdi, N., Darej, C; Bouraoui, R. 2013. Animal welfare issues concerning procedures of calves dehorning. *Applied. Science Reproduction* 4(3):234-240.

- Maier, H; Hönigsmann, H. 2004. Furuncular myiasis caused by *Dermatobia hominis*, the human botfly. *Journal of the American Academy of Dermatology* 50(2):26-30.
- Makara, A; Kowalski, Z. 2018. Selection of pig manure management strategies: Case study of Polish farms. *Journal of Cleaner Production* 172:187-195.
- Marín Álvarez, L; Ruíz Sáenz, J; Ruíz Buitrago, J; 2014. Análisis del programa de prevención y control de rabia de origen silvestre y su papel en el número de focos bovinos en el periodo 2001-2011. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 9(2):203-217.
- Marinidou, E; Jiménez, G. 2010. Sistemas silvopastoriles. México, CONAFOR / SEMARNAT. 46 p.
- Martínez-Blanco, J; Lazcano, C; Christensen, T; Muñoz, P; Rieradevall, J; Møller, J; Boldrin, A. 2013. Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review. *Agronomy for sustainable development* 33(4):721-732.
- Martínez F. (s.f). Pasto King Grass Morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) (en línea). Consultado 20 ene. 2023. Disponible en <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-corte/pasto-king-grass-morado/>
- Martins, G; Lilienbaum, W. 2017. Control of bovine leptospirosis: Aspects for consideration in a tropical environment. *Research in veterinary science* 112:156-160.
- McCrorry, D; Hobbs, P. 2001. Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: A review. *Journal of Environmental Quality* 30(2):345-355.
- Medina, A; Quipuzco, L; Juscamaita, J. 2015. Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. *Anales Científicos* 76(1):116-124.
- Meeusen, E; Walker, J; Peters, A; Pastoret, P; Jungersen, G. 2007. Current status of veterinary vaccines. *Clinical Microbiology Reviews* 20(3):489-510.
- Mesinas, C; Pintor, D; Becerra, E; Medina, A. 2021. Estudio comparativo de biofermentos no enriquecidos y enriquecidos, obtenidos en digestores tipo batch y semi-continuos. *TECTZAPIC: Revista Académico-Científica* 7(2):40-53.
- Mieldzays, R; Jotautiene, E; Jasinskis, A; Aboltins, A. 2017. Evaluation of physical mechanical properties of experimental granulated cattle manure compost fertilizer. *Engineering for rural development* 16:575-580.
- Millner, P; Ingram, D; Mulbry, W; Arkan, O; 2014. Pathogen reduction in minimally managed composting of bovine manure. *Waste Management* 34(11):1992-1999.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 2010. Guía técnica para la difusión de tecnologías de producción agropecuaria sostenible. San José, Costa Rica. 180 p.
- MAE (Ministerio del Ambiente, Ecuador). 2017. Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. Quito, Ecuador. 625 p.
- Meléndez, NF. 2003. Evaluación agronómica de tres pastos bajo pastoreo en dos localidades del trópico mexicano. México, INIFAP – CIR. (Informe Técnico).
- Miranda, A; Fort, M; Carloni, G; Cerviño, M; Bedotti, D. 2006. Evaluación de la respuesta serológica de vacunas comerciales frente a *Clostridium chauvoei*. *Veterinaria Argentina* 23:20-26.
- Mirzaei, M; Nematollahi, A; Ashrafihelan, J; Rezaei, H. 2016. Prevalence of infection with the larval form of the cestode parasite *Taenia saginata* in cattle in northwest Iran and its zoonotic importance. *Türkiye Parazitoloji Dergisi* 40(4):190-193.
- Moges, N; Bogale, B; Fentahun, T. 2012. Hard ticks (Ixodidae): species composition, seasonal dynamics and body site distribution on cattle in Chilga District, Northwest Ethiopia. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 4(5):341-345.
- Monge, P; Alvarado, J; González, G; Alfaro, O, Solano, O. 1998. Establecimiento y manejo de forrajes mejorados (en línea). Consultado 7 ene.2023. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10144.pdf>
- Monsalve, S; Mattar, S; Gonzalez, M. 2009. Zoonosis transmitidas por animales silvestres y su impacto en las enfermedades emergentes y reemergentes. *Revista MVZ Córdoba* 14(2):1762-1773.
- Montagnini, F; Ibrahim, M; Murgueitio, E. 2013. Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. *Bois et Forêts des Tropiques* 314:3-16.
