



Gift of the United States Government



Manual de buenas prácticas para una **ganadería bovina sostenible** en Guatemala

Guatemala, enero de 2019





Gift of the United States Government



Manual de buenas prácticas para una ganadería bovina sostenible en Guatemala

Guatemala, enero de 2019

Créditos del documento:

Autor: Hugo Vargas

Forma de citar:

Departamento de Estado de los Estados Unidos, Programa Centroamérica Resiliente (ResCA), The Nature Conservancy. 2019. Vargas, Hugo. *Manual de buenas prácticas para una ganadería bovina sostenible en Guatemala*. Guatemala. vii+80 pp.

www.centroamericaresiliente.org

Esta publicación fue financiada en parte por una subvención del Departamento de Estado de los Estados Unidos, bajo los términos del acuerdo S-LMAQM-16-GR-1290 "Climate and Food Security in Central America".

Los contenidos, opiniones y conclusiones aquí expresadas son las del autor y no reflejan necesariamente las del Departamento de Estado de los Estados Unidos.

El presente manual ha sido producido con fines exclusivamente educativos y no lucrativos. El autor es responsable del contenido técnico, de la correcta citación e inclusión de créditos, acorde a los derechos de terceros, relacionados con la información y el material gráfico utilizado.



Diagramación: Cecilia Cleaves

Diseño de portada: William González/Cecilia Cleaves

Fotografías de portada/contraportada: Catie Jutiapa, Dirección de Desarrollo Pecuario del MAGA, Hugo Vargas, Luis Leal

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
PRESENTACIÓN	v
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	vi
ABREVIATURAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS	6
2.1. Aguadas mejoradas para suministro de agua al ganado	9
2.2. Pastos mejorados manejados bajo pastoreo rotacional intensivo	18
2.3. Cercas vivas	29
2.4. Árboles dispersos en potrero	37
2.5. Bancos forrajeros proteicos	42
2.6. Bancos forrajeros energéticos	48
2.7. El ensilaje	52
2.8. Gestión del estiércol	64
3. CONSIDERACIONES FINALES	76
4. LITERATURA REVISADA	78

AGRADECIMIENTOS

Se desea dejar constancia de un agradecimiento muy especial a personas, proyectos e instituciones que hicieron diferentes aportes para concretar la elaboración del presente manual.

Al M.Sc. Miguel Ángel Gutiérrez Orellana, ingeniero agrónomo zootecnista, por la exhaustiva y profunda revisión del contenido técnico del manual, así como por el aporte de ideas y sugerencias para enriquecerlo.

Al M.Sc. Luis Alfonso Leal Monterroso (médico veterinario), al MSc. Miguel Ángel Gutiérrez Orellana (ingeniero agrónomo zootecnista), al perito agrónomo Marco Tulio Pérez, a la Dirección de Desarrollo Pecuario del Viceministerio de Desarrollo Económico Rural (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-), al Proyecto Manejo Sostenible de los Bosques y Múltiples Beneficios Ambientales Globales (MARN, Catie, PNUD, GEF) y a Usaid/ Proyecto de Desarrollo con Bajas Emisiones; por contribuir con material fotográfico que permitió ilustrar diferentes temas tratados a lo largo del contenido del presente manual.

A profesionales expertos del MAGA, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FMVZ-USAC), a la Cámara de Productores de Leche de Guatemala (CPL), a la Federación de Ganaderos de Guatemala (Fegaguate) y a la Asociación de Desarrollo Lechero (Asodel); por participar en el conversatorio de revisión final del presente manual, y hacer aportes valiosos para su enriquecimiento técnico.

A Jerson Quevedo, Juan Carlos Godoy y Jorge Cardona, por acompañar el proceso desde el proyecto ResCA en The Nature Conservancy y el Proyecto de Desarrollo con Bajas Emisiones, Usaid.

PRESENTACIÓN

El presente manual ha sido elaborado con fundamento en los conocimientos y experiencias del autor con la ganadería nacional, la contribución de otros expertos nacionales y también es fruto de una fuerte investigación de experiencias internacionales, especialmente de países con condiciones agroecológicas y socioeconómicas similares a las de Guatemala.

Surge de la urgencia que existe hoy en día de ir pasando, gradual y progresivamente, de una ganadería tradicional, caracterizada en el ámbito nacional por una baja productividad y competitividad, así como poca capacidad para resistir a las variaciones climáticas y al cambio climático mismo; a otra que sea desarrollada con base en buenas prácticas ganaderas que incidan en el aumento de la productividad y competitividad y, al mismo tiempo, disminuyan el impacto negativo que se le atribuye a esta actividad sobre el medio ambiente, la biodiversidad y los recursos naturales.

Para conseguir lo arriba indicado, las instituciones públicas y privadas relacionadas con la ganadería nacional, con el apoyo técnico del Proyecto Usaid/Desarrollo con Bajas Emisiones, han elaborado y propiciado la formalización de la Estrategia de Desarrollo Sostenible de la Ganadería Bovina; misma que, entre sus siete ejes estratégicos de trabajo, incluye uno sobre innovación de prácticas y tecnologías en finca.

Con el fin de contribuir a la implementación de dicho eje estratégico, The Nature Conservancy, con el apoyo del Proyecto Resiliencia en Centroamérica (ResCa) y el aporte financiero del Departamento de Estado de los Estados Unidos de Norteamérica, ha elaborado el presente manual, el cual se pretende que se constituya en un instrumento de apoyo y consulta para personal técnico de nivel medio que, actualmente y en un futuro cercano, sea responsable de la asistencia técnica y la capacitación de los productores de ganado bovino de leche o de carne, sin importar su tamaño y su género.

Para ello, el contenido del manual se presenta de forma comprensible, pero sin perder su rigor técnico, para que pueda ser de utilidad a los técnicos/as del Servicio de Extensión Rural de Guatemala, a los técnicos/as de las organizaciones ganaderas y cooperativas del sector privado; así como a líderes técnicos municipales y comunitarios.

Juan Carlos Godoy
Representante de The Nature Conservancy en Guatemala

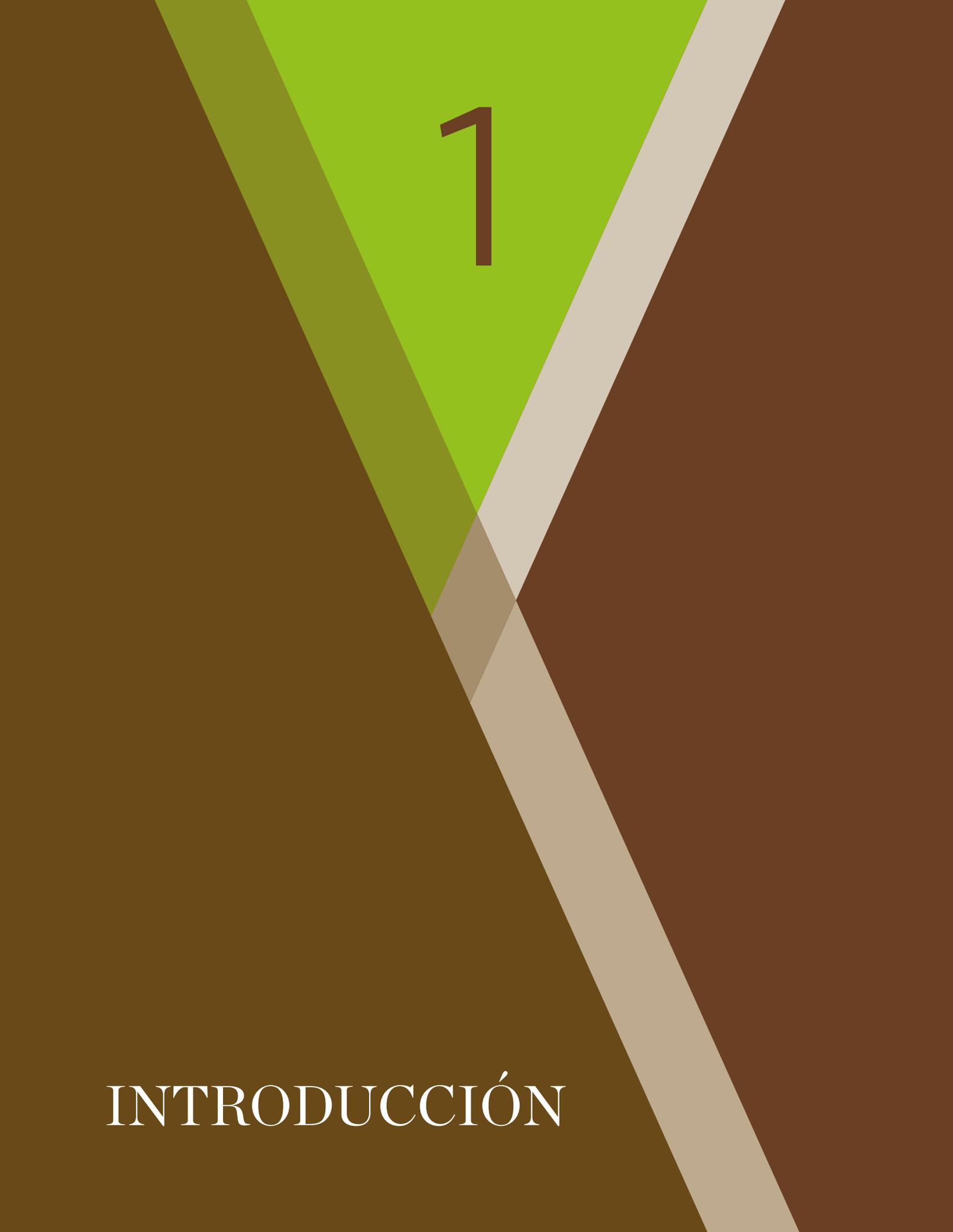


SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Asodel	Asociación de Desarrollo Lechero
Banguat	Banco de Guatemala
Catie	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CNA	Censo Nacional Agropecuario
CNPL	Cámara Nacional de Productores de Leche
ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAOSTAT	Base de datos estadísticos de la FAO
Fausac	Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala
Fegaguat	Federación de Ganaderos de Guatemala
FMVZ	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (por sus siglas en inglés)
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola
INE	Instituto Nacional de Estadística
LEDS	Estrategia de Desarrollo Baja en Emisiones (por sus siglas en inglés)
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Probosque	Programa de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala
TNC	The Nature Conservancy
ResCA	Proyecto Centroamérica Resiliente
Usaid	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

ABREVIATURAS

bh-S(c)	zona de vida bosque húmedo subtropical cálido
bmh-T	zona de vida bosque muy húmedo tropical
bmh-S(c)	zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido
BPG	buenas prácticas ganaderas
CH₄	metano
cm	centímetro
CO₂	dióxido de carbono
CO₂e	dióxido de carbono equivalente
GEI	gases de efecto invernadero
ha	hectárea
kg	kilogramo
mm	milímetro
msnm	metros sobre el nivel del mar
N₂O	óxido nitroso
t	tonelada
PIB	Producto Interno Bruto
PIBA	Producto Interno Bruto Agropecuario
PRV	pastoreo racional Voisin
Q	quetzal (moneda nacional de Guatemala)
SSPi	sistema silvopastoril intensivo
UA	unidades animal
USD	dólares estadounidenses



1

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina es una actividad de larga tradición en el país y a la cual se encuentran vinculadas directa e indirectamente muchas familias del medio rural; así como otras, no necesariamente rurales, que participan en los eslabones superiores de las cadenas productivo-comerciales de la leche y carne de bovinos, es decir, en el transporte, la industrialización, la comercialización y distribución del producto final al consumidor.

Desde una perspectiva social, la ganadería bovina a pequeña escala representa el medio de vida de muchas familias rurales, ya que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional a través del aporte de proteína de alta calidad, así como a la generación de ingresos que permiten cubrir el presupuesto familiar.

Estimaciones realizadas a partir del Censo Agropecuario Nacional del año 2003, revelan que el 62.1% de las fincas (con menos de cinco cabezas por finca) producen leche para el autoconsumo, y otro 31.6% de las fincas (con hatos entre 5 y 49 cabezas por finca) pertenecen a pequeños productores que comercializan parte de su producción y auto consumen la otra parte¹. Estos datos ponen de manifiesto la importancia de la ganadería bovina como medio de vida de un número importante de familias rurales en el país.

En términos económicos, la ganadería bovina es una actividad importante para el país. Según el Banco de Guatemala, en la última década (2008-2017) el Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA) mostró una tendencia ascendente al pasar de 25,467.6 a 34,382.8 miles de quetzales constantes (a precios de 2001)², representando entre el 13.2% y 13.8 % del Producto Interno Bruto (PIB) nacional³. Para ese mismo período, según estimaciones a partir de datos de FAOSTAT y de fuentes nacionales, la ganadería bovina de leche y carne en Guatemala representó entre 5% y 8% del Producto Interno Bruto Agrícola (PIBA)⁴.

1 Cálculos propios a partir de datos de INE (2004).

2 Quetzal constante = expresión del valor real de la moneda (el quetzal) a precios del año 2001.

3 Disponible en: <https://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=51809&aud=1&lang=1> (consulta realizada el 8 de marzo de 2017).

4 <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>

Respecto del inventario nacional de ganado bovino, no existen cifras oficiales recientes. De acuerdo con el último Censo Nacional Agropecuario del 2003⁵, el hato bovino nacional alcanzó para ese año 1.6 millones de cabezas distribuidas en un 80% en el sistema de producción de doble propósito (leche/carne), 16% en el sistema especializado de producción de carne y un 4% en el sistema especializado de producción de leche.

La mayor concentración del inventario nacional se encontraba en la región de la costa sur. Para el año 2014, FAOSTAT⁶ estimó un inventario de 3.5 millones de cabezas bovinas para el país; mientras que para el mismo año, cálculos propios basados en un modelo de simulación del crecimiento del hato bovino nacional, ubican el inventario en 3.7 millones de cabezas, una cifra ligeramente superior a la reportada por FAOSTAT.

En la medida que el hato ha venido creciendo, también lo ha hecho el área de pastizales. Para el 2003, conforme al mapa de cobertura con pastos elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2015), el área ocupada por pastos naturales y cultivados era de 1,373,435 hectáreas; mientras que para el 2012, de acuerdo con el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y uso de la Tierra (Gobierno de Guatemala, 2014), los pastizales ocupaban un área de 1,651,807 hectáreas (15.17% del territorio nacional), las sabanas 23,596 hectáreas (0.22%), la vegetación herbácea y arbustiva 2,465,031 hectáreas (22.60%) y los árboles dispersos 69,287 hectáreas (0.63%).

La expansión del área con pastizales ha ocurrido principalmente en los departamentos de Petén e Izabal, así como en la parte norte de los departamentos de Alta Verapaz y Quiché. Para ello, se han utilizado pastos mejorados o cultivados (principalmente de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*), lo cual ha permitido elevar la carga animal entre 1.2 y 2.5 unidades animal por hectárea (UA/ha)⁷, dependiendo del manejo; en comparación con

5 INE (2004).

6 Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA> (consulta realizada el 30 de enero de 2017).

7 UA = Unidad Animal = 450 kg de peso vivo corporal. Es una unidad de medida de la capacidad de carga de los pastos.

el área de pastos naturales, que es menor a 0.75 UA/ha⁸.

Evidencias empíricas indican que, en los últimos 10 a 15 años, el inventario de ganado bovino en el país ha experimentado cambios en cuanto a su concentración o distribución geográfica, así como en el sistema de producción.

Derivado de estas evidencias, se sabe que actualmente el mayor inventario bovino se encuentra ubicado en las regiones norte y caribe del país, en los departamentos de Petén, Izabal y Alta Verapaz, donde predominan los sistemas de producción bovina de crianza y carne, doble propósito (leche y carne) y engorde (carne) en unidades productivas de tamaño mediano (de 45 a 180 ha) a grande (> 180 ha).

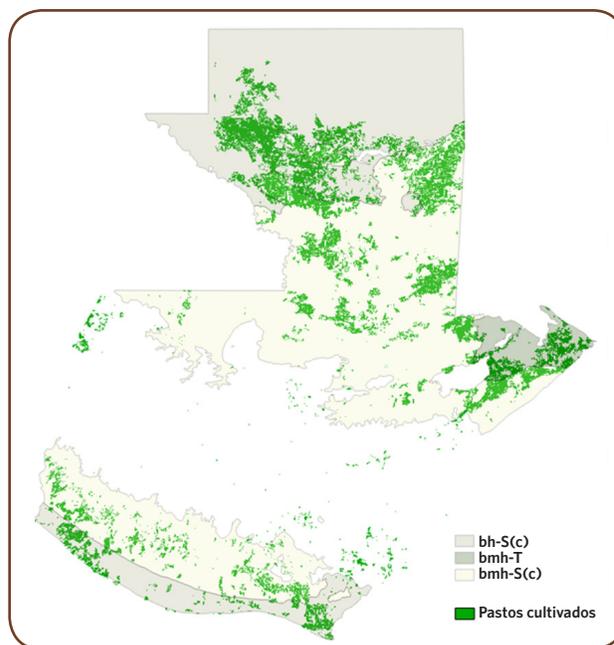
El desplazamiento del inventario ganadero del sur hacia el norte, por la ampliación del área de cultivo de caña de azúcar, ha provocado presión sobre el área con bosque natural (selva) y la ocupada por vegetación arbustiva baja, provocando una expansión de la frontera agrícola. Generalmente, el desarrollo de nuevas pasturas está precedido del cultivo de granos básicos bajo el sistema de tumba y quema, el cual incrementa las tasas de deforestación en el país y de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), y también causa una serie de daños medioambientales.