- Montero Acurio, R. 2019. Proceso de elaboración del biofertilizante “Pasto fermentado” con microorganismos de montaña. Tesis Bach. Los Ríos, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo.
- Morris, WE; Fernández-Miyakawa, ME. 2009. Toxinas de *Clostridium perfringens*. *Revista argentina de microbiología* 41(4):251-260.

- Mosqueda, J; Olvera-Ramírez, A; Aguilar-Tipacamu, G; Canto, G. 2012. Current advances in detection and treatment of babesiosis. *Current medicinal chemistry* 19(10):1504-1518.
- Moya, D; González, L; Janzen, E; Caulkett, N; Fireheller, E; Schwartzkopf-Genswein, K. 2014. Effects of castration method and frequency of intramuscular injections of ketoprofen on behavioral and physiological indicators of pain in beef cattle. *Journal of Animal Science* 92(4):1686-1697.
- Moya-Borja, G; Muniz, R; Umehara, O; Goncalves, L; Silva, D; McKenzie, M. 1997. Protective efficacy of doramectin and ivermectin against *Cochliomyia hominivorax*. *Veterinary Parasitology* 72(1):101-109.
- Mullo, A; Sanchez, W; Salazar, F; Chacha, J; Flores, A. 2018. Implementation of a cattle manure biodigester for the production of gas for single family use. *E3S Web of Conferences* 57: 01003.
- Mwamburi, L. Laing, M; Miller, R. 2009. Interaction between *Beauveria bassiana* and *Bacillus thuringiensis* var. israelensis for the control of house fly larvae and adults in poultry houses. *Poultry Science* 88(11):2307-2314.
- Navas, A. 2016. Sistemas silvopastoriles. Bogotá, Colombia, Tropenbos Internacional Colombia & Fondo Patrimonio Natural.
- Neethirajan, S. 2017. Recent advances in wearable sensors for animal health management. *Sensing and Bio-Sensing Research* 12:15-29.
- Neher, D; Weicht, T; Bates, S; Leff, J; Fierer, N. 2013. Changes in bacterial and fungal communities across compost recipes, preparation methods, and composting times. *PloS one* 8(11):e79512.
- Neta, A; Mol, J; Xavier, M; Paixão, T; Lage, A; Santos, R. 2010. Pathogenesis of bovine brucellosis. *The Veterinary Journal* 184(2):146-155.
- Nieto C; Caicedo C. 2014. Sistemas de producción Agropecuarios de la región Amazónica ecuatoriana RAE: análisis reflexivo y propositivo sobre las potencialidades. In Virginio Filho, E de M; Caicedo Cargas, CE; Astorga Domian, C (eds.). *Agroforestería Sostenible en la Amazonía ecuatoriana*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 25-33. (Serie Técnica Informe técnico 398).
- Niewenhuyse, A; Aguilar, A; Mena, M; Najera, K; Osorio, M. 2008. La siembra de pastos asociados con maní forrajero *Arachis pintoi*. Managua, Nicaragua, CATIE. (Serie técnica. Manual técnico/CATIE 82).
- Noorollahi, Y; Kheirrouz, M; Asl, H; Yousefi, H; Hajinezhad, A. 2015. Biogas production potential from livestock manure in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 50:748-754.
- Novobilský, A; Mueller-Harvey, I; Thamsborg, S. 2011. Condensed tannins act against cattle nematodes. *Veterinary Parasitology* 182(2-4): 213-220.
- Núñez Dávila, L. 2017. Comparación de la eficiencia de lombricompost usando *Eisenia foetida* en dos tipos de sustrato para mejorar la calidad del suelo. TesisLic.. Perú, Universidad César Vallejo.
- Oliveira, M; Nicodemo, M; Gusmão, M; Pezzopane, J; Bilhassi, T; Santana, C; Giglioti, R. 2017. Differential *Haematobia irritans* infestation levels in beef cattle raised in silvopastoral and conventional pasture systems. *Veterinary Parasitology* 246:96-99.
- Oliveira, M; Alencar, M; Giglioti, R; Beraldo, M; Aníbal, F; Correia, R; Oliveira, H. 2013. Resistance of beef cattle of two genetic groups to ectoparasites and gastrointestinal nematodes in the state of São Paulo, Brazil. *Veterinary Parasitology* 197(1-2):168-175.
- Olsen, S; Tatum, F. 2010. Bovine brucellosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 26(1):15-27.
- OMSA (Organización Mundial de la Salud). 2023. Consultado 10 jun. 2023. Disponible en <https://www.woah.org/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/una-sola-salud/>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 1992. Convenio sobre la diversidad biológica. s. I. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2011. Módulos de principios de epidemiología para el control de enfermedades. 2da edición. Washington D.C., Estados Unidos. 46 p.
- Orjuela, A; Parra-Arango, J; Sarmiento-Rubiano, L. 2022. Bovine leptospirosis: effects on reproduction and an approach to research in Colombia. *Tropical Animal Health and Production* 54(5):1-9.
- Ortiz Dongo, L. 2020. Efecto del tipo de estiércol y frecuencia de aireación (Volteo) en el comportamiento del proceso de compostaje. Tesis Lic.. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- López Ortiz, S; Guzmán, N. 2010. Recolección y escarificación de semillas de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) (en línea). Consultado 20 ene. 2023. (Folleto Técnico no. 3). Disponible en https://www.colpos.mx/cp_pdf/campus/campus-veracruz/publicaciones/recoleccion_escarificacion.pdf
- Owens, F; Sapienza, D; Hassen, A. 2010. Effect of nutrient composition of feeds on digestibility of organic matter by cattle: a review. *Journal of Animal Science* 88(suppl_13):E151-E169.

- Owino, J; Wandiga, S; Olago, D; Oghaiki, A. 2020. Constraints limiting the improvement of manure management as climate smart technology for smallholder dairy farmers. *African Journal of Agricultural Research* 16(8):1155-1168.
- Oyarzún, M; Quiroz, A; Birkett, M. 2008. Insecticide resistance in the horn fly: alternative control strategies. *Medical and veterinary entomology* 22(3):188-202.
- Pacheco, J; Arzt, J; Rodriguez, L. 2010. Early events in the pathogenesis of foot-and-mouth disease in cattle after controlled aerosol exposure. *The Veterinary Journal* 183(1):46-53.
- Padilla, F; Baldoceda L. 2006. Crianza de ovinos. Perú, Editorial Macro EIRL. 120 p.
- Paes, J; Alves, T; da Silva, L; Marques, A; Dias, V. 2020. Use of inoculum in biodigesters with cattle manure under conventional and organic production systems. *Engenharia Agrícola* 40:146-153.
- Park, B; Park, S; Zammit, V. 2018. Effect of stocking density on behavioral traits, blood biochemical parameters and immune responses in meat ducks exposed to heat stress. *Archives Animal Breeding* 61(4):425-432.
- Partanen, P; Hultman, J; Paulin, L; Auvinen, P; Romantschuk, M. 2010. Bacterial diversity at different stages of the composting process. *BMC microbiology* 10(1):1-11.
- Pérez, E. 2017. Manual de manejo: sistemas intensivos sostenibles de ganadería de engorde. San José, Costa Rica, INTA. 43 p.
- Pérez, G. s.f. Consideraciones para el establecimiento de especies de origen sexual (en línea). Consultado 7 ene. 2023. Disponible en https://www.utn.ac.cr/sites/default/files/attachments/Seminario%20forrajes%202018%20Establecimiento_PasturasUIEF%20P%C3%A9rez.pdf
- Pezo, D. 2018. Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo rotacional. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 56 p. (Serie técnica, Boletín técnico No. 96).
- Pezo, D. 2019. Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: estado del arte (en línea). Consultado 15 ene. 2023. Disponible en <https://publications.iadb.org/es/intensificacion-sostenible-de-los-sistemas-ganaderos-frente-al-cambio-climatico-en-america-latina>
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 276 p. (Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2 / Materiales de Enseñanza No.44).
- Pezo, D; Romero, F; Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. In Fernández-Baca, S (ed.). *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*. Santiago, Chile; FAO p. 47-98. Citados por: Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. *Sistemas silvopastoriles*. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 276 p. (Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2 / Materiales de Enseñanza No.44).
- Pfukukenyi, D; Willingham, A; Mukaratirwa, S; Monrad, J. 2007. Epidemiological studies of parasitic gastrointestinal nematodes, cestodes and coccidia infections in cattle in the highveld and lowveld communal grazing areas of Zimbabwe. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 74(2):129-142.
- Ploeger, H. 2002. *Dictyocaulus viviparus*: re-emerging or never been away? *Trends in parasitology* 18(8):329-332.