En orden de importancia por el tamaño del inventario concentrado en el territorio, una segunda región de desarrollo de la ganadería bovina es el suroriente (Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa) y una tercera es el suroccidente (Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos). En estas últimas predomina el sistema de doble propósito en unidades productivas menores a las 45 hectáreas.

Una menor concentración de bovinos se encuentra en los altiplanos central y occidental y, en este caso, prevalece el sistema especializado en producción de leche en unidades productivas de tamaño pequeño (< 45 ha) y hatos inferiores a 50 cabezas.

En la figura 1 puede observarse la cobertura de pastos mejorados en el país, misma que es indicadora de las principales zonas ganaderas del país, y en la figura 2 se muestra la distribución del número de cabezas de ganado bovino para el año 2003.

Figura 1. Mapa de distribución de pastos cultivados por zona de vida



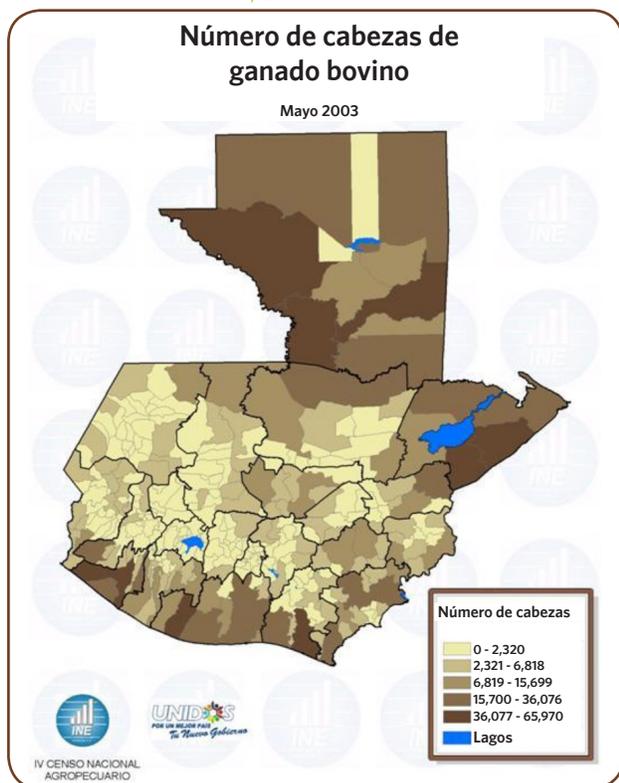
Fuente: MAGA (2003 y 2015)

En términos generales, el sistema de producción bovina de doble propósito (leche y carne) sigue siendo el predominante en el país. Este sistema es practicado mayoritariamente por familias de pequeños productores (hombres y mujeres) y tiene la característica de ser menos vulnerable a las variaciones climáticas y a los cambios de precios de la carne y la leche en los mercados.

Lo primero, derivado de la capacidad de adaptación climática de los animales, determinada por el mosaico genético presente y, lo segundo, por la flexibilidad que da el manejo y crianza del ternero/a para inclinar o enfatizar la producción de leche o la de carne.

⁸ Datos de consultas a expertos ganaderos de la región norte del país (2018).

Figura 2. Mapa de distribución de cabezas de ganado bovino en Guatemala, 2003



Fuente: INE (2004)

Según estimaciones propias, a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) (censo y encuestas nacionales agropecuarias), el promedio nacional de producción diaria de leche por vaca es alrededor de cuatro litros. En departamentos con más presencia de lechería especializada (Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá), el promedio puede alcanzar hasta 12 litros/vaca/día; y la ganancia de peso por novillos es menor a una libra diaria⁹.

En el país, la producción primaria tanto de leche como de carne se encuentra muy poco articulada con los eslabones superiores de las respectivas cadenas productivo-comerciales, especialmente con la industria de uno y otro producto, así como con la comercialización del producto final. Predomina el procesamiento artesanal de leche (crema, mantequilla, requesón, queso fresco y queso seco) y la matanza poco tecnificada en rastros municipales que, en la mayoría de los casos, tiene

⁹ Vargas, Hugo. Cálculos propios a partir del Censo Nacional Agropecuario 2003, de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2005 y de la ENA 2007 (INE 2004, 2005 y 2007).

impactos severos en el ambiente (contaminación) y en la inocuidad¹⁰ del producto (condiciones sanitarias).

La distribución de estos productos se hace de manera directa a los consumidores, generalmente a través de tiendas y carnicerías de barrio en los principales centros de consumo del país. Del total de la producción nacional de leche y carne de bovinos, un bajo porcentaje de cada producto se procesa en industrias tecnificadas (plantas lecheras pasteurizadoras y rastros privados certificados), las cuales se encuentran ubicadas en la zona central del país, relativamente distantes de las principales zonas de producción.

Un estudio sobre el desempeño competitivo de los productos agropecuarios en Guatemala, muestra que del año 2000 al 2010 el país no fue competitivo en los mercados nacional e internacional de productos lácteos de origen vacuno; mientras que en carne compitió favorablemente en el mercado nacional, pero no en el internacional (Vargas, 2014).

Esta situación se refleja en la balanza comercial¹¹ negativa y creciente que tiene el país en ambos productos; la cual del 2010 al 2015 se incrementó desfavorablemente de USD¹² 1.4 millones a USD 48.7 millones para carne vacuna, y de USD 128.3 a USD 166.0 millones para productos lácteos de origen bovino¹³.

Otro indicador deducible de estos datos es que, por ahora, el país es altamente dependiente de importaciones para cubrir la demanda de estos alimentos por la población nacional (aproximadamente 56% de dependencia para el caso de los productos lácteos)¹⁴.

¹⁰ La inocuidad se refiere a que el producto no es dañino para la salud del consumidor.

¹¹ La balanza comercial es la diferencia entre el valor en dólares de las exportaciones e importaciones (exportación menos importación). Cuando las exportaciones son menores a las importaciones, entonces tenemos una balanza comercial negativa, y viceversa. Esta situación se da cuando la producción nacional no satisface la demanda de la población en cantidad y calidad, en este caso, de productos lácteos y cárnicos vacunos.

¹² USD = dólares de los Estados Unidos de América.

¹³ Disponible en: <http://estadisticas.sieca.int/> (consulta realizada el 9 de marzo de 2017).

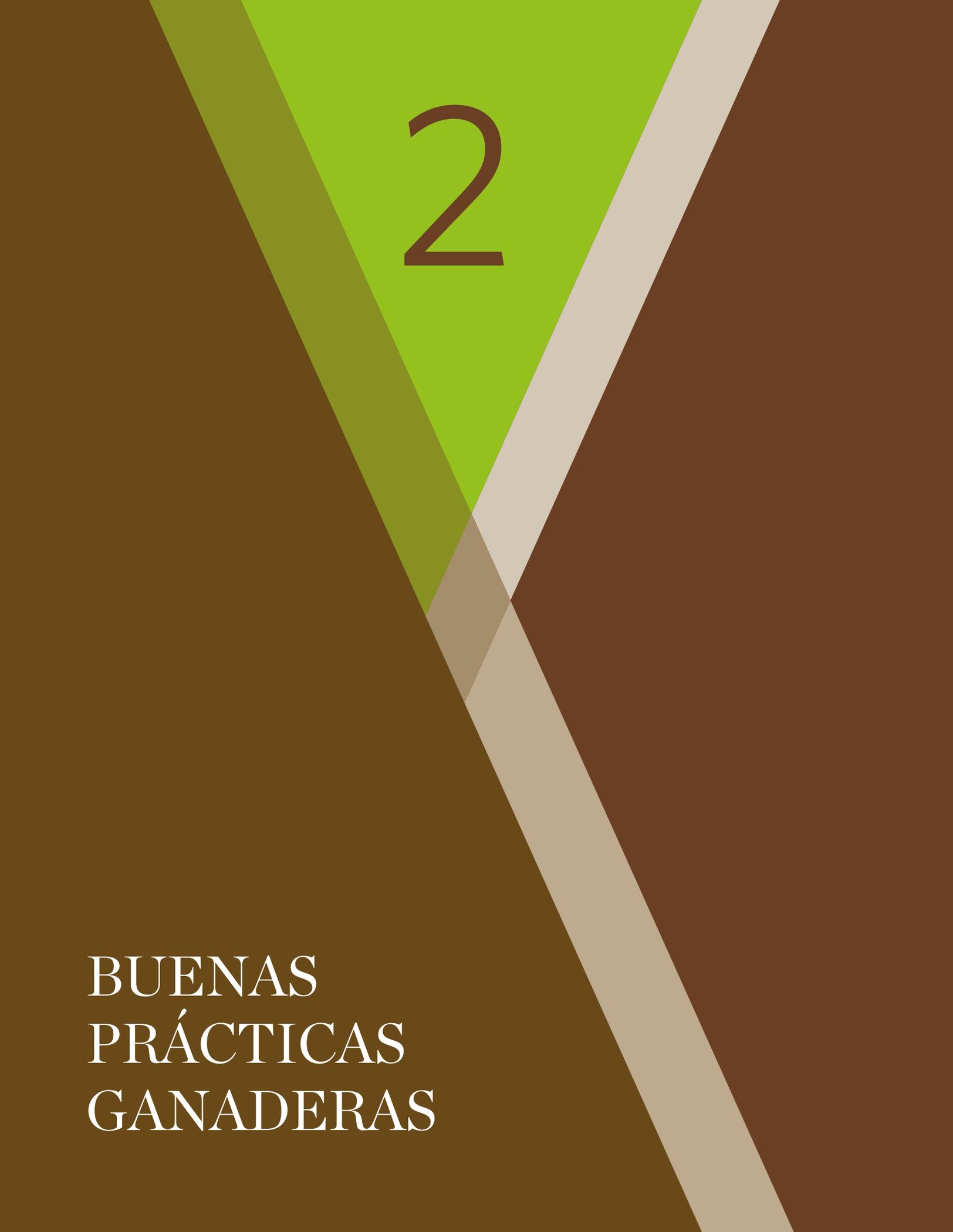
¹⁴ Cálculos propios a partir de datos de FAOSTAT.

De lo anteriormente expuesto, se puede inferir que el país requiere emprender esfuerzos conjuntos entre los sectores público y privado, para lograr el desarrollo de una ganadería bovina sostenible¹⁵, es decir que, además de ser productiva, rentable y competitiva, sea amigable con el ambiente y haga un uso y manejo adecuado de los recursos naturales (suelo, bosque, agua y biodiversidad), de tal manera que se mantenga activa en el largo plazo.

Para lograr lo anteriormente indicado, se requiere que cada productor ganadero, partiendo de un diagnóstico de la situación actual de la finca, y con base en sus prioridades, objetivos y posibilidad de acceso a medios¹⁶, elabore un plan de mejora del sistema de producción en finca; incorporando progresivamente buenas prácticas ganaderas.

15 Se entiende por ganadería sostenible a aquella que es económicamente rentable, ambientalmente amigable, y social y políticamente aceptable. Es decir, es una ganadería que perdura o se mantiene en el tiempo compitiendo en los mercados y dejando utilidad económica al productor ganadero; sin causar daños al medio ambiente y tampoco a los recursos naturales.

16 Los principales medios para mejorar la productividad de una finca son: conocimiento, capital, mano de obra y tierra.



2

BUENAS
PRÁCTICAS
GANADERAS

Las buenas prácticas ganaderas (BPG) se refieren a todas las acciones involucradas en la producción primaria de la ganadería bovina, encaminadas al aseguramiento de la inocuidad de los alimentos, carne y leche, producidos en la finca; a la protección del medio ambiente y de las personas que trabajan en la explotación¹⁷. Así mismo, todas estas acciones deben coadyuvar a elevar la productividad y la rentabilidad por unidad de área del sistema de producción, a efectos de contribuir a mejorar las condiciones de vida de las familias.

Afortunadamente, para los fines antes mencionados, hoy en día existe disponibilidad de tecnologías validadas que tienen impactos altamente positivos sobre la productividad animal (leche y/o ganancia de peso vivo), el mejoramiento de los ingresos de las familias rurales y la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI)¹⁸. Los GEI son responsables del calentamiento global, que a su vez provoca el cambio climático que afecta el desempeño de la agricultura y la ganadería a través de prolongadas sequías e inundaciones, y cambios en los patrones de distribución e intensidad de las lluvias, entre otros aspectos.

En las secciones siguientes del presente manual se hace referencia a algunas buenas prácticas para el desarrollo de una ganadería bovina sostenible en el país, mismas que, mediante un análisis previo, han mostrado tener una adecuada relación beneficio/costo para el productor ganadero y, por tanto, presentan una alta viabilidad económica y financiera para ser incorporadas en las fincas, ya sea con fondos propios, con fondos del Estado¹⁹ o con fondos provenientes de un crédito; este último, ojalá ofertado por el sistema bancario y financiero nacional bajo el concepto de “crédito verde”, es decir, en condiciones favorables de tasa de interés, período de gracia y período de amortización del capital que estimulen a los productores

para que estas prácticas sean incorporadas en las fincas.

Estas prácticas son:

- Cosecha de agua por medio de aguadas mejoradas para suministro al ganado
- Pastos mejorados y su manejo bajo pastoreo rotacional intensivo
- Cercas vivas
- Árboles dispersos en potrero
- Bancos forrajeros proteicos: manejados bajo corte o silvopastoreo
- Bancos forrajeros energéticos
- El ensilaje
- Gestión o manejo del estiércol: compostaje y biodigestores

Para cada buena práctica ganadera (BPG) se describe en qué consiste, por qué y para qué implementarla, cómo implementarla a nivel de finca, y cuáles son los factores que pudieran limitar o favorecer dicha implementación. De este “menú” de BPG, cada productor incorporará en su finca aquellas prácticas que sean de su prioridad e interés, ojalá partiendo de un diagnóstico de situación de la finca.

El propósito es contribuir a la gestión del conocimiento a través de proporcionar a técnicos públicos y privados las bases para transferir tecnología y capacitar a los productores, hombres y mujeres dedicados a la ganadería bovina, en cómo pasar gradualmente de una ganadería tradicional extensiva a una ganadería intensiva sostenible, amigable con el ambiente; mejorando siempre los ingresos en el ámbito de la unidad productiva o finca, y la familia.

Como ya se indicó, este conjunto de buenas prácticas ganaderas no sólo muestran una relación beneficio/costo favorable al productor ganadero, sino también tienen un alto impacto sobre la sostenibilidad de la actividad ganadera en el país; al contribuir con un impacto importante y muy positivo, ya sea por la vía de la adaptación o incrementar la resiliencia de la ganadería a los efectos del cambio climático, o bien, por la vía de la mitigación de GEI y/o la reducción de la intensidad de la emisión de GEI por unidad de producto animal (litro de leche o kilo de carne).

¹⁷ <http://www.fedegan.org.co/programas/buenas-practicas-ganaderas>

¹⁸ Los principales GEI, pero no los únicos, son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O).

¹⁹ La Ley Probosque ofrece incentivos para la incorporación de prácticas agroforestales y silvopastoriles en fincas ganaderas, entre estas últimas, las cercas vivas, los árboles en líneas y los árboles dispersos en potreros.

Es importante tener en cuenta que la aplicación de las buenas prácticas aquí descritas varía entre regiones ganaderas del país y entre fincas de una misma región.

Por tanto, el productor ganadero deberá escoger dentro del menú propuesto, aquellas buenas prácticas que, conforme la situación actual del sistema de producción (diagnóstico), sean las que más le convienen y que además, está en capacidad de implementar, ya sea con fondos propios, con fondos de incentivos del gobierno (sistemas agroforestales y silvopastoriles de la Ley Probosque, por ejemplo); o bien mediante la obtención de un crédito, ojalá ofertado bajo condiciones que se adapten al ciclo de inversión en ganadería, es decir, al tiempo que transcurre entre

el momento de hacer la inversión y el momento en que se inicia el retorno de beneficios derivados de esa inversión en la finca.

Lo anterior derivado de que cada inversión, según su tipo, comienza a impactar en los ingresos del sistema de producción en diferente tiempo después de su implementación.

Por ejemplo, la compra de una novilla de alta genética y preñada, impacta casi de inmediato al parir y comenzar a ordeñarse; mientras que en el caso de la inversión en árboles, según sea la modalidad silvopastoril adoptada (cercas vivas, árboles en potreros, silvopastoreo), los beneficios monetarios pueden tardar varios años.



2.1. Aguadas mejoradas para suministro de agua al ganado

Crédito fotográfico: MAGA

La construcción de aguadas (conocidas también como embalses, charcas o reservorios) para la recolección o cosecha de agua de lluvia y su posterior suministro a los animales, es una excelente práctica para aumentar la resiliencia o adaptación de la ganadería bovina a las variaciones climáticas y a los efectos del cambio climático, tales como sequías prolongadas. De esta manera, se puede mantener la productividad y lograr la sostenibilidad de la actividad ganadera.

El consumo inadecuado de agua por el animal, es decir, por debajo de sus necesidades diarias, disminuye la productividad (leche y/o ganancia de peso) y, en situaciones extremas de escasez, los animales pueden llegar a morir, representando en ambos casos pérdidas económicas para el productor ganadero.

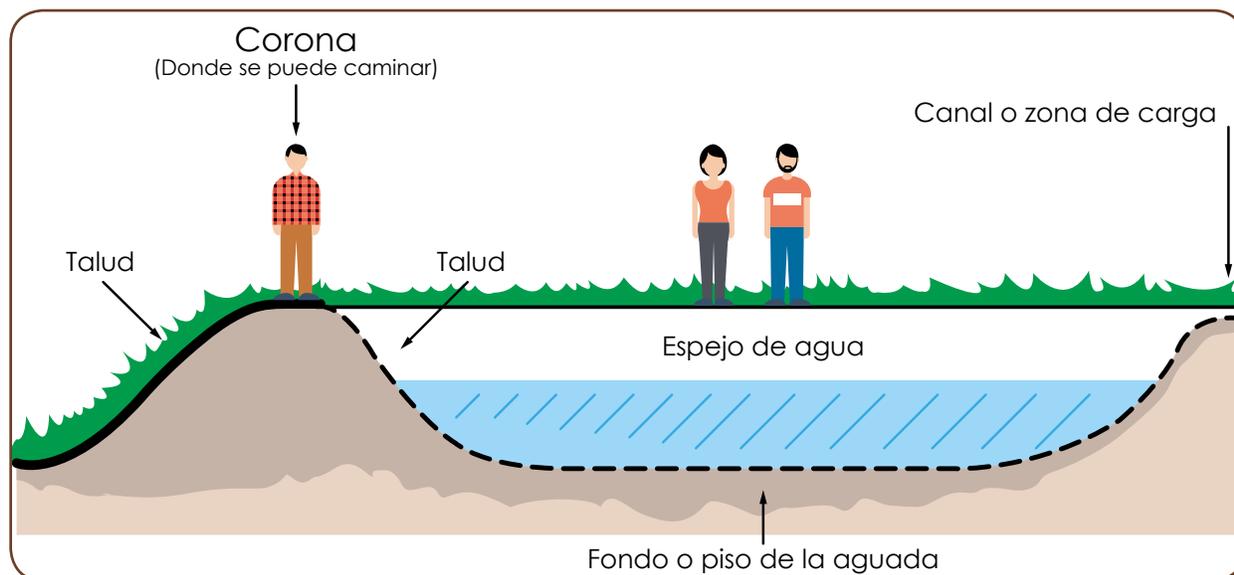
Otro aspecto importante asociado a la práctica de aguadas mejoradas es la cercanía de la fuente de agua (bebederos) al ganado. Experiencias nacionales reportan que es posible obtener de 90 a 135 gramos de ganancia de peso extra/animal/día y producciones de 0.55 a 1.1 litros de leche adi-

cional/vaca/día, si los animales disponen de una fuente cercana y permanente de agua para beber; esto en comparación a la costumbre tradicional de llevar al ganado una o dos veces al día a la fuente de agua, sea un bebedero, un río o riachuelo (Gutiérrez, 1996).

La aplicación de las aguadas mejoradas es de ámbito nacional, pues son necesarias en prácticamente todas las regiones del país. Sin embargo, estos reservorios de agua se hacen mucho más necesarios en fincas ganaderas ubicadas en la región conocida como el “corredor seco”, que se extiende a través de los departamentos de Santa Rosa y Jutiapa en el suroriente; Jalapa, Chiquimula y Zacapa en el oriente; y El Progreso y Baja Verapaz en la región central del país. Por aparte, hay regiones o sectores del país donde no existen corrientes de agua superficial, o son escasas, como en el caso del norte de Alta Verapaz y Quiché, y del Petén.

En la figura 3 se presenta un diagrama en el que se muestran las partes de una aguada mejorada.

Figura 3. Partes de una aguada mejorada



Fuente: Adaptado de Palma et al. (2011)

Antes de construir aguadas mejoradas, no tradicionales, en el proceso de diseño y planificación deben contestarse varias preguntas:

- ¿Cuál es la cantidad de agua que se necesita almacenar en la aguada?
- ¿Cómo seleccionar un sitio apropiado para la construcción de la aguada?
- ¿Cuántas aguadas debe tener la finca?
- ¿Cuánta agua se puede perder de la aguada?
- ¿Qué dimensiones debe tener la aguada?
- ¿Cómo se construirá la aguada: con máquina o a mano?
- ¿En qué época es más adecuado construir la aguada?

A continuación, se hace referencia a los aspectos a considerar para tener la respuesta a cada una de las interrogantes antes planteadas.

Cantidad de agua que se necesita almacenar en la aguada

Para estimar la cantidad de agua que se necesita almacenar en la aguada es necesario conocer la demanda o consumo total del hato, misma que está determinada por: i) la duración de la época crítica, y ii) el consumo de agua de las diferentes categorías de animales que integran el inventario del hato.

La duración de la época seca puede conocerse preguntando a los líderes de mayor edad en la comunidad en qué mes inicia y termina la época seca en un año normal o típico para la localidad; igualmente, si se han presentado años extremadamente secos, fuera de lo normal, cada cuánto suceden y cuánto ha sido su duración en meses. Esto permite prepararse para años extraordinariamente secos.

Con el mismo fin de conocer y/o validar la información anterior, se recomienda investigar si existe una estación meteorológica cerca de la localidad y revisar los registros de precipitación y evapotranspiración correspondientes a una serie histórica de años relativamente larga. Los meses en los cuales la evapotranspiración es mayor a la precipitación

corresponden a la época seca. De esta manera, se podrá precisar mejor la duración de la época seca, y así estar preparados para los años más críticos.

El consumo de agua de todo el hato depende del consumo individual de cada animal que lo integra, y se sabe que este varía según varios factores, entre ellos: la temperatura y la humedad ambiental del lugar, el peso o tamaño del animal, el tipo de alimento que el animal está consumiendo (pastos verdes o rastrojos), el tipo de ganado (leche o carne), el nivel de producción de leche o de ganancia de peso, y la distancia que debe recorrer el animal para tener acceso al agua.

Dependiendo de los factores antes mencionados, por ejemplo, una vaca lechera adulta puede consumir entre 38 y 110 litros por día; mientras que un bovino en engorde, de 26 a 66 litros diarios²⁰.

No obstante lo anterior, se necesita una manera práctica para determinar la demanda de agua por el hato. Para condiciones tropicales, como es el caso de Guatemala, datos de la literatura estiman que el consumo de agua por animal oscila entre el 8% y 12% de su peso corporal cuando la temperatura promedio del aire es de 25° centígrados.



Bovinos tomando agua en bebedero derivado de una aguada mejorada
Fuente: Consulta en el Internet (2018)

²⁰ Ver <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3379/articulos-otros-temas-archivo/el-agua-y-su-importancia-para-los-bovidos.html>

En el cuadro 1 se muestra un ejemplo de la estimación del consumo de agua por un hato doble propósito, en una localidad cuyo período crítico de suministro de agua al ganado es de cinco meses (caso hipotético, con fines ilustrativos del cálculo).

Con relación al inventario base para la estimación del consumo deberá tomarse en consideración si el hato crecerá en el futuro, de esta manera se evita tener déficit de agua en los años venideros.

Cuadro 1. Estimación del consumo de agua por el hato (10% del peso corporal)

Tipo de animal	Peso vivo promedio (kg/animal)	Consumo de agua (l/animal)	Número de animales	Consumo de agua (l/1 mes)	Consumo de agua (l/5 meses)
Toros	600	60	1	$60 \times 1 \times 30 = 1,800$	$1,800 \times 5 = 9,000$
Vacas	410	41	20	$41 \times 20 \times 30 = 24,600$	$24,600 \times 5 = 123,000$
Novillas/os	300	30	10	$30 \times 10 \times 30 = 9,000$	$9,000 \times 5 = 45,000$
Terneritas/os	100	10	12	$10 \times 12 \times 30 = 3,600$	$3,600 \times 5 = 18,000$
Consumo total = $9,000 + 123,000 + 45,000 + 18,000 = 195,000$ litros = 195 metros cúbicos					

Fuente: Elaboración propia

Selección de un sitio apropiado para la construcción de la aguada

La selección de un sitio apropiado para construir la aguada requiere de un buen conocimiento de la finca en lo relativo a, entre otras cosas: áreas y su topografía, sentido y nivel de pendientes, y los sitios donde se acumula o estanca agua durante el período de lluvia. En todo caso, para tomar la decisión, se recomienda hacer una detenida revisión de las condiciones existentes en la finca.

A continuación, se listan algunos criterios a tomar en cuenta para la selección del sitio:

- Buscar lugares húmedos en los que se “encharca” o “estanca” agua durante la época de lluvias. Igualmente, sitios húmedos en los cuales crece vegetación herbácea, arbustiva o arbórea compuesta por especies propias de la zona. Otro indicador de estos lugares es cuando el pasto permanece verde por varias semanas después de que ha terminado la época lluviosa.
- En los lugares húmedos escogidos, los suelos deben ser arcillosos a efectos de contar con un “lecho” o fondo de la aguada con mínima infiltración, o en todo caso que sea mínima. Otra característica deseable es que el suelo sea profundo y no existan piedras o rocas superficiales que impidan o hagan difícil la excavación.
- En áreas con pendientes, se recomienda buscar sitios que permitan captar y preservar el agua de escorrentía superficial con relativa facilidad. Sitios donde se forman arroyuelos no muy caudalosos son ideales, pues permiten un llenado rápido de la aguada sin llegar a representar una amenaza a su estructura.
- Las zonas de recarga de la aguada, es decir, la parte por donde se capta el agua, preferiblemente debe tener una cobertura

vegetal, ya sean pastos, árboles, guamil, etc.; esto con el fin de que el agua captada no lleve sedimentos o algún contaminante. El agua para consumo del ganado debe ser de calidad.

- La posición del sitio donde se construya la aguada debe estar en un nivel superior a la de los bebederos, esto con el fin de poder derivar el agua hacia dichos bebederos haciendo uso de mangueras y por efecto de la gravedad. Con este propósito se recomienda que la entrada de agua al bebedero quede al menos un metro por debajo del nivel que tendrá el fondo de la aguada.
- Los bebederos derivados de la aguada deben permitir el acceso del ganado desde varios potreros, esto con el propósito de que los animales no gasten energía en caminatas largas.
- En el caso de que exista un pozo cercano, la aguada debe ubicarse en un lugar más alto que el pozo, y al menos a 100 metros de distancia; lo anterior con el fin de no correr el riesgo de que el caudal del pozo disminuya y, además, evitar cualquier posible contaminación.

Número de aguadas por finca

Cuando se dificulta el acceso del ganado a los bebederos desde diferentes potreros, entonces es necesario considerar la conveniencia de hacer más de una aguada en la finca, aunque esto resulte más caro.

El criterio que debe prevalecer para tomar esta decisión es evitar, como ya se ha indicado antes, que el ganado gaste energía caminado largas distancias. En este sentido, una recomendación general es que el ganado no camine más de 500 metros desde el potrero al bebedero, con lo cual también se evitará el sobrepastoreo en áreas cercanas al bebedero y el subpastoreo en las áreas lejanas; aunque en época seca también se reco-

mienda hacer rotación de potreros en función de la disponibilidad de pasto.

Se debe tener siempre presente que la capacidad de almacenamiento del número de las aguadas en la finca debe ser suficiente para satisfacer la demanda de consumo de todo el hato a lo largo del período crítico de sequía. Asimismo, el tamaño o volumen de cada aguada debe ser proporcional al grupo de animales que se vayan a abrevar para atender su demanda particular.

Pérdidas de agua en las aguadas

En la aguada ocurren pérdidas de agua por diferentes razones: i) evaporación, ii) infiltración a través del fondo y taludes, iii) en mangueras y/o tuberías, y iv) en bebederos. Estas pérdidas deben ser consideradas antes de definir las dimensiones finales que tendrá la aguada.

Las pérdidas por evaporación son inevitables, aunque se pueden reducir utilizando algún tipo de cobertura que proporcione sombra. Un estudio en Petén²¹ indica que, utilizando sombra, es posible reducir un promedio de 5.7 a 3.5 milímetros de evaporación por día durante el período seco.

Lo anterior significa que durante 150 días en una aguada sin sombra se habrá perdido una lámina de agua de 85.5 centímetros (150 días x 0.57 cm), lo cual es equivalente a interpretar que una aguada de 85.5 centímetros de profundidad se secaría durante todo el período seco, esto sin que el ganado haya consumido agua.

Para reducir la pérdida por evaporación se recomienda sembrar árboles fuera de los taludes alrededor de la aguada, especialmente de especies que no boten muchas hojas, como las palmeras, que resultan ser una buena opción. En los casos en los que caigan hojas sobre el espejo del agua de la aguada, se recomienda limpiarla para evitar su descomposición y, de esta manera, no se afecte la calidad del agua.

²¹ Martínez (2007). Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1561.pdf

Las pérdidas por infiltración son evitadas, o minimizadas, cuando el sitio en que se construye la aguada tiene suelo arcilloso, el cual ha sido compactado adecuadamente, tanto en el fondo, como en los taludes.

Una manera fácil y sin costo para el productor ganadero, es utilizar un grupo de animales que hagan la labor de compactado del fondo de la aguada a través del pisoteo. Cuando sea necesario, se puede cubrir el fondo y taludes de la aguada con polietileno, teniendo el cuidado de hacer traslapes adecuados entre lienzos, y así evitar fugas que pudieran darse entre estos.

También, aunque es más caro, se puede utilizar una mezcla de tierra más cemento para impermeabilizar taludes y fondo (mezcla de 5 centímetros de tierra con aproximadamente 15 libras de cemento por metro cuadrado compactado con una humedad de un 18%)²².

Otro asunto relacionado con el diseño de la aguada, es considerar un desfogue del exceso de agua que la aguada pudiera captar durante alguna temporada de lluvias copiosas y prolongadas. Esto evitará el derrumbe del talud construido en el lado más bajo de la pendiente del terreno.

Cálculo de las dimensiones de la aguada

Para el cálculo de las dimensiones finales de la aguada mejorada hay que tomar en cuenta:

- La profundidad que el perfil de suelo arcilloso permite excavar, sin llegar a estratos arenosos o de fácil infiltración, lo cual debe determinarse realizando una calicata (hoyo) en el suelo;
- La altura a la cual es posible elevar el talud de la aguada, esto según la pendiente del terreno;
- El espejo del agua debe quedar al menos 20 centímetros por debajo del borde superior de la altura del talud, a efecto de evitar desbordes de agua;

- La pérdida por evaporación (determinada en campo);
- Dejar un remanente de 20 centímetros de lámina de agua en el fondo o lecho de la aguada, misma que no debe ser consumida por el ganado, debido a que contiene muchos sedimentos; y
- Los metros cúbicos de agua necesarios para abastecer el consumo del hato durante todo el período seco, y que han sido calculados previamente.

A continuación, se ilustra un ejemplo de cálculo de las dimensiones de una aguada, considerando las variables antes mencionadas:

- Profundidad del perfil arcilloso del suelo = 0.80 metros
- Altura del borde de tierra de la aguada = 1.20 metros
- Borde libre por arriba del espejo del agua = 0.20 metros
- Pérdida por evaporación durante el período seco = 0.85 metros
- Profundidad de lámina de agua en el fondo de la aguada = 0.20 metros
- Consumo de agua durante todo el período seco = 195 metros cúbicos



Aguada mejorada durante la época lluviosa en Jutiapa, Guatemala.

Crédito: Proyecto Suroriente (MARN, Catie, PNUD, GEF) (2018)

²² Consulta con Ing. civil Ramiro Pérez (2018).