- Polsky, L; Von Keyserlingk, M. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of dairy science* 100(11):8645-8657.
- Prenter, J; MacNeil, C; Dick, J; Dunn, A. 2004. Roles of parasites in animal invasions. *Trends in ecology & evolution* 19(7):385-390.
- Pulido Delgado, E. 2015. Estudio de utilización de medicamentos veterinarios en hatos de las principales zonas de explotación lechera de Cundinamarca. Tesis Mag en Ciencias-Farmacología. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.
- Råberg, L; Graham, A; Read, A. 2009: Decomposing health: tolerance and resistance to parasites in animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364(1513):37-49.
- Ramírez Romero, R; González Báez, A; Nevárez Garza, A; Rodríguez Tovar, L. 2011. Informe de tres casos de rabia parálitica y babesiosis bovina en el municipio de Aldama, Tamaulipas. *Veterinaria México* 42(4):331-338.
- Ramnarain, Y; Ansari, A; Ori, L. 2019. Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8:23-36.
- Rashid, A; Rasheed, K; Akhtar, M. 2009. Factors influencing vaccine efficacy-A general review. *J Anim Plant Sci* 19:22-25.
- Raymundo, D; Bandarra, P; Boabaid, F; Sonne, L; Gomes, D; Driemeier, D. 2014. Clostridial diseases diagnosed in herbivores in Southern Brazil. *Acta Scientiae Veterinariae* 42(1):1-8.

- Rayne, N; Aula, L. 2020. Livestock manure and the impacts on soil health: A review. *Soil Systems* 4(4):64.
- Rea, H. 2018. Diseño e implementación de un biodigestor para la producción de un bioabono a partir de estiércol de ganado vacuno en el Relleno Sanitario del GAD Municipal del cantón La Joya de los Sachas. Tesis Bach. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 92 p.
- Restrepo, C. 2002. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica. Tesis Mag. Sc.. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 102 p.
- Restrepo-Rivera, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares: experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. San José, Costa Rica, IICA.
- Ríos, N; Banegas, L. 2021. Árboles en potrero y su importancia para conservar la humedad del suelo creando resiliencia climática en fincas ganaderas. *In* Casasola, F (comp.). Guías metodológicas para la facilitación de sesiones de aprendizaje en Escuelas de Campo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 241-252. (Serie divulgativa 23).
- Ríos, N; Cárdenas, A; Andradre, H; Ibrahim, M; Jiménez, F; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B; Woo, A. 2007. Estimación de la escorrentía superficial e infiltración en sistemas de ganadería convencional y en sistemas silvopastoriles en el trópico sub-húmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 45:66-71.
- Rivera Céspedes, M. 2015. Análisis de la producción maderable de teca (*Tectona grandis* Linn. F.) en plantaciones y sistemas agroforestales en Hojancha, Costa Rica, y bases para el desarrollo de un plan de incidencia política para promover su cultivo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 127 p.
- Rivero, J; Sandoval, AP; Cabrera, A. 2007. Biodigestores: Una alternativa de aprovechamiento integral de aguas residuales. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 6(2):191-195.
- Rodríguez, L. 2002. Emergence and re-emergence of vesicular stomatitis in the United States. *Virus research* 85(2):211-219.
- Rostami, R; Nabaei; Eslami, A. 2009. Survey of optimal temperature and moisture for worms' growth and operating vermicompost production of food wastes. *Health and environment* 1(2):105-112.
- Roth, J. 2011. Veterinary vaccines and their importance to animal health and public health. *Procedia in Vaccinology* 5:127-136.
- Sáenz, J; Villatoro, F; Ibrahim, M; Fajardo, D; Pérez, M. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas* 45:37-48.
- Sahara, A; Nugraheni, Y; Patra, G; Prastowo, J; Priyowidodo, D. 2019. Ticks (Acari: Ixodidae) infestation on cattle in various regions in Indonesia. *Veterinary World* 12(11): 1755.
- Salcedo, M; Viramontes, U; Torres, S; Romero, L; Muñoz, A. 2017. Elementos menores en composta producida a partir de estiércol de engorda y rastrojo de maíz. *Agrofaz* 17(2):61-71.
- Salem, A; Franc, M; Jacquiet, P; Bouhsira, E; Liénard, E. 2012. Feeding and breeding aspects of *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) under laboratory conditions. *Parasite* 19(4):309-317.