Los cálculos se harían de la manera siguiente:

- Profundidad total de la aguada = $0.80 + 1.20 = 2.0$ metros
- Profundidad del agua en su punto máximo = $2.00 - 0.20 = 1.80$ metros
- Profundidad efectiva = $(1.80 - 0.85 - 0.20) = 0.75$ metros de lámina de agua que serán consumidos por el hato.
- La superficie de la aguada será igual al cociente resultante de dividir el consumo de agua (metros cúbicos) entre la profundidad efectiva (metros); lo que es igual a 260 metros cuadrados ($195 / 0.75 = 260$).
- La forma de la aguada podría ser cuadrada, rectangular o circular, esto dependiendo de lo que permita el terreno disponible. Sin embargo, siempre que sea posible, se recomienda la forma circular.
- Asumiendo la forma circular, para el cálculo del diámetro se utiliza la fórmula de un círculo, que es igual a dos veces la raíz cuadrada del cociente resultante de dividir la superficie de la aguada (metros cuadrados) entre la constante denominada "pi" (3.1416). Entonces, el cálculo sería $= 2 \times \sqrt{(260/3.1416)} = 18.20$ metros. Considerando que la aguada no es cilíndrica y que el piso o fondo no necesariamente queda totalmente nivelado, aunque debe tratarse de lograrlo; se recomienda aumentar el diámetro en cuatro metros; por tanto, el diámetro sería entonces de alrededor de 22.0 metros.

Construcción de la aguada

La aguada puede ser construida con maquinaria o a mano. La construcción con maquinaria presenta varias ventajas, entre ellas: la velocidad de construcción, la facilidad de compactado y la facilidad de remoción de objetos pesados como piedras y/o troncos de árboles.

Las máquinas frecuentemente utilizadas por su peso y velocidad de trabajo son: tractores de oruga o "buldócer" y retroexcavadoras conocidas como "mano de mica". Estas últimas ofrecen facilidad de maniobra para hacer cortes, excavar y colocar la tierra en el sitio deseado. La principal desventaja del uso de maquinaria es el mayor costo económico, pues generalmente hay que transportarla desde lejos, pues no siempre están disponibles en la localidad. Una forma de abaratar el uso de maquinaria es que varias familias se organicen para construir aguadas en una misma época.

La construcción de la aguada utilizando mano de obra (familiar y/o contratada) es la forma en que la mayoría de familias de escasos recursos pueden hacerlo. Tiene la desventaja de tener un avance

lento, sin embargo, puede ser una buena opción cuando, por la inclinación del terreno, solo es necesario construir un talud, o bien, cuando la aguada a construir resulta relativamente pequeña, derivado de una demanda o consumo bajo de agua. Esto sucede en los casos en los que el hato es pequeño y el período de escasez de agua es corto. Una ventaja de construir con mano de obra es que la construcción puede hacerse por etapas conforme se va disponiendo de los recursos económicos.

Época adecuada para la construcción

Deben buscarse épocas del año en las que el suelo conserve humedad, no en exceso, y facilite la excavación y el uso de maquinaria, sin que esta se atasque. En tal sentido, la canícula (período seco en julio y agosto) o el final de la época lluviosa e inicio de la época seca son dos buenas opciones para la construcción de aguadas.

La experiencia del productor ganadero y su conocimiento del sitio escogido para la construcción de la aguada son determinantes para tomar esta decisión.



Construcción de una aguada en una finca ganadera de Jalapa, Guatemala.
Crédito: Proyecto Surorienté (MARN, Catie, PNUD, GEF) (2018)



Aguada terminada en finca ganadera de Jalapa, Guatemala.
Crédito: Proyecto Surorienté (MARN, Catie, PNUD, GEF) (2018)

Costo de construcción de una aguada mejorada: una referencia

Estimaciones propias indican que sólo la construcción de una aguada con capacidad para almacenar 183 metros cúbicos de agua, tiene un costo de alrededor de USD 460.00.

Incluyendo la red de distribución y construcción de bebederos, la inversión inicial se incrementa a USD 1,100.00.

Se hace la salvedad de que estos datos únicamente deben ser tomados como una referencia, pues en su valor inciden una serie de factores que varían con la región y las condiciones propias de la finca en particular.



Aguada mejorada durante la época lluviosa en Jutiapa, Guatemala.
Crédito: Miguel Ángel Gutiérrez Orellana (2017)

La presente sección se ha desarrollado con base en una revisión del contenido de la siguiente publicación. Por lo tanto, se recomienda su lectura para ampliar los conocimientos de los temas aquí tratados.

- Palma, E. et al. (2011). *Cómo construir mejores aguadas para el suministro de agua al ganado* (Serie técnica, Manual técnico / Catie no. 101). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.



2.2. Pastos mejorados manejados bajo pastoreo rotacional intensivo

Crédito fotográfico: Luis Alfonso Leal Monterroso (2018)

Esta buena práctica ganadera considera la aplicación de dos tecnologías que son complementarias entre sí, para impactar en la persistencia de la pradera, la productividad y la rentabilidad de una ganadería amigable con el ambiente; estas son:

- El establecimiento o cultivo de pastos mejorados que se adapten a las condiciones edafoclimáticas de la finca; y
- La utilización de estos pastos a su capacidad de carga bajo el sistema de pastoreo rotacional intensivo; aplicando en todo lo posible los conceptos derivados de las leyes o principios del pastoreo racional Voisin (PRV)²³.

El propósito de la práctica

Pretende contrarrestar la degradación de pasturas, mejorar la productividad animal (leche y ganancias de peso vivo) y, al mismo tiempo, contribuir a la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) en los sistemas de producción de leche y carne con bovinos en el país.

2.2.1. Pastos mejorados

¿Qué son los pastos mejorados?

En un sentido amplio, los pastos mejorados son todas aquellas especies forrajeras no nativas del sitio o región, que tengan alta productividad y buena adaptación a las condiciones agroclimáticas de la finca -ya sean estas gramíneas, leguminosas o no leguminosas-, que son consumidas por los animales bajo diferentes sistemas de manejo; es decir, bajo pastoreo directo, corte y acarreo, o conservados a través de la henificación y/o ensilado.

En esta sección del manual se hace referencia únicamente a las gramíneas y/o leguminosas que son consumidas directamente por los animales bajo el sistema de pastoreo rotacional intensivo. En las siguientes secciones se hará mención a otros forrajes que son considerados también como pas-

tos mejorados, especialmente cuando se trate el tema de los bancos forrajeros proteicos y energéticos, así como el ensilaje.

Bajo adecuadas condiciones de manejo, los pastos mejorados tienen las siguientes ventajas:

- Alto valor nutricional para el ganado bovino, generalmente mayor al que tienen los pastos naturales o nativos;
- Elevado rendimiento de biomasa por unidad de área;
- Son resistentes a plagas y enfermedades bajo las condiciones de suelo y clima presentes en la región para la cual fueron seleccionados. De allí que existan pastos mejorados (gramíneas o leguminosas) que son recomendables para suelos secos, bien drenados o con exceso de humedad; suelos con baja, mediana o alta fertilidad; suelos ácidos o alcalinos; topografía plana o con pendiente; y sitios ubicados en diferentes pisos altitudinales sobre el nivel del mar.

¿Cuál pasto mejorado conviene sembrar en mi finca?

En Guatemala aún no se ha evaluado la adaptación de especies forrajeras a las diferentes condiciones de clima, suelo, pendiente y manejo prevalentes en las principales zonas ganaderas del país, así como su caracterización productiva y nutricional.

Actualmente existen pocos estudios al respecto y las recomendaciones de pastos mejorados para diferentes regiones es una tarea que ha quedado en manos de las casas que comercializan semillas. De tal manera que los ganaderos adoptan pastos mejorados por “asuntos de moda” y van aprendiendo “a prueba y error” sobre cuál es el, o son los mejores pastos para su finca.

Por ello, a partir de información generada en otros países con condiciones similares al nuestro, y también considerando experiencias locales empíricas nacionales, a continuación se brindan recomendaciones generales sobre las especies de pastoreo que se adaptan a las diferentes condiciones edafoclimáticas de Guatemala.

²³ www.agriculturaregenerativa.es/pastoreo-racional-voisin-prv

- **Altitud.** En zonas altas tropicales (mayores a 2,000 msnm) en las cuales eventualmente pueden ocurrir heladas, los pastos mejorados más utilizados, y que han dado buenos resultados cuando el manejo es adecuado, son: el Kikuyú (*Pennisetum clandestinum*), el Rye Grass (*Lolium spp.*), *Setaria* (*Setaria sphacelata*) y tréboles (*Trifolium spp.*), estos últimos ya sea en monocultivo o en asocio.

Por otro lado, en zonas medias (de 500 a 2,000 msnm) y bajas (menores a 500 msnm), se recomiendan especies de los géneros: *Cynodon*²⁴, *Digitaria*²⁵, *Brachiaria*²⁶, *Panicum*²⁷, *Andropogon*²⁸, *Hyparrhenia*²⁹ y *Pennisetum*³⁰, este último en cultivares de porte bajo.

- **Precipitación.** En zonas ganaderas en las que llueve menos de 800 mm por año y donde se presentan períodos relativamente largos de sequía (por ejemplo, la región conocida como Corredor Seco), los pastos que muestran una mayor tolerancia y, por tanto, mejor comportamiento son: ICTA Real (*Andropogon gayanus*), Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), *Brachiaria decumbens*, los híbridos de *Brachiaria* (como el Mula-to II), y el pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*), aunque este último ha sido poco cultivado en el país.

En estos pastos la menor sensibilidad a la sequía proviene de sistemas radiculares profundos y de mecanismos fisiológicos que les permiten una menor evapotranspiración (cierres de estomas) bajo condiciones de alta temperatura y baja humedad ambiental.

Para zonas donde las lluvias superan los 800 mm por año y los suelos presentan un pobre drenaje por ser arcillosos y

compactos, deben buscarse especies tolerantes al encharcamiento. En ese sentido, los pastos *Brachiaria humidicola* y el híbrido de *Brachiaria* cv. Caimán toleran el encharcamiento temporal. En casos de encharcamiento prolongado, las especies aconsejables son: pasto Alemán (*Echinochloa polystachia*), Tanner (*Bachiaria arrecta*) y Pará (*Brachiaria mutica*).

Por otro lado, dentro de las especies que muestran poca tolerancia al encharcamiento se encuentran: Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), Jamaica (*Panicum maximum*), Marandú (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú), Calingüero (*Melinis minutiflora*), ICTA Real (*Andropogon gayanus*) y pastos del género *Cynodon* sp. (Estrella Africana, Alicia y otros).

- **Fertilidad del suelo.** Todos los pastos requieren de nutrientes que extraen del suelo para su desarrollo, y así lograr la expresión máxima de su capacidad productiva en términos de biomasa forrajera y calidad nutritiva de la misma. Por ello, en casos de deficiencias conocidas a través de un análisis químico del suelo, estas deben ser corregidas mediante la práctica de la fertilización orgánica e inorgánica, o ambas.

Cuando la acidez del suelo es alta, deben hacerse correcciones haciendo aplicaciones de cal dolomítica. Una mejor opción es la búsqueda de especies tolerantes a los niveles de acidez que son comunes en Guatemala y que, en la mayoría de los casos, son inferiores a 5.0 de pH.

Antes de hacer la selección de un pasto mejorado, el ganadero debe conocer muy bien las características del sitio o terreno donde lo pretende establecer o sembrar, entre ellas, a qué altura sobre el nivel del mar se encuentra ubicada la finca, cuál

24 La Estrella Africana es un ejemplo muy frecuente en la costa sur.

25 Suazi es un ejemplo frecuente en la costa sur.

26 Varias especies para diferentes condiciones de fertilidad y humedad en los suelos.

27 Jamaica es un ejemplo para las condiciones en el oriente.

28 ICTA real es un ejemplo para las condiciones del oriente.

29 Jaragua es un ejemplo para las condiciones del oriente.

30 Cultivar Mott con buenos resultados en evaluaciones realizadas en la costa sur.

es la topografía del terreno, cuál es la duración del período seco, cuál es la presencia y comportamiento de las malezas predominantes; asimismo, del suelo debe conocer su fertilidad (análisis químico), la profundidad y la capacidad de drenaje.

Por otra parte, del pasto seleccionado es fundamental conocer la capacidad de carga³¹, el período de descanso (tiempo entre pastoreos) y ocupación del potencial pasto a sembrar (tiempo de

pastoreo o permanencia en el potrero); así como su tolerancia o resistencia a sequías, encharcamientos y a plagas (por ejemplo, chinche salivosa o salivazo) y enfermedades.

A manera de guía, en el cuadro 2 se presenta un resumen de los pastos mejorados recomendados por su adaptación a sitios ubicados a diferentes altitudes sobre el nivel del mar, niveles de precipitación pluvial y fertilidad del suelo.

Cuadro 2. Especies de pastos mejorados recomendados para sitios ubicados en diferente altitud, nivel de precipitación y fertilidad del suelo

Especie de pasto	Altitud	Precipitación	Fertilidad
<i>Lolium</i> spp. (Ryegrasses)	A	M/A	M/A
<i>Pennisetum clandestinum</i> (Kikuyú)	A	M/A	M/A
<i>Trifolium</i> spp. (tréboles)	A	M/A	M/A
<i>Brachiaria humidicola</i> cv. Humidicola	B	A	B
<i>Brachiaria humidicola</i> cv. Llanero	B	M/A	B/M
<i>Brachiaria mutica</i> (Pará)	B	M/A	A
<i>Digitaria swasilandensis</i> (Suazi)	B	M/A	M/A
<i>Echinochloa polystachya</i> (Alemán)	B	M/A	B/M
<i>Andropogon gayanus</i> (ICTA Real)	B/M	B	B
<i>Arachis pintoi</i> (Maní forrajero)	B/M	B/M	M/A
<i>Brachiaria arrecta</i> (Tanner)	B/M	M/A	M/A
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú	B/M	M/A	M/A
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo	B/M	M/A	M/A
<i>Brachiaria</i> cv. Mulato (Mulato)	B/M	B	M/A
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk (Decumbens)	B/M	M/A	B/M
<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Caimán	B/M	A	M/A
<i>Brachiaria ruzisiensis</i> (Ruzi)	B/M	M	M/A
<i>Cynodon</i> spp. (Estrella Africana)	B/M	B/M	M/A
<i>Hyparrhenia rufa</i> (Jaragua)	B/M	B	B
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaza	B/M	B/M	M/A
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania	B/M	M/A	A
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Kudzu)	B/M	M/A	B/M

B= baja, M= media, A= alta, B/M= baja a media, M/A= media a alta

Fuente: Elaboración propia

³¹ La capacidad de carga se expresa en Unidades Animal (UA/ha) que el pasto puede soportar, sin llegar a su degradación, es decir la capacidad de mantenimiento animal para una larga vida de la pastura.

Siembra y establecimiento de pastos mejorados

Para tener éxito en la siembra y establecimiento (período transcurrido entre la siembra y el primer pastoreo) del pasto mejorado deben llevarse a cabo varias prácticas de manejo que van desde la selección de la semilla, pasando por la preparación del terreno, la fertilización, el control de malezas y el primer pastoreo.

- **Preparación del terreno.** Debe hacerse un estricto control de la vegetación existente (gramíneas no deseables + malezas), existiendo para ello varios métodos: (i) Labranza cero haciendo un sobre pastoreo y sembrando con “chuzo” o “azadón” y, en algunos casos, podría justificarse el uso de herbicidas; (ii) Labranza mínima, surqueando con bueyes y tapado con azadón; y (iii) Utilizando maquinaria, lo cual implica generalmente hacer un paso de arado, un paso de rastra, surqueado y siembra. Cada uno de estos métodos tiene diferente costo, siendo más caro el uso de maquinaria, pero es el método recomendado para la siembra de grandes extensiones cuando la topografía y la profundidad del suelo lo permiten, así como la ausencia de piedras.
- **La siembra.** Los pastos mejorados para uso bajo pastoreo pueden sembrarse con semilla o con material vegetativo (tallos, guías o estolones).

La siembra con semilla. Generalmente es preferida cuando se tienen que sembrar grandes extensiones de terreno utilizando maquinaria (arado, rastra, esparcimiento de semilla al voleo y un paso de rastrillo para enterrar semilla), ya que el uso de mano de obra resultaría muy costoso. Cuando se trata de pequeñas extensiones, la siembra puede hacerse con labranza “cero” o mínima labranza; para ello, la semilla es colocada en posturas utilizando “chuzo” o “azadón” y siguiendo hileras que posteriormente faciliten el control de malezas, en caso sea necesario.

Un aspecto importante para el éxito de la siembra es cuidar la calidad de la semilla en términos de su pureza y poder de germinación; es decir, la semilla debe estar libre de materiales extraños (semillas de otras plantas, pedazos de hojas y tallos, por ejemplo) y alcanzar un buen porcentaje de germinación (número de semillas germinadas por cada 100 semillas).

La cantidad de semilla recomendada por unidad de área generalmente se da en términos de “semilla pura viable”, por tanto, deberán hacerse los ajustes correspondientes según el grado de pureza y el porcentaje de germinación. En términos generales, para gramíneas del género *Brachiaria* y *Panicum*, utilizando semilla de alta calidad, la cantidad puede variar entre 4 y 6 kilos por hectárea (6.2 a 9.2 libras por manzana), esto dependiendo del método de siembra (al voleo, en hileras o surcos).