- Sánchez, Ó; Ospina, D; Montoya, S. 2017. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste management* 69:136-153.
- Sandoval, I. 2006. Producción de hojarasca y reciclaje de nutrientes de dos especies arbóreas y dos gramíneas en pasturas de Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 160 p.
- Schiller, I; Oesch, B; Vordermeier, H; Palmer, M; Harris, B; Orloski, K; Waters, W. 2010. Bovine tuberculosis: a review of current and emerging diagnostic techniques in view of their relevance for disease control and eradication. *Transboundary and emerging diseases* 57(4):205-220.
- Schmitt, B. 2002. Vesicular stomatitis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 18(3):453-459.
- Sepe, S; Baccay, M; Jibril, B; Al Wahaibi, Y. 2014. Biodigester Development and Kinetic Study of Biogas Production from Biomass. *International Journal of Chemical Engineering and Applications* 5(2):138-146.
- Showler, A; Osbrink, W. 2015. Stable fly, *Stomoxys calcitrans* (L.), dispersal and governing factors. *International journal of insect science* 7:19-25.
- Showler, A; Osbrink, W; Lohmeyer, K. 2014. Horn fly, *Haematobia irritans irritans* (L.), overwintering. *International Journal of Insect Science* 6:IJIS-S15246.
- Shyma, K; Gupta, J; Singh, V. 2015. Breeding strategies for tick resistance in tropical cattle: a sustainable approach for tick control. *Journal of Parasitic Diseases* 39(1):1-6.

- Siddique, R; Sajid, M; Iqbal, Z; Saqib, M. 2020. Association of different risk factors with the prevalence of babesiosis in cattle and buffalos. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 57(2):517-524.
- Silva, A; de la Torre, M; Grajales, J. 2019. Derriengue (Rabia parálitica bovina) y el murciélago hematófago. *Ciencia y Mar* 23(68):87-96.
- Silva, C; Abud, A. 2016. Anaerobic biodigestion of sugarcane vinasse under mesophilic conditions using manure as inoculum. *Revista Ambiente & Água* 11:763-777.
- Skuce, R; Allen, A; McDowell, S. 2012. Herd-level risk factors for bovine tuberculosis: a literature review. *Veterinary medicine international* 2012: Article ID 621210 .
- Somarriba, J; Guzmán, F. 2024 Guía de lombricultura. (en línea) Consultado 9 ene. 2023. Disponible en <https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>
- Sorio, H. 2006. Pastoreo Voisin: Teorías, prácticas, vivencias. Passo Fundo, Brasil, Méritos. 240 p. Citado por: Pezo, D. 2018. Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo rotacional. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 56 p. (Serie técnica. Boletín técnico No.96).
- Soto Herranz, M; Sánchez Bascónes, M; Antolín Rodríguez, JM; Conde Cid, D;. 2019. Estudio de un proceso de compostaje de estiércol de conejo mediante técnicas espectroscópicas y análisis de ácidos húmicos y fúlvicos. *In Congreso Ibérico de Agroingeniería (X, 2019, Zaragoza, España)*. García Ramos, FJ; Marín Ramos, P (ed.). Libro de Actas. España.. p. 554-562.
- Souza, M. 2002. Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. Thesis PhD. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 47 p.
- Spooner, J; Schuppli, C; Fraser, D. 2012. Attitudes of Canadian beef producers toward animal welfare. *Animal Welfare* 21(2):273-283.
- Stenfeldt, C; Eschbaumer, M; Rekant, S; Pacheco, J; Smoliga, G; Hartwig, E; Arzt, J. 2016. The foot-and-mouth disease carrier state divergence in cattle. *Journal of virology* 90(14): 6344-6364.
- Suarez, C; Noh, S. 2011. Emerging perspectives in the research of bovine babesiosis and anaplasmosis. *Veterinary parasitology* 180(1-2):109-125.
- Takahashi, A; Flanigan, M; McEwen, B; Russo, S. 2018. Aggression, social stress, and the immune system in humans and animal models. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 12: 56. doi: 10.3389/fnbeh.2018.00056
- Taylor, D; Moon, R; Mark, D. 2012. Economic impact of stable flies (Diptera: Muscidae) on dairy and beef cattle production. *Journal of Medical Entomology* 49(1):198-209.
- Teenstra, E; Vellinga, T; Aktasaeng, N; Amatayaku, W; Ndambi, A; Pelster, D; Germer, L; Jenet, A; Opio, C; Andeweg, K. 2014. Global assessment of manure management policies and practices (No. 844). Wageningen, Wageningen UR Livestock Research.