Siembra con material vegetativo. Se pueden utilizar trasplantes (plantas completas con raíz, tallos y hojas) en el caso de pastos macollados, y estolones (guías o tallos) en el caso de pastos cespitosos o rastreros. Este método es preferido por pequeños productores que previamente establecen pequeñas parcelas de reproducción de donde obtienen material para la siembra en potreros.

Debe utilizarse material con la madurez fisiológica suficiente para provocar rebrotes vigorosos (ni muy tierno, ni muy maduro). Dependiendo de la especie, rebrotes de 60 a 90 días resultan adecuados.

En la siembra se utilizan tallos o guías de un largo de alrededor de 50 centímetros, con tres a cuatro nudos o puntos de enraizamiento y rebrote. Estos se esparcen o distribuyen en el campo, y luego se hace un paso de rastra ligera para enterrar el material. También puede utilizarse el pisoteo de animales adultos con el mismo fin.

Otra manera de realizar la siembra es en hileras, colocando el material vegetativo en el fondo del surco y cubriéndolo con una pequeña capa de tierra (3 a 5 centímetros). Normalmente, la distancia entre surcos es de 0.75 a 1.00 metros y este método de siembra facilita el control de malezas en la fase de establecimiento del pasto.

La distancia de siembra recomendada puede acortarse cuando se trata de pastos macollados, mientras que con pastos rastrojos (de guía) puede alargarse.

- **Control de malezas.** Durante la fase de establecimiento del pasto, desde la siembra hasta la completa cobertura del terreno, debe evitarse la competencia de malas hierbas con el pasto que se está estableciendo. Con este fin, el control se puede hacer manualmente (a machete o con azadón); o bien utilizando herbicidas selectivos que controlan malezas de hoja ancha y no dañan al pasto. Para su modo de aplicación y la dosis deben seguirse las recomendaciones que aparecen en el etiquetado del producto.
- **Fertilización.** La corrección de deficiencias en el suelo mediante la fertilización también es una práctica necesaria y que acelera el crecimiento del pasto mejorado. La fórmula y la cantidad a aplicar deben decidirse en función del análisis de suelo

y los requerimientos del pasto. Sin embargo, una recomendación general es la aplicación de una fórmula completa (por ejemplo, 10-30-10 o 15-15-15) después de haber realizado el primer control de malezas y habiendo transcurrido un tiempo suficiente (unos 45 días) para que el pasto haya desarrollado sistema radicular.

Una recomendación general a tomar en cuenta en la fertilización es que si se trata de gramíneas, los elementos importantes son el nitrógeno y el potasio; mientras que si son leguminosas, el elemento importante es el fósforo.

- **Primer pastoreo.** El tiempo transcurrido entre la siembra y el primer pastoreo puede variar con la especie de pasto mejorado y el momento del año (época lluviosa) en que se haga la siembra. En todo caso, la decisión de ingresar animales al potrero debe basarse en la observación de que el pasto haya cubierto todo o un alto porcentaje del terreno y, además, que el rebrote esté vigoroso, lo cual se logra alrededor de 90 a 120 días posteriores a la siembra.

Es deseable que este primer pastoreo se haga con una alta carga animal “instantánea”, es decir, muchos animales durante poco tiempo, haciendo una baja presión de pastoreo, a efecto de dejar las suficientes reservas para que el pasto rebrote rápidamente.



Panorama de un sistema de pastoreo rotacional intensivo
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Siembra de Marandú (*Brachiaria brizantha*) entre cultivo de maíz, en finca del sur del Petén, Guatemala
Crédito: Miguel Ángel Gutiérrez Orellana (2017)



Pasto *Brachiaria* cv. Mulato II
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Pasto Mombaza (*Panicum maximum*)
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Pasto Rye Grass (*Lolium* sp.) en finca de Purulhá, Baja Verapaz, Guatemala
Crédito: Miguel Ángel Gutiérrez Orellana (2015)



Pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*)
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Pasto Kikuyú (*Pennisetum clandestinum*)
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Maní forrajero (*Arachis pinto*)
Crédito: Miguel Ángel Gutiérrez Orellana (2014)

2.2.2. Pastoreo rotacional intensivo

Después del establecimiento del pasto, un motivo de fracaso frecuente es el mal manejo que se le da en su aprovechamiento o pastoreo; y de esa cuenta los pastos acortan su vida útil y la inversión se pierde en pocos años por la degradación del pastizal. De ahí la importancia de conocer la capacidad de carga del pasto, el período adecuado de descanso para la recuperación plena del pasto antes de ser pastoreado nuevamente (sin estar muy maduro), y el período de ocupación del potrero que no debe ser muy largo (no más de tres días), para así evitar que el animal coma de nuevo los brotes del pasto en un mismo período de pastoreo.

¿Qué es el pastoreo rotacional intensivo?

El pastoreo rotacional intensivo consiste en utilizar el pasto (consumo directo por vacunos) en un punto de madurez en el cual se logra la máxima productividad de biomasa con el mayor valor nutritivo del pasto. Para ello se requiere de la división del área de pastoreo en potreros pequeños que son utilizados a su capacidad de carga (UA/ha)³², generalmente pastoreados (período de ocupación) por un día o fracción de día, y dando al pasto un período de descanso que permita su total recuperación, es decir, volver a su estado óptimo antes de ser consumido nuevamente³³.

Para la división de potreros se recomienda el uso de cerca electrificada, especialmente si utiliza paneles solares para el suministro de energía. Este tipo de cerca es de bajo costo comparado con el de cercas muertas, y además ofrece una gran flexibilidad para realizar cambios de tamaño del potrero, realizar pastoreo en franjas o llevar a cabo cualquier otro ajuste que se necesite hacer al sistema.

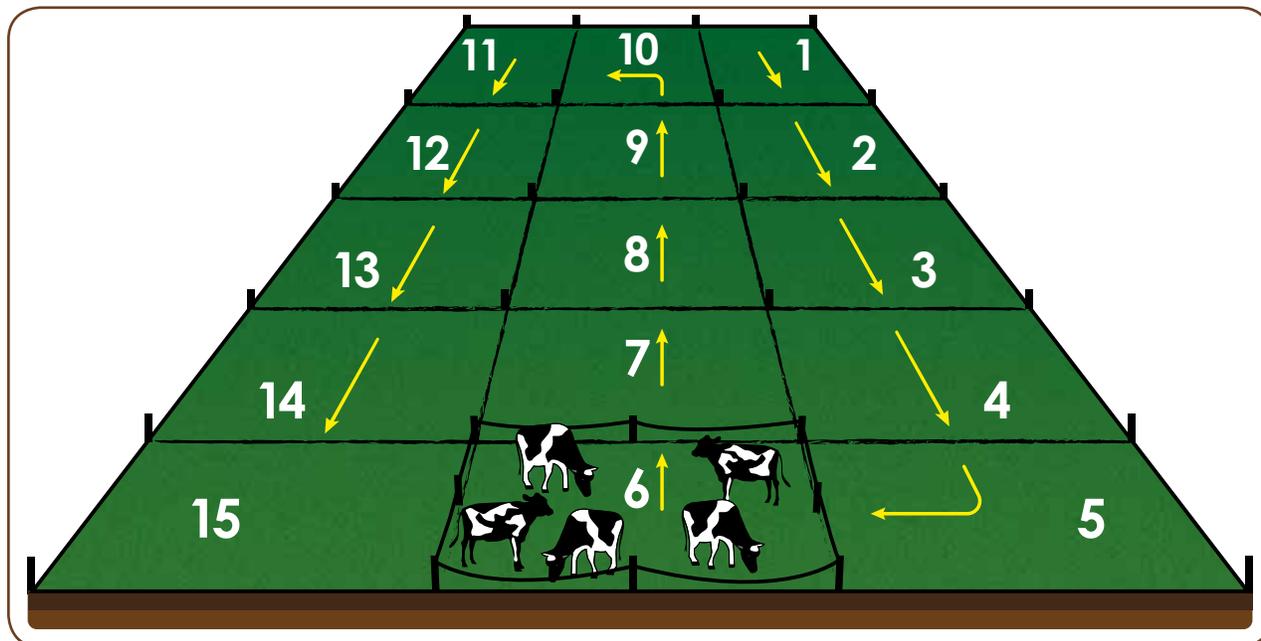
En la figura 4 se ilustra cómo se hace la división de potreros y el movimiento del ganado en un sistema de pastoreo rotacional. Aquí resulta pertinente indicar que el sistema puede hacerse más intensivo, por ejemplo, utilizando el recién mencionado pastoreo en franjas.

Lo anterior significa un pastoreo en áreas pequeñas utilizando muchos animales (cargas instantáneas altas) que pastorean una franja del potrero en poco tiempo, para luego ser trasladados a una siguiente, siempre respetando los principios del pastoreo racional que ya han sido explicados previamente (período de descanso, ocupación y capacidad de carga del pasto en particular).

32 Una UA es igual a 450 kg de peso vivo. La capacidad de carga es el nivel óptimo de carga animal que puede soportar el pasto, sin que la pradera se degrade rápidamente.

33 <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Pastoreo%20rotacional%20intensivo.pdf>

Figura 4. Esquema que ilustra el pastoreo rotacional



Fuente: Con base en <https://zoovetespasion.com/pastos-y-forrajes/principios-basicos-del-pastoreo-rotacional/>

¿Cuáles son los beneficios económicos y ambientales del pastoreo rotacional intensivo de pastos mejorados?

Varios son los beneficios económicos y ambientales que se logran con el pastoreo rotacional intensivo de pastos mejorados en los sistemas de producción con ganado bovino. Entre ellos, cabe mencionar los siguientes:

- Elimina el desperdicio de pasto, que puede ser de hasta 50%;
- Incrementa rendimientos en la producción de hasta el 20% en carne y leche por hectárea por año, con la consecuente mejora económica que ello trae consigo, así como la reducción de la huella de carbono por kilo de carne o kilo de leche producido;
- Ayuda con el control interno y externo de parásitos;
- Evita la degradación de suelos y conserva su fertilidad a través de una mejor distribución del estiércol, alargando la vida útil y productiva del pasto;
- Aumenta la carga animal por unidad de área; y
- Promueve el desarrollo regenerativo de los sistemas: vegetación, suelos y agua³⁴.

El impacto positivo de esta buena práctica ganadera sobre el medio ambiente se da principalmente por:

- Libera áreas para descanso en las que puede propiciarse la regeneración natural del bosque y evita el crecimiento de la frontera ganadera;
- Mejora de la fauna y flora en el suelo, lo que, a su vez, permite una mayor captura y almacenamiento de dióxido de carbono en la materia orgánica del suelo; y
- Mayor captura de carbono derivada del proceso de fotosíntesis en la producción de una mayor biomasa por unidad de área en cada ciclo de pastoreo.

¿Cómo diseñar un sistema de pastoreo rotacional intensivo en la finca?

Para el diseño de un sistema de pastoreo rotacional intensivo, aplicando los principios del pastoreo racional, es necesario generar los siguientes datos en la finca:

- **Producción de biomasa del pasto a lo largo de la época de crecimiento.** Debe hacerse durante toda la época de crecimiento del pasto,

³⁴ Disponible en: <http://www.agromeat.com/30817/pastoreo-intensivo-tecnificado>

es decir de un año, mientras que exista humedad en el suelo que el pasto pueda extraer por medio de sus raíces. Para hacer la medición se toman muestras al azar en el potrero utilizando un metro cuadrado y pesando el forraje verde cosechado a ras del suelo. El recorrido para el muestreo puede hacerse en “zig zag” y, como ya se indicó, los muestreos deben hacerse durante toda la época anual de crecimiento del pasto, para identificar épocas de mayor y de menor crecimiento.

Si se tiene acceso a un horno microondas, una muestra de pasto verde puede colocarse en el mismo para secarla y determinar el porcentaje y el rendimiento de materia seca.

- **Valor nutritivo del pasto.** Si se tiene acceso cercano a un laboratorio bromatológico, es aconsejable llevar una muestra de pasto verde o seco, que sea representativa del muestreo realizado, y solicitar la determinación del porcentaje de materia seca, de proteína cruda y de digestibilidad *in vitro* de la materia seca.
- **Período de descanso o recuperación del pasto por época del año.** Conforme avanza la edad del rebrote, la producción de materia seca del pasto tiende a aumentar hasta alcanzar su máximo; mientras que el valor nutritivo del pasto declina hasta llegar a valores parecidos al de los “rastros”, cuando está demasiado maduro.

El tiempo (días) en que se logra alcanzar el punto de equilibrio entre mayor producción y buen valor nutricional del pasto, es decir donde ambos valores son satisfactorios (buena producción de biomasa con adecuado valor nutritivo); debe corresponder al período de descanso óptimo del pasto. Si los muestreos se hacen a varias edades del rebrote, entonces podrá determinarse cuándo se alcanza dicho punto de equilibrio.

Debido a que esto varía a lo largo del año, es deseable hacer estos muestreos en diferentes épocas.

- **Período de ocupación.** Se refiere al tiempo (días) durante el cual los animales permanecen en un potrero, dentro de un ciclo de pastoreo. Se recomienda que en dicho período, el animal no consuma dos veces el mismo rebrote de una planta previamente consumida, a efectos de no afectar la recuperación de los nuevos rebrotes que, generalmente, comienzan a notarse a los tres o cinco días después de pastoreada la planta. Entre más corto es el período de pastoreo, es mejor, pero esto implica un mayor número de potreros y, por tanto, mayor costo.
- **Tamaño del hato en pastoreo.** Es necesario conocer la cantidad de animales y su peso vivo individual para estimar el número de unidades animal (1 UA = 450 kilos de peso vivo) que deben alimentarse dentro del sistema de pastoreo.



Pastoreo rotacional intensivo de pasto Kikuyú, Finca La Aurora, San José Pinula, Guatemala
Crédito: Hugo Vargas

- **Consumo de forraje verde por animal.** Se considera que el consumo voluntario de forraje verde de un bovino oscila entre 10% y 12% de su peso vivo corporal; lo cual, expresado en materia seca, equivale de 2.5% a 3.0%.

Un ejemplo hipotético

Recalcular

- Producción promedio de forraje verde del pasto al final del período de descanso = 4.5 toneladas/hectárea
- Pasto remanente en el potrero después del pastoreo = 30% (4.5 x 0.3) = 1.35 toneladas/hectárea
- Período de descanso del pasto = 30 días
- Período de ocupación del potrero = 2 días
- Peso vivo total del hato en pastoreo = 9,000 kilos de peso corporal
- Cálculos para el diseño del sistema de pastoreo:
 - o Forraje verde disponible para libre consumo en dos días = (4.50 - 1.35) = 3.15 toneladas/hectárea
 - o Forraje verde disponible para libre consumo por día = (3.15/2) = 1.575 toneladas/hectárea
 - o Consumo diario de forraje por el hato = (9,000 x 0.1) = 900 kilos/día
 - o Capacidad de carga del pasto = (1.575/0.9) = 1.75 UA/hectárea
 - o Total de unidades animal (UA) en el hato = (9,000/450) = 20 UA
 - o Total de área de pastoreo = (20/1.75) = 11.43 hectáreas
 - o Número de potreros = (30/2 + 1) = 16 potreros
 - o Tamaño de potrero = (11.43/16) = 0.714 hectáreas (aproximando = 1.0 manzana)

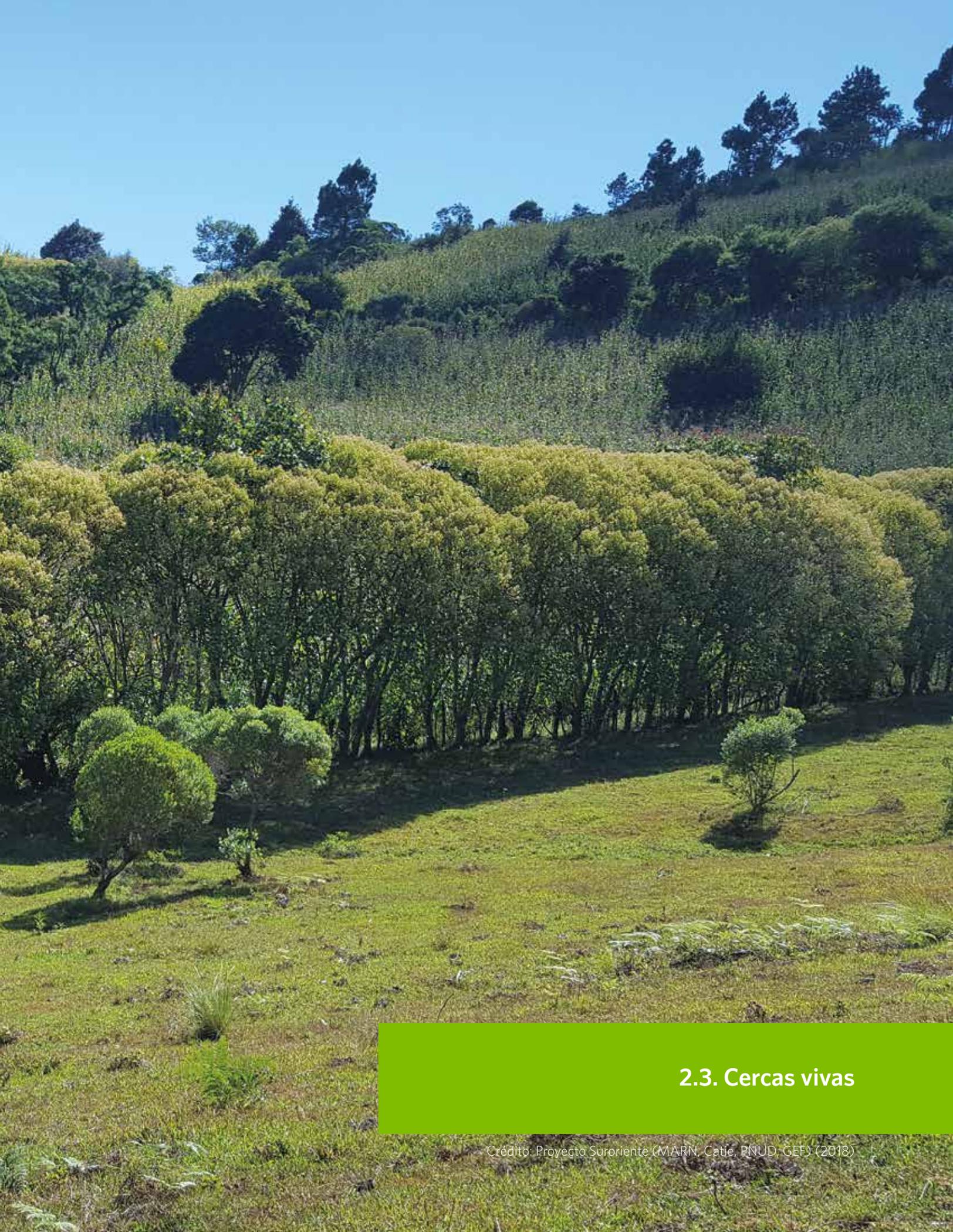
Costos de establecimiento: una referencia

De acuerdo con estimaciones propias, el establecimiento del pasto mejorado tiene un costo de aproximadamente USD 600.00 por hectárea, para una vida útil de al menos 10 años cuando es

aprovechado bajo un sistema de pastoreo rotacional adecuado; como ha sido descrito. Al agregar el valor de la división de potreros con cerca electrificada y el mantenimiento anual de todo el sistema de pastoreo, es de alrededor de USD 2,400.00 por hectárea para una vida útil de 15 años.

Para profundizar en el conocimiento de los temas tratados en esta sección, se recomienda leer las siguientes publicaciones:

- Gutiérrez Orellana, M.A. (1996). *Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización, base de la producción animal*. Guatemala: Editorial E y G.
- Pezo, Danilo A. (2018). *Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático* (Serie técnica, boletín técnico No. 91). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Pezo, Danilo A. (2018). *Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo racional* (Serie técnica, boletín técnico No. 96). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.



2.3. Cercas vivas

Crédito: Proyecto Suroriente (MARN, Catie, PNUD, GEF) (2018)

La cerca viva es una práctica que cada vez más se viene generalizando en las principales regiones ganaderas de Guatemala. Su uso se ha extendido debido al reconocimiento progresivo de los múltiples beneficios productivos, económicos y ambientales que genera en los sistemas de producción ganadera.

¿Qué es una cerca viva?

Es la siembra de árboles, arbustos y/o palmas en un arreglo lineal, con fines de soportar el alambre de púas o liso para delimitar linderos de la propiedad, la división de potreros o áreas para otros usos de la tierra en la finca. Una cerca viva puede estar formada solo por postes vivos o una combinación de postes vivos y muertos.

Tipos de cercas vivas

Según la composición de las especies y la estructura, como altura y diámetro de las copas, las cercas vivas pueden clasificarse en simples y de multiestrato.

Las cercas vivas simples son aquellas que tienen una o dos especies dominantes y son manejadas bajo poda a una altura similar. De manera general, las cercas vivas simples se podan una vez al año en zonas del trópico húmedo y cada dos años en zonas del trópico subhúmedo o seco. Podas más frecuentes y selectivas (p.e. cada seis meses) pueden realizarse cuando las especies arbóreas producen forraje consumible por el ganado.

Las cercas vivas multiestrato tienen más de dos especies leñosas de diferente altura y usos (maderables, frutales, forrajeras, medicinales, ornamentales, etc.). Contienen varias especies de uso múltiple que se podan frecuentemente (*Erythrina berteroana* -Pito-, *Bursera simaruba* -Indio desnudo o Palo jiote-, *Gliricidia sepium* -Madrecacao-, etc.) y especies de valor para madera (*Tabebuia rosea* -Roble de sabana-, y *Cordia alliodora* -Laurel-). También hay especies

(frutales, como por ejemplo, *Spondias* spp. -Jobo- y *Anacardium occidentale* -Marañón-, además de otras de interés para la conservación de la fauna silvestre.

Propósitos y beneficios

Las cercas vivas son un sistema silvopastoril que ofrece múltiples beneficios a los sistemas de producción ganadera. Son fuente de forraje para el ganado, que puede ser obtenido por podas periódicas (cada tres o seis meses) que se ofrecen en la proximidad a los linderos de la cerca; o bien, el forraje comestible (hojas y tallos finos) puede ser acarreado a los corrales de alimentación.

La producción de forraje varía con la frecuencia de poda, la especie y la distancia de siembra. Para el caso del Pito (*Erythrina*) y el Madrecacao (*Gliricidia*), la producción varía entre 3.5 y 6.0 toneladas métricas de materia seca por kilómetro lineal por año, en condiciones del trópico húmedo. Considerando un rendimiento de cinco toneladas de materia seca por kilómetro por año y un consumo de tres kilos de materia seca por vaca por día, entonces tendríamos 1,667 días/vaca de suplementación, equivalentes a la suplementación de 100 vacas por 16 días.

En cuanto a su valor nutritivo, las especies más comunes, como las indicadas arriba, presentan valores de digestibilidad *in vitro* de materia seca y proteína cruda que varían entre 54% y 64% y 27% y 30%, respectivamente

Otro beneficio de las cercas vivas para el ganado es la sombra, misma que permite reducir el estrés calórico y, de esta manera, aumentar la productividad, ya sea de leche o de la ganancia de peso en animales en engorde. Se sabe que una vaca necesita cinco metros cuadrados de sombra, lo cual significa que para 100 vacas se necesitarían 50 árboles, cada uno con un diámetro de 2.5 metros de copa.

Este número de árboles, por ejemplo, podría ser sembrado en un potrero de 100 x 50 metros (0.5 hectáreas), que hacen un total de 300 metros li-

neales de perímetro; lo cual significa que se pueden establecer árboles a una distancia de seis metros entre cada uno. Sin embargo, lo recomendable es que al final se tengan los árboles a dos metros de distancia entre sí, aunque esto puede variar según la especie.

Datos en la literatura³⁵ indican que las vacas con mayor bienestar por tener acceso a sombra pueden incrementar la producción de leche entre 15% y 20%.

Un mejor confort o bienestar del ganado le permite incrementar el consumo de pasto, así como aumen-

tar la eficiencia en el uso del agua y de energía para producción de leche y/o carne.

Las cercas vivas multiestrato también dan valor agregado a los sistemas de producción ganadera a través de la producción de madera, leña, postes, y aún de frutas; todo ello dependiendo de las especies que se seleccionen para tal fin.

En el cuadro 3 se presenta una síntesis de los beneficios que ofrecen las cercas vivas.

Cuadro 3. Beneficios de las cercas vivas

Beneficios para la finca	Beneficios ambientales
<ul style="list-style-type: none"> Tienen mayor vida útil Dividen los potreros Marcan los linderos de la finca Brindan sombra al ganado Producen madera, postes y leña Producen frutos para el consumo humano Son fuentes de forraje y frutos para alimentar el ganado Incrementan el valor de la finca Proporcionan bienestar animal a través de la sombra 	<ul style="list-style-type: none"> Sirven como cortafuegos Reducen presión sobre los bosques porque las cercas aportan leña y madera Mantienen y mejoran los suelos Fijan carbono (importante para reducir calentamiento global) Conservan la biodiversidad Incrementan la conectividad estructural en el paisaje para establecer corredores biológicos y facilitar el movimiento de la fauna silvestre Mejoran la belleza escénica del paisaje

Fuente: Adaptado de Villanueva, Ibrahim y Casasola (2008)

Selección de las especies para cercas vivas

Para decidir cuáles especies de árboles son las más indicadas para una finca, es importante considerar los siguientes criterios:

- Utilizar especies nativas o adaptadas a la zona: clima, suelo y pendiente;
- Seleccionar las especies de acuerdo con los productos de interés para la finca y/o del mercado (madera, leña, postes, forraje);
- Disponer del material a utilizar para la propagación (semilla sexual, plántulas o estacas);
- No utilizar especies tóxicas para los animales domésticos y silvestres;
- Ser preferiblemente de uso múltiple (madera, postes, leña, forraje y frutos);
- No ser afectadas por las grapas utilizadas para pegar el alambre de púas;
- Combinar especies con valor económico, ecológico y nutricional;
- Tener valor para la conservación de la biodiversidad.

³⁵ Disponible en: https://issuu.com/proleche/docs/revista_proleche_diciembre_2016/14

En zonas del trópico subhúmedo y seco, las especies más utilizadas por los productores son *Bursera simaruba* (Indio desnudo, Palo jiote), *Pachira quinata* (Cedro espino o Cedro espinoso), *Spondias* spp. (Jobo) y recientemente la *Jatropha curcas* (Piñón).

En zonas del trópico húmedo, se utilizan las especies *Erythrina berteroana* (Pito o Poro) y

Gliricidia sepium (Madrecacao). Por último, en zonas de altura, algunas especies empleadas son *Erythrina* spp. (Pito o Poro) y *Sambucus mexicanus* (Sauco).

En el cuadro 4 se muestra un listado de especies recomendadas según zona ecológica y tipo de suelos prevaeciente en las fincas.



Cuadro 4. Algunas especies con potencial para uso en cercas vivas, según zona ecológica y condiciones de suelo

Nombre común	Nombre científico	Zona de vida*	Suelos
Aguacate	<i>Persea americana</i>	bsh-T, bs-T	Suelos francos, buen drenaje, pH ácido a neutro, ricos en materia orgánica.
Caoba	<i>Swietenia macrophila</i>	bh-T, bsh-T	Amplio rango de suelos, pH ácido a ligeramente alcalino, tolera encharcamientos estacionales.
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	bsh-T	Suelos profundos, fértiles, bien drenados; pH 5-7; no tolera encharcamientos o altos niveles de aluminio.
Guachipilín	<i>Diphysa americana</i>	bsh-T, bs-T	Suelos de baja fertilidad, pH ácido a neutro, buen drenaje.
Itabo o izote	<i>Yucca elephantipes</i>	bsh-T, bs-T	Todo tipo de suelos y con buen drenaje.
Jiñocuabe o jioté	<i>Bursera simaruba</i>	bsh-T, bs-T	Todo tipo de suelos y drenaje libre, pH ácidos y alcalinos, alta tolerancia a la sal.
Jocote	<i>Spondias spp.</i>	bsh-T, bs-T	Desde arenosos a arcillas pesadas, pH 6-8, tolera drenaje pobre o encharcado.
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	bh-T, bsh-T, bs-T	Suelos fértiles, pH 4.5-6.5, bien drenado.
Madero negro o madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i>	bh-T, bsh-T, bs-T	Suelos volcánicos, pH mayor a 5, buen drenaje y no tolera suelos salinos.
Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	bsh-T, bs-T	Mayoría de suelos, pH 4.3-8.7, tolera encharcamientos estacionales.
Naranja, mandarina, limón agrio	<i>Citrus spp.</i>	bh-T, bsh-T	Profundos, bien drenados, arenosos o arenos arcillosos; pH entre 6.5-7.5.
Pochote	<i>Pachira quinata</i>	bsh-T, bs-T	Suelos fértiles, pH 5.5-7.5, buen drenaje o encharcamiento estacional.
Poró o pito	<i>Erythrina berteroana</i> y <i>E. poeppigiana</i>	bh-T, bsh-T	Amplia variedad, pH neutro a ácido, tolera encharcamientos estacionales.
	<i>Erythrina fusca</i>	bsh-T, bs-T	Tolera suelos infértiles e inundados temporalmente, pH ácido a neutro, saturaciones de aluminio hasta 80%.
Roble de sabana o matilisguate	<i>Tabebuia rosea</i>	bsh-T, bs-T	Arenosos aluviales, tolera suelos ácidos e inundaciones ocasionales.
Sauco negro	<i>Sambucus mexicanus</i>	bmh-MB	Suelos profundos y de textura media.

*bh-T: bosque húmedo tropical, bsh-T: bosque subhúmedo tropical, bs-T: bosque seco tropical, bmh-MB: bosque muy húmedo montano bajo.

Fuente: Adaptado de Cordero y Boshier (2003)³⁶

³⁶ Disponible en: <http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/>

Establecimiento de cercas vivas simples

El procedimiento para el establecimiento de cercas vivas simples contempla los siguientes pasos:

- **Cosecha y manejo de las estacas.** Deben ser rectas y sanas, con una longitud entre 2.0 a 2.5 metros y un grosor entre 5 y 10 centímetros. Antes de plantar la parte inferior del estacón, se corta tipo punta de lápiz, mientras que la parte superior se corta en forma de bisel o diagonal para que escurra el agua de lluvia; con esto se evita la pudrición de la estaca por hongos. Resulta deseable la utilización de estimulantes del crecimiento radicular. Es preferible cortar las estacas en la fase lunar de cuarto menguante para causar menos daño al árbol del cual se cortan y asegurar un mayor prendimiento de las estacas. Algunos productores también almacenan las estacas en forma vertical bajo sombra por una a tres semanas antes de la siembra para estimular la acumulación de reservas en la base y favorecer un buen enraizamiento.
- **Plantación.** En lugares con épocas secas y lluviosas bien definidas, y para algunas especies como el piñón, los productores plantan los estacones en la época seca, especialmente en los meses de febrero, marzo o abril. Por el contrario, en lugares donde llueve casi todo el año, la plantación se puede realizar en cualquier momento, evitando temporadas de exceso de humedad. Se recomienda plantar el estacón a una profundidad de 30 a 40 cm.
- **Distancia entre postes.** Cuando la cerca es nueva, se colocan postes muertos cada 10 o 15 metros y luego se plantan los estacones cada uno o dos metros. En cercas muertas ya establecidas, las estacas son plantadas a la misma distancia y el alambre de púas es amarrado al estacón con algún tipo de cuerda o pita durante los primeros tres a seis meses, mientras los estacones logren enraizarse. Luego de este período, el alambre puede ser prendido con grapas.

Establecimiento de cercas vivas multiestrato

Se aplica el mismo procedimiento que se ha descrito anteriormente para cercas vivas simples. Se recomienda comprar las especies seleccionadas en viveros comerciales, en estado de plántulas o pilones y, de preferencia, con certificado fitosanitario para estar seguros de que se encuentran libres de enfermedades y/o plagas.

En el caso que se prefiera hacer un vivero en la propia finca, entonces deben tenerse en cuenta los pasos siguientes:

- Seleccionar semillas de buena calidad.
- Preparar una cama o germinador con materia orgánica y arena fina.
- Colocar las semillas en hileras, a una distancia de cinco centímetros o regarlas al voleo y luego cubrirlas con una capa fina de tierra.
- Cuando las plántulas tienen una altura de cinco centímetros, se trasplantan a bolsas de plástico que se colocan en un vivero y se cuidan hasta que se llevan al campo.
- El trasplante o siembra definitiva en el campo se realiza cuando las plantas tienen entre 30 a 50 centímetros.
- En cercas vivas, la distancia de siembra más usada para especies maderables o frutales es entre seis y ocho metros. Eso significa que se pueden sembrar de 125 a 166 árboles por kilómetro lineal.
- Es conveniente sembrar un número mayor de árboles que los descritos en el punto anterior, esto con el propósito de compensar pérdidas que pudieran sucederse desde el momento de la siembra o trasplante hasta que el establecimiento se haya consolidado. Inicialmente, por ejemplo, pueden plantarse por kilómetro 575 árboles de *Gliricidia sepium*, 33 árboles de *Citrus sinensis* y 124 árboles de *Cordia alliodora* y/o *Cordia odorata*. La composición y abundancia de las especies puede variar según el diseño de cerca multiestrato seleccionado por el productor.
- Es necesario proteger a las plantas del daño que el ganado pueda causar debido al pisoteo

y/o silvopastoreo, durante la fase de establecimiento. Para ello, se pueden utilizar cercas circulares individuales con alambre espigado, o bien, una cerca muerta paralela con alambre de púas. Esta última opción resulta más cara.