- Teke, B; Ekiz, B; Akdag, F; Ugurlu, M; Ciftci, G; Senturk, B. 2014. Effects of stocking density of lambs on biochemical stress parameters and meat quality related to commercial transportation. *Annals of Animal Science* 14(3):611-621.
- Thy, S; Preston, T; Ly, J. 2003. Effect of retention time on gas production and fertilizer value of biodigester effluent. *Livestock Research for Rural Development* 15(7):59-82.
- Thy, S; Preston, T; Borin, K; Buntha, P; Vanvuth, T. 2005. The optimization of gas production in tubular plastic biodigesters by charging with different proportions of pig and cattle manure. *Livestock Research for Rural Development* 17(12):1-7.
- Tobar, D; Ibrahim, M; Casasola, F. 2007. Diversidad de mariposas en un paisaje agropecuario del Pacifico Central de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 45:58-65.
- Tobar-Torres, M; Benavides-Melo, J; Astaiza Martínez, J. 2012. Estudio de utilización de medicamentos recomendados por almacenes agropecuarios para explotaciones cuyícolas de Pasto, Nariño, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas* 41(2):143-156.
- Tolosa, T; Tigre, W; Teka, G; Dorny, P. 2009). Prevalence of bovine cysticercosis and hydatidosis in Jimma municipal abattoir, South West Ethiopia. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 76(3):323-326.
- Toruño, I; Mena, M; Guharay, F. 2015. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Managua, Nicaragua, Catholic Relief Services. 72 p.
- Trujillo, L; Escobar, F; Calle, J. 2008. Ántrax en bovinos, reporte de un caso. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 3(2):78-83.
- Ullé, J; Rendina, A; Fernandez, F. 2005. Influencia del tipo de estiércol en la transformación de la materia orgánica tratada mediante procesos de compostado y vermicompostado (en línea) Consultado 9 ene. 2023. Disponible en <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/influencia-del-tipo-de-estiercol-en-la-transformacion-de-materia-organica.pdf>.

- Ushñahua, L; Quispe, W; Cruz, O. 2011. Evaluación de la calidad de biogas y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas 14(27)_1-8.
- Valenzuela, O; Lallana, Guerrero, A. 1998. Caracterización física y química de lombricompostos originados a partir de residuos de conejeras, estiércol vacuno y residuos domiciliarios. Revista Científica Agropecuaria 2(1):45-48.
- Vandecasteele, B; Reubens, B; Willekens, K; De Neve, S. 2014. Composting for increasing the fertilizer value of chicken manure: effects of feedstock on P availability. Waste and Biomass Valorization 5(3):491-503.
- Vanzini, V; Ramírez, L. 1994. Babesiosis y anaplasmosis bovina. Diagnóstico, epidemiología y control. INTA-Argentina RIA 25(3):137-190.
- Varma, VS; Parajuli, R; Scott, E; Canter, T; Lim, T; Popp, J; Thoma, G. 2021. Dairy and swine manure management—Challenges and perspectives for sustainable treatment technology. Science of The Total Environment 778:146319.
- Vásquez-Hidalgo, P. 2018. Efecto del biofermento del estiércol de vacuno en el crecimiento de plántones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Lic. Tingo María, Perú, Universidad Agraria de la Selva. 108 p.
- Vickers, K; Niel L; Kiehlbauch, L; Weary, D. 2005. Calf response to caustic paste and hot-iron dehorning using sedation with and without local anesthetic. Journal of Dairy Science 88(4):1454-1459.
- Villalobos, G; Vega-Memije, M; Maravilla, P; Martínez-Hernández, F. 2016. Myiasis caused by *Dermatobia hominis*: countries with increased risk for travelers going to neotropic areas. International Journal of Dermatology 55(10):1060-1068.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Hänsen, G. 2010. Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles: Estudios de caso en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 78p. (Serie Técnica. Manual Técnico No.95).
- Villanueva, C; Casasola, F; Defletsen, G. 2018. Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (Serie técnica. Boletín Técnico No.87).
- Villar, I; Alves, D; Garrido, J; Mato, S. 2016. Evolution of microbial dynamics during the maturation phase of the composting of different types of waste. Waste Management 54: 83-92.