Manejo de cercas vivas

Con el manejo de las cercas vivas, principalmente el raleo y podas, se persigue maximizar los productos que se desean obtener para la finca o el mercado, tales como forraje, madera, postes, leña y frutas.

- **La poda.** Consiste en la eliminación de las ramas de las copas de los árboles. La primera poda puede realizarse a los dos años después de la siembra del estacón. Puede ser parcial o total: parcial, cuando se eliminan algunas ramas (enfermas y/o como estacones), y total cuando se elimina toda la copa del árbol. Para esta práctica, se debe tomar en cuenta la fase de la luna, siendo el momento más oportuno

el cuarto menguante, porque se cree que hay menos daño a los árboles por los cortes y un mayor prendimiento de las estacas.

Las funciones de la poda son las siguientes: (i) reducir el exceso de sombra en las pasturas, (ii) darle forma a las copas, (iii) evitar el volcamiento de árboles por tener copas muy grandes, (iv) darle forma al tronco de las especies maderables, (iv) cosechar estacones, y (v) producir forraje para los animales.

- **El raleo.** Consiste en aprovechar y/o eliminar árboles cuando sus copas se juntan. Esta práctica es poco común en cercas vivas, ya que generalmente las especies maderables y/o frutales son sembradas a una distancia entre seis y ocho metros.

Las funciones del raleo son las siguientes: (i) reducir la competencia por luz, agua y nutrientes del suelo; (ii) ayudar al rápido crecimiento de los árboles; (iii) lograr un mayor rendimiento y calidad de la madera; y (iv) lograr un mayor rendimiento y calidad de los frutos.



Estacones para el establecimiento de cerca viva
Crédito: Consulta en el Internet (2018)

Costo del establecimiento de cercas vivas: una referencia

El establecimiento de una cerca viva representa un costo menor (16%) al de una cerca muerta. En el caso anterior, los postes muertos son adquiridos en la finca; cuando son comprados, el costo de la cerca muerta puede ser tres o cuatro veces mayor. Además, la vida útil de una cerca viva es mayor que la de una cerca muerta, lo cual resulta en un ahorro de dinero a futuro.

Esta razón explica por qué durante los últimos años los productores están utilizando menos las cercas muertas; además, en algunas regiones de alto consumo de leña, los postes muertos corren

el riesgo de ser aprovechados por las comunidades vecinas.

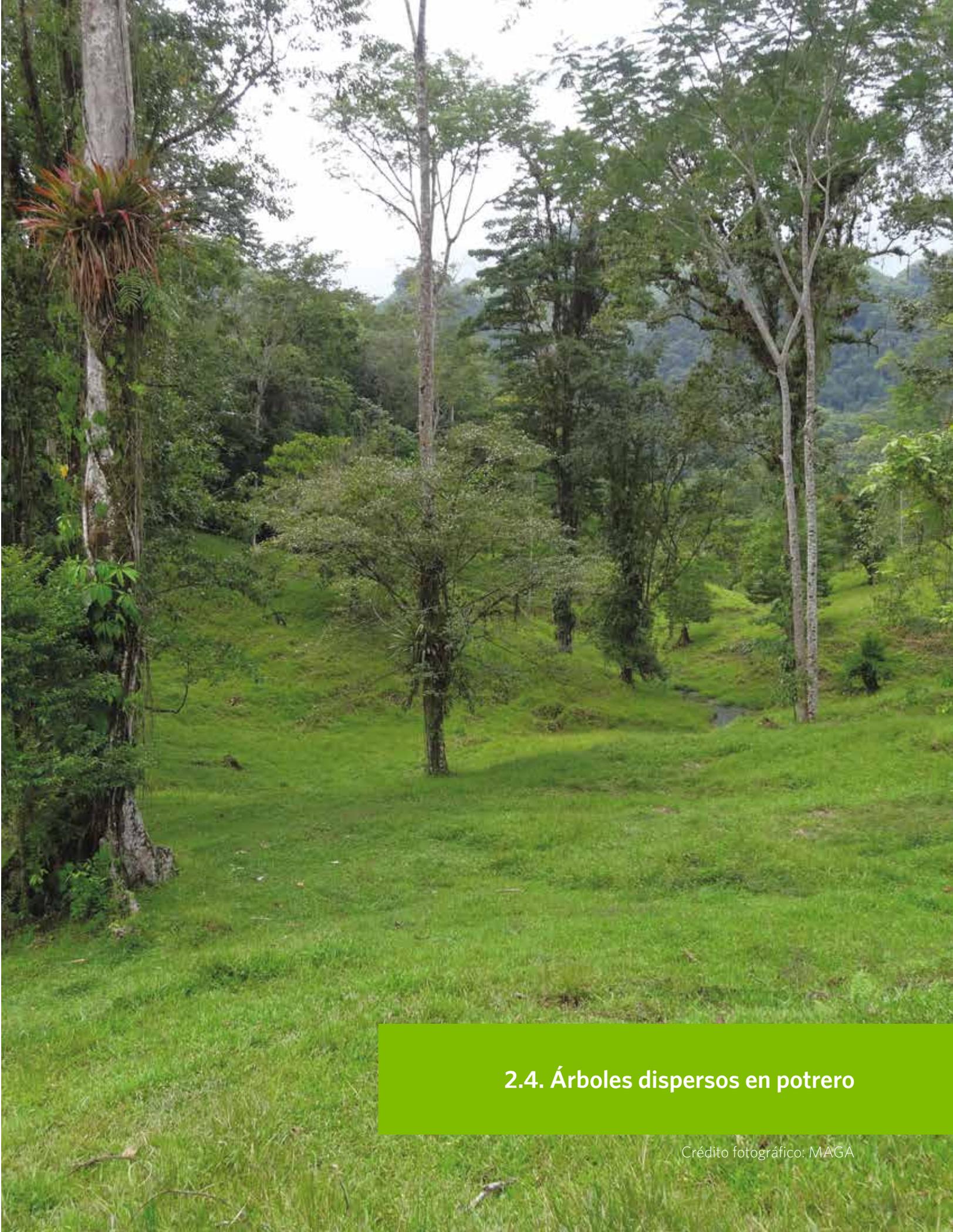
El costo de establecimiento de una cerca viva varía dependiendo de si la misma se construye a partir de una cerca muerta ya existente, o bien, se hace totalmente nueva. Obviamente, la primera opción resulta más barata. También los costos pueden variar entre localidades y la facilidad de acceso a plántulas. Estimaciones propias permiten indicar que el costo de una cerca viva, construida a partir de una cerca muerta, es de alrededor de USD 1,350.00/kilómetro lineal.



Bovinos consumiendo forraje proveniente de cerca viva
Crédito: Consulta en el Internet (2018)

Para ampliar el conocimiento de los temas tratados en esa sección, se recomienda leer las publicaciones siguientes:

- Tobar, D. et al. (2017). *Prácticas de manejo para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Honduras*. Publicación en prensa. Costa Rica: Catie.
- Villanueva, C., Ibrahim, M. & Casasola, F. (2008). *Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos* (serie técnica, informe técnico No. 372). Costa Rica: Catie.
- Villanueva, C., Casasola, F. & Detlefsen, G. (2018). *Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica* (serie técnica, boletín técnico No.87). Costa Rica: Catie.



2.4. Árboles dispersos en potrero

Crédito fotográfico: MAGA

Hasta hace unos años, sólo se observaba la presencia de árboles en los potreros de fincas de ganaderos visionarios, aunque los árboles no se dejaban en suficiente número por hectárea. Actualmente, la tendencia a dejar árboles en los potreros viene creciendo y esto se debe principalmente a dos razones: (i) el reconocimiento de la importancia de los árboles en los potreros por parte de más productores ganaderos, ya sea que estos se encuentren en forma dispersa, o bien en pequeñas áreas de bosque; y (ii) el surgimiento de pastos (gramíneas de pastoreo) que son tolerantes a la sombra.

Hoy en día, cada vez más los ganaderos reconocen los múltiples beneficios de esta práctica sobre la productividad animal y la generación de valor agregado en los sistemas de producción ganadera, especialmente a través de la producción de madera.

El paradigma³⁷ de que el árbol “mata” a los pastos ha venido cambiando en la medida que se comprende que la sombra excesiva puede evitarse utilizando árboles con copas que permiten la entrada de luz y dejando distancias razonables entre un árbol y otro.

¿Qué entendemos por árboles dispersos en potreros?

Los árboles dispersos en potreros son una modalidad de sistema silvopastoril producto de la protección de la regeneración natural, o bien de la plantación en forma dispersa (sin arreglo espacial alguno) de especies de árboles que son de interés para los productores, debido a los beneficios que ofrecen a la finca (protección del suelo), al ganado (bienestar o confort) y a la familia en general (ingresos o ahorros).

Es un sistema tradicionalmente utilizado por los productores, quienes básicamente cuidan y dejan crecer árboles y/o arbustos que nacen a partir de la regeneración natural en los potreros. Raramente el productor ganadero siembra árboles en los potreros; sin embargo, como se ha indicado antes, también es una forma de hacerlo, aunque resulte un poco más cara que la regeneración natural.

Propósitos y beneficios

Los animales necesitan adaptarse a las condiciones climáticas extremas, especialmente a las altas temperaturas y humedad. Una opción para este fin, son los árboles, ya que mediante su sombra, ofrecen bienestar.

Los árboles dispersos en potreros tienen el propósito de generar beneficios para la finca, como la protección del suelo de la erosión y la mejora de su fertilidad (hojarasca); y la creación de microclimas que ofrezcan bienestar a los animales, y así puedan consumir más pasto y elevar la productividad (leche o ganancia de peso vivo). Por aparte, otro beneficio, es que los pastos que crecen bajo sombra tienen un mayor valor nutricional comparados con aquellos que crecen a cielo abierto, a pleno sol.

Por último, pero muy importante, los árboles dispersos permiten diversificar los ingresos o ahorros en la finca, por productos maderables vendidos o consumidos en finca, tales como leña, postes y madera. Existen otros beneficios como los siguientes: (i) los árboles dispersos, principalmente en época seca, son fuente de alimento (forraje y frutos) para el ganado; y (ii) contribuyen a la remoción de carbono (entre 22-55 t CO₂e/ha), lo cual va a depender de la especie y de la densidad de árboles por hectárea.

³⁷ Paradigma es la forma de pensar acerca de algo, y dicho concepto o pensamiento, es compartido por la población.

Pasos para implementar árboles dispersos en la finca

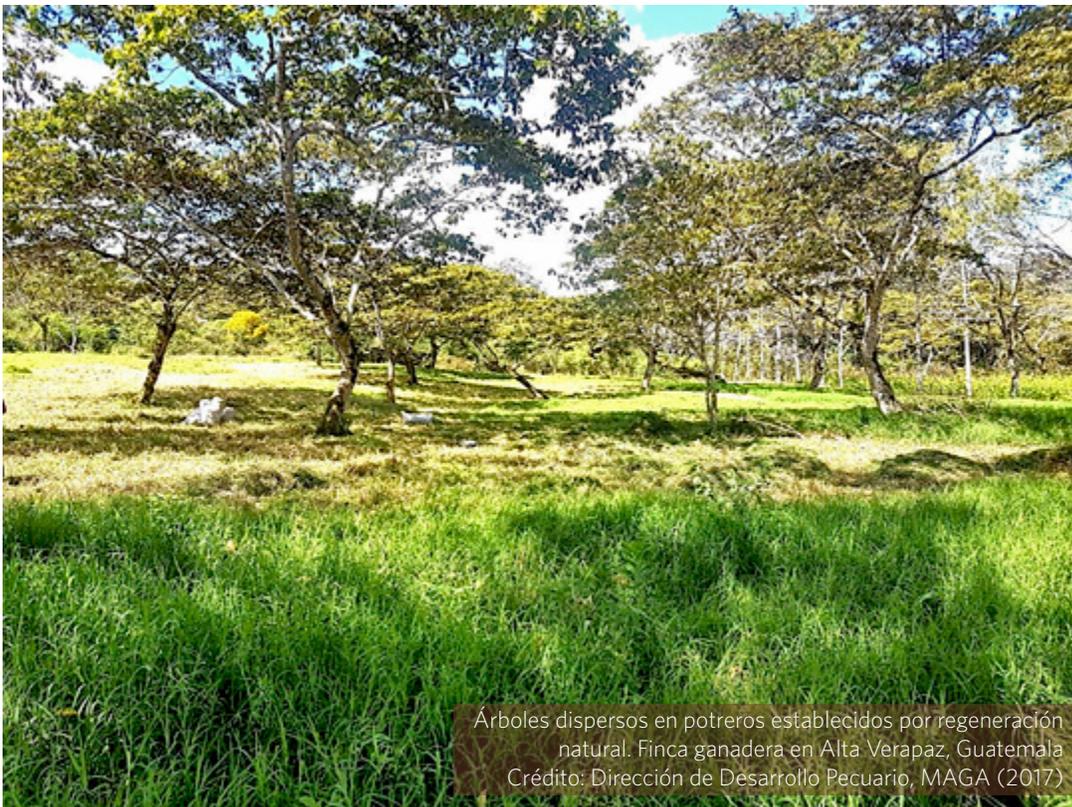
Para el establecimiento de árboles dispersos en los potreros de las fincas, deben tenerse en cuenta los siguientes pasos:

Seleccionar la especie de interés para el productor. La especie arbórea varía en función del interés que el productor tenga al momento de decidir implementar árboles dispersos en los potreros, ya sea permitiendo la regeneración natural o bien el trasplante de especies seleccionadas para los potreros.

Por ello, el productor ganadero debe tener muy claro si el objetivo es contar con sombra para el ganado, la producción de leña y/o madera, o la producción de frutos para consumo humano o del ganado, o una combinación de ellos. Dependiendo del(os) objetivo(s), así será la especie o especies de árboles a plantar y/o cuidar en los potreros.

A continuación, se listan algunos criterios para la selección de la especie:

- Adaptación de la especie al clima del sitio donde se localiza la finca;
- Adaptación de la especie a los suelos de la finca;
- La función productiva deseada (generalmente se seleccionan árboles maderables que brinden cierto grado de sombra a los animales);
- Resistencia de la especie a la sequía;
- Resistencia de la especie a plagas y enfermedades;
- Alto valor comercial del producto y posibilidades de venta; y
- Posibilidad de la especie de ofrecer usos y beneficios múltiples.



Árboles dispersos en potreros establecidos por regeneración natural. Finca ganadera en Alta Verapaz, Guatemala
Crédito: Dirección de Desarrollo Pecuario, MAGA (2017)

Seleccionar la cantidad adecuada de árboles a sembrar.

La cantidad de árboles que se debe mantener en un potrero depende de la función que cumplen los mismos; asimismo, del grado de sombra que puede tolerar el pasto que se ha sembrado y crece en el potrero.

En el caso de árboles para sombra, si se desea que en el potrero se produzca entre 20% y 30% de sombra, deben existir entre 25 a 40 árboles adultos por hectárea de especies maderables que tengan una copa poco densa; tales como el Laurel, el Cedro, el Roble de sabana o Matiliguat y el Palo blanco. Podrá escogerse cualquier especie maderable propia de la región que esté bien adaptada y que cumpla con esos requisitos. Aunque no produzcan madera, algunas especies de palma también pueden ser plantadas.

Plantar árboles en potreros. Se deben utilizar semillas de calidad, principalmente de especies que crecen en condiciones de clima y suelo similares al sitio de la finca dónde se plantarán los nuevos

árboles. Existen al menos tres opciones para la obtención de pilones o plántulas: (i) la compra en un vivero comercial, (ii) hacer un vivero en la finca, y (iii) seleccionar plantas jóvenes provenientes de la regeneración natural y trasplantarlos en la finca al sitio deseado en el potrero.

Una vez se disponga de las plántulas, proceder de la manera siguiente: (i) trasladar las plántulas al potrero para hacer el trasplante al comienzo de las lluvias, (ii) en el potrero marcar los sitios en los que se desea colocar cada árbol, (iii) hacer hoyos con la profundidad y ancho suficiente para que se facilite el crecimiento de la raíces, (iv) hacer una ronda en forma circular a cada árbol con un radio de 0.5 metros, y (v) proteger cada arbolito utilizando alambre de púas o una malla a su alrededor.

Cuidado y manejo de los árboles en potreros.

Durante la primera fase de crecimiento de los arbolitos se debe evitar la competencia con otras plantas, haciendo un estricto control de malezas alrededor de los mismos. Posteriormente, cuando



Sistema silvopastoral con árboles maderables (Palo Blanco). Finca Santa Teresita Nancinta, Chiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala
Crédito: Luis Alfonso Leal Monteroso (2018)

los árboles han logrado un mayor desarrollo, puede ser necesario hacer raleos de árboles enfermos o que estén muy juntos.