- Villarino, M; García, O; Fussell, W; Preston, K; Wagner, G. 2003. An initial survey of the cattle grub *Dermatobia hominis* (L. Jr.) in Nicaragua. Preventive veterinary medicine 61(4):333-338.
- Viquez-Rojas, A. 2006. Efecto de cinco dosis crecientes de lombricompost y estiércol fresco bovino sobre la producción y el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo bajo condiciones. Tesis Lic.. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Voisin, A. 1962. Productividad de la Hierba. Madrid, España, Ed. Tecnos. 499 p. Citado por: Pezo, D. 2018. Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo rotacional. 1ª. Edición. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 56 p. (Serie técnica. Boletín técnico No.96).
- Wako, R. 2021. Preparation and characterization of vermicompost made from different sources of materials. Open Journal of Plant Science 6(1):042-048.
- Weaver, G; Domenech, J; Thiermann, A; Karesh, W; 2013. Foot and mouth disease: a look from the wild side. Journal of Wildlife Diseases 49(4):759-785.
- Webb, P; Holbrook, F. 2019. Vesicular stomatitis. In Monath, TP (ed.). The arboviruses: epidemiology and ecology . New York, United States of America, CRC Press. p. 1-30
- Wells, A. 1999. Integrated Parasite Management for Livestock. Arkansas, United States of America, University of Arkansas. 9 p. Citado por: Pezo, D. 2018. Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo rotacional. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 56 p. (Serie técnica. Boletín técnico No.96).
- Widiyasa, I; Johari, S. 2010. The kinetic of biogas production rate from cattle manure in batch mode. International Journal of Chemical and Molecular Engineering 4(1):75-80.
- WingChing-Jones, R. 2015. Extracción manual de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en ganado bovino como estrategia de control. Nutrición Animal Tropical 9(1):88-101.
- Wood, J; Meyer, K; Kelly, T; Choi, Y; Rogers, J; Riggs, K; Willenberg, Z. 2015. Environmental persistence of *Bacillus anthracis* and *Bacillus subtilis* spores. PLoS one 10(9):e0138083.
- WRI (World Resources Institute) 2005. Ecosystems and human well-being. Synthesis. Washington D.C., United States of America, Island Press. Disponible en file:///C:/Users/Miguel/Downloads/MillenniumAssessmentSynthesisReport.pdf

- Wu, Z; Yin, B; Song, X; Qiu, J; Cao, L; Zhao, Q. 2019. Effects of salinity on earthworms and the product during vermicomposting of kitchen wastes. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(23):4737.
- Yadav, S; Stenfeldt, C; Branan, M; Moreno-Torres, K; Holmstrom, L; Delgado, A; Arzt, J. 2019. Parameterization of the durations of phases of foot-and-mouth disease in cattle. *Frontiers in Veterinary Science* 6:263. doi: 10.3389/fvets.2019.00263. eCollection 2019
- Yan, B; Zhao, C; Pan, Y; Wang, Y. 2009. Estimation of the amount of livestock manure and its environmental influence of large-scaled culture based on spatial information. *China Environmental Science* 29(7):733-737.
- Yang, Q; Ren, S; Niu, T; Guo, Y; Qi, S; Han, X; Pan, F. 2014. Distribution of antibiotic-resistant bacteria in chicken manure and manure-fertilized vegetables. *Environmental Science and Pollution Research* 21(2):1231-1241.
- Young, J; Suon, S; Andrews, C; Henry, L; Windsor, P. 2013. Assessment of financial impact of foot and mouth disease on smallholder cattle farmers in Southern Cambodia. *Transboundary and Emerging Diseases* 60(2): 166-174.
- Zambrano Aguayo, M; Pérez Ruano, M. 2016. Evaluación de la aplicación del programa de control de brucelosis bovina en la provincia Manabí, Ecuador. *Revista de Salud Animal* 38(2):79-84.
- Zeng, J; Shen, X; Han, L; Huang, G. 2016. Dynamics of oxygen supply and consumption during mainstream large-scale composting in China. *Bioresource Technology* 220:104-109.
- Zintl, A; Gray, J; Skerrett, H; Mulcahy, G. 2005. Possible mechanisms underlying age-related resistance to bovine babesiosis. *Parasite Immunology* 27(4):115-120.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



ISBN: 978-9977-57-798-2



Tel. + (506) 2558-2000



comunica@catie.ac.cr



Sede Central, CATIE
Cartago, Turrialba, 30501
Costa Rica