Igualmente, debe recurrirse a la poda para la eliminación de ramas enfermas, o bien para dar forma a la copa, a efecto de obtener el porcentaje de sombra deseado en el potrero.

Costo de establecimiento de árboles dispersos: una referencia

Estimaciones propias muestran que para el establecimiento y manejo de 40 árboles por hectárea, es necesario hacer una inversión de alrededor de USD 160.00.



Para ampliar los conocimientos de los temas tratados en esta sección, se recomienda leer las siguientes publicaciones:

- Tobar, D. et. al. (2017). *Prácticas de manejo para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Honduras*. Costa Rica: Catie. Manuscrito no publicado.
- Usaid, MIDA. (sf). *15 prácticas para la ganadería sostenible. Gusano barrenador del Ganado*. Panamá: Usaid, MIDA.
- Villanueva, C., Casasola, F. & Detlefsen, G. (2018). *Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica* (serie técnica, boletín técnico No. 87). Costa Rica: Catie.



2.5. Bancos forrajeros proteicos

Crédito fotográfico: CIAT (Consulta en el Internet, 2018)

¿Qué es un banco forrajero proteico?

Son áreas sembradas con alta densidad de plantas leñosas, generalmente leguminosas, que suplementan proteína al consumo de pastos y/o forrajes durante todo el año, pero especialmente en épocas de escasez. Es deseable que el follaje comestible de la especie leñosa sembrada, ya sea leguminosa o no, tenga por arriba del 15% y 60% de proteína y digestibilidad de la materia seca, respectivamente.

Propósitos, beneficios y limitaciones

El propósito del establecimiento de un banco de proteína es disponer de follaje de alta calidad para la alimentación y suplementación animal en épocas en las que se reduce la disponibilidad y valor nutricional de los pastos.

Los bancos proteicos reducen significativamente la necesidad de comprar suplementos alimenticios, tales como los concentrados, o bien subproductos derivados de la agroindustria como el palmiste, o derivados de la producción avícola como la gallinaza o pollinaza. Asimismo, por su sistema radicular, mejoran las características físicas del suelo. Por su producción de biomasa ayudan a liberar áreas para otros usos de la tierra en la finca y también contribuyen con la biodiversidad. En el caso de las leguminosas, estas fijan nitrógeno, mejorando la fertilidad.

Las principales limitantes se relacionan con la necesidad de disponer de capital para el establecimiento del banco proteico y el aumento en la demanda de mano de obra, especialmente cuando el banco se maneja bajo el sistema de corte y acarreo.

Selección de especies

Las especies seleccionadas para establecer un banco forrajero proteico deben reunir, al menos, las características o cualidades siguientes: (i) resistir podas frecuentes; (ii) tener buena capacidad de rebrote; (iii) presentar un rápido crecimiento; (iv) tener una buena producción de hojas, es decir, tener una relación hoja/tallo favorable; (v) tener una buena aceptabilidad, palatabilidad y alta calidad nutritiva; y (vi) en época seca, deben conservar buena cantidad de hojas.

A manera de ejemplo, a continuación se mencionan algunas especies que se encuentran adaptadas a las principales regiones ganaderas del país:

- Leucaena (*Leucaena leucocephala*) para sitios secos y semihúmedos, con suelos bien drenados y de mediana a alta fertilidad;
- Pito o Poro (*Erythrina* spp.) y Morera (*Morus* spp.) para lugares semihúmedos y húmedos y con suelos bien drenados y de mediana a alta fertilidad;
- Madrecacao (*Gliricidia sepium*) para condiciones secas, semihúmedas y húmedas, y suelos de baja a mediana fertilidad;
- Caulote (*Guazuma ulmifolia*) para zonas secas con suelos de baja fertilidad; y
- Cratylia (*Cratylia argentea*) para suelos bien drenados y de baja a mediana fertilidad.

Aquí es oportuno mencionar que, experiencias de investigación en el país, mostraron que el forraje del Madrecacao proveniente de zonas secas tiene una menor aceptabilidad por parte del ganado, comparado con el de zonas húmedas o semihúmedas; esto debido a concentración de taninos.

Según los arreglos espaciales y su manejo durante el aprovechamiento, el banco forrajero proteico puede ser consumido directamente por el animal en el potrero (silvopastoreo o ramoneo), o bien, pueden ser cortado y acarreado a los corrales de alimentación en la finca.

2.5.1. Banco forrajero proteico manejado bajo corte

Como se ha indicado antes, un banco forrajero proteico manejado bajo corte, es un área sembrada con alta densidad de plantas leñosas, preferentemente leguminosas, de alto rendimiento de forraje, con buena palatabilidad y de alta calidad nutritiva. Se recomienda para suplementar hatos relativamente pequeños y en lugares o zonas ganaderas donde la mano de obra no es una limitante, o la plantación puede ser manejada con mano de obra familiar.

¿Dónde establecer el banco?

Se recomienda ubicar el banco proteico en un sitio cercano al lugar donde se ofrecerá el forraje a los animales, esto con el fin de facilitar la operación de corte, acarreo y picado, y de esta manera utilizar menor tiempo de mano de obra en esta operación.

Selección de la semilla para la siembra

Ya sea que la siembra se haga utilizando material vegetativo (estacas o tallos) o sexual (semilla proveniente del fruto del árbol) hay que asegurarse de que esté sano para evitar enfermedades en la fase de establecimiento. En el caso de tallos o estacas, estas deben tener alrededor de tres meses

de maduración y un largo en el cual haya al menos tres nudos o puntos de rebrote.

Preparación del terreno

Antes de proceder a sembrar, hay que limpiar el terreno de cualquier vegetación. Para ello, se recomienda hacer un sobrepastoreo, utilizar labranza mínima (chapeo y ahoyado para la siembra) y, si la pendiente del terreno lo permite, así como la profundidad del suelo y la ausencia de piedras, utilizar maquinaria haciendo un paso de arado, uno de rastra y luego surquear dejando 0.75 a 1.00 metros de distancia entre surcos.

Siembra

Cuando se utiliza material vegetativo, se deben introducir las estacas en el surco de manera inclinada a una distancia sobre el surco de 0.25 a 0.50 centímetros entre ellas. Si se utiliza semilla sexual, esta se coloca a "chorro" o "chorrillo" ralo en el fondo del surco y luego se tapa con una ligera capa de tierra.

Otra manera es sembrar a chuzo, colocando en cada postura tres a cuatro semillas y dejando una distancia entre posturas similar a la propuesta para la siembra con estacas inclinadas (0.25 a 0.50 centímetros entre posturas). La época apropiada para realizar la siembra es cuando las lluvias han iniciado y están establecidas en la región.



Banco de Leucaena manejado bajo corte
Crédito: Dirección de Desarrollo Pecuario, MAGA (2018)

Manejo durante la fase de establecimiento

Para acelerar el crecimiento de las plántulas, es deseable hacer una fertilización cuando el sistema radicular ya esté desarrollado, lo cual puede ocurrir entre los 45 a 60 días posteriores a la siembra. El tipo y cantidad de fertilizante a aplicar debe hacerse con base en un análisis de suelos y según los requerimientos de la especie sembrada (si son conocidos). En el caso de leguminosas, aplicar una fórmula completa con alta concentración de fósforo (ejemplo: 10-30-10).

Durante toda la fase de establecimiento debe evitarse la competencia de las malezas, para lo cual deberán aplicarse prácticas adecuadas de control, es decir, control manual dirigido y, en el caso de utilizar herbicida (graminicida), este no debe dañar a la especie leñosa (de hoja ancha) que se pretende establecer y la dosis a aplicar debe responder a las recomendaciones ofrecidas por la casa comercial en la etiqueta del producto.

Inicio del aprovechamiento

Es conveniente iniciar los cortes de forraje después de transcurrido el primer año de establecimiento.

En ese tiempo la plantación habrá desarrollado un sistema radicular profundo, amplio y fuerte, y el tallo principal habrá alcanzado un grosor aceptable para resistir las podas. Los cortes pueden hacerse durante la época lluviosa a intervalos que estén entre 45 60 días. De esta manera, se obtendrá una mayor biomasa de forraje comestible (hojas y tallos finos) que puede ser ofrecido en verde como suplemento a los animales, o bien ser conservado, por ejemplo, a través del ensilado en mezcla con alguna gramínea de corte (napier), o con maíz o sorgo forrajero sembrados con tal fin.

En el caso del ensilaje, la leguminosa no debe de exceder un tercio del forraje total. Por otra parte, se puede hacer un corte estratégico previo a la finalización de lluvias a efecto de disponer de forraje comestible para la época seca.

Costo de establecimiento

Estimaciones propias indican que el establecimiento y aprovechamiento anual de un banco proteico manejado bajo corte tiene un costo de referencia de alrededor de USD 1,200.00 por hectárea.



2.5.2. Banco forrajero proteico manejado bajo ramoneo

Al igual que en los bancos proteicos manejados bajo corte, en los manejados bajo ramoneo se deben utilizar especies adaptadas a las condiciones de suelo, pendiente y clima que prevalecen en la finca ganadera.

Asimismo, los métodos o formas de siembra y de establecimiento son los mismos, diferenciándose únicamente en el arreglo espacial que, para este caso, es más amplio. En tal sentido, generalmente la distancia entre surcos es de 1.50 a 2.00 metros y entre plantas es de 40 y 50 centímetros. Este distanciamiento entre plantas se logra después de hacer "raleos" o eliminación de plantas débiles o con poco desarrollo durante la fase de establecimiento. Lo anterior significa o implica que obviamente la siembra inicial sobre el surco se hace una distancia menor, tal como fue indicado para los bancos manejados bajo corte.

La orientación de los surcos debe ser de oriente a occidente, con el propósito de permitir una mayor entrada de luz y disminuir el efecto de la sombra de la leguminosa leñosa sobre la gramínea de pastoreo. Si la pendiente del terreno exige hacer los surcos con otra orientación, por ejemplo, en forma perpendicular para evitar erosión, entonces deberá hacerse de esa manera.

Para establecer este tipo de banco, primero se siembra la especie arbustiva o leñosa forrajera que será "ramoneada" y, una vez haya logrado cierto desarrollo (lo que ocurre generalmente dos a tres meses después de su siembra, en época lluviosa), entonces se siembra la gramínea, la cual debe tener cierto grado de tolerancia a la sombra. Otra manera, es hacer la siembra de la leñosa ar-

bustiva en áreas con pasturas degradadas, lo cual permite una menor competencia de la gramínea (pasto que ya se encuentra establecido).

En sitios donde es posible la mecanización agrícola, la siembra de la arbustiva forrajera puede hacerse simultáneamente con la gramínea (pasto). Para ello, es necesario recurrir a la aplicación de herbicidas pre-emergentes sobre el surco o came-lón en el cual se ha sembrado dicha planta.

Luego se realiza la siembra de la gramínea entre los surcos utilizando semilla sexual en la cantidad (kg/ha) recomendada para la especie que se haya seleccionado. Para evitar la competencia de la gramínea con la arbustiva forrajera hay que aplicar herbicidas selectivos (graminocida) que "maten" sólo a las gramíneas que pudieran estar invadiendo los surcos de la arbustiva forrajera.

Para el caso del sistema silvopastoril (gramínea + Leucaena), se ha encontrado que la productividad de leche y carne por hectárea por año, aumenta significativamente como resultado de un mayor consumo de nutrientes y una mayor oferta forrajera, dado que con esta leguminosa el consumo de materia seca (MS) puede ser 30% superior que el observado en sistemas convencionales (sólo potrero)³⁸.

El costo de establecimiento puede variar entre zonas ganaderas, especialmente por diferencias entre el valor o pago de mano de obra y también por las prácticas que sean necesarias para preparar el terreno para la siembra, entre otras cosas. Sin embargo, de acuerdo a estimaciones propias, el establecimiento de un banco para silvopastoreo, incluyendo los costos relacionados con la siembra y establecimiento de la gramínea de pastoreo entre los surcos de la leguminosa leñosa, es de alrededor de USD 1,700.00 por hectárea.

38 Rivera, Molina, Chará, Murgueitio y Barahona (2017). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000300001



Esta sección se ha desarrollado con base en la revisión de contenidos presentados en las publicaciones siguientes:

- Tobar, D. et al. (2017). *Prácticas de manejo para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Honduras*. Costa Rica: Catie. Manuscrito no publicado.
- Uribe, F. et al. (2011). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. Bogotá, Colombia: GEF, Banco Mundial, Fedegan, CIPAV, Fondo Acción, TNC.



2.6. Bancos forrajeros energéticos

Crédito fotográfico: Proyecto Suroriente. MARN, Catie, PNUD, GEF (2018)

¿Qué es un banco energético?

Los bancos energéticos o bancos de energía son pequeñas áreas de la finca cultivadas con especies forrajeras perennes (Napier, caña japonesa, caña de azúcar) o de ciclo corto (maíz forrajero, sorgo forrajero) que, a través de la producción de biomasa, aportan una alta cantidad de almidones y/o azúcares que son fuente de energía para la suplementación animal en las épocas de escasez de pasto a lo largo del año, especialmente en la época seca.

Por ello, los bancos energéticos se consideran complementarios a los bancos proteicos, pues tanto la proteína como la energía son nutrientes necesarios en la dieta de los animales para alcanzar alta productividad.

Propósito y beneficios económicos y ambientales

Como ya fue mencionado, el propósito del banco energético es proporcionar alimento para suplementar a los animales durante las épocas críticas de disponibilidad de pasto. Con relación a los beneficios, el principal es reducir la dependencia de alimentos comprados fuera de la finca y, por tanto, reducir los costos de alimentación.

Otro beneficio es evitar la caída de la producción, y productividad de leche y/o carne cuando baja la producción de las pasturas debido, entre otros factores, a la falta de humedad, días cortos y de baja temperatura. En cuanto a los beneficios ambientales, los bancos energéticos son sumideros de carbono, protegen al suelo y evitan la erosión.



Cultivo de Napier Costa Rica para forraje de corte en Escuintla, Guatemala
Crédito: Dirección de Desarrollo Pecuario, MAGA (2018)



Cultivo de caña de azúcar para forraje en Escuintla, Guatemala
Crédito: Dirección de Desarrollo Pecuario, MAGA (2018)

Establecimiento de un banco energético

Los principales pasos a tener en cuenta para establecer un banco energético, son los siguientes:

Selección de la especie. La especie a escoger debe estar adaptada a las condiciones de pendiente, suelo y clima existentes en la finca; por ello, hay que darle preferencia a las especies presentes en la zona y que se sabe que son bien consumidas por los animales.

Hay diversas especies para establecer un banco energético. No obstante, por ser perennes, tener un rango amplio de adaptación y una alta producción de biomasa por unidad de área por año, son recomendables las siguientes especies: caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), caña japonesa (*Saccharum sinense*), Napier Costa Rica o King Grass (*Pennisetum purpureum*) y otros materiales híbridos o mutantes de este género, tales como Napier morado, Maralfalfa, OM-22 y CT-169. Los dos últimos de reciente introducción al país, y que presentan muy buenos rendimientos y valores nutricionales.

La caña de azúcar tiene la ventaja de lograr la mayor producción de biomasa y una alta concentración de azúcares al inicio de la época seca; por lo tanto, es ideal para suplementar durante la época seca, sin necesidad de riego. Es recomendable escoger una variedad de caña de azúcar que tenga entrenudos largos, un período largo de maduración y es muy deseable que no produzca inflorescencia.

En el caso de los pastos de corte del género *Pennisetum*, la producción de forraje durante la época lluviosa puede conservarse mediante ensilaje (realizado en la canícula) y la producción al final de las lluvias puede conservarse en pie para ser cortada y ofrecida a los animales en el inicio del período seco.

Escogencia del sitio para la siembra. Se recomienda escoger un sitio bastante cercano a los corrales de alimentación, a efecto de que la operación de corte y acarreo tome el menor tiempo posible y, de esa manera, se ahorre mano de obra.

Preparación del terreno. Si el sitio seleccionado para la siembra es un potrero, entonces se recomienda hacer un sobrepastoreo como una práctica para remover toda la cobertura vegetal posible, sin incurrir en costo. En todo caso, es aconsejable la labranza mínima y, cuando se pueda, utilizar maquinaria.

Después de haber limpiado el terreno, hacer un paso de arado y luego, al emerger la maleza remanente, realizar un paso de rastra. La época apropiada para preparar el terreno es cuando existe humedad en el suelo, sin que esta llegue a ser excesiva, lo cual ocurre generalmente cuando se empiezan a establecer las lluvias en una región.

La siembra. Con el terreno limpio, arado y rastreado, se procede a surquear dejando una distancia de 1.00 a 1.50 metros entre surcos para el caso de la caña de azúcar, y de 0.75 a 1.00 metros para el caso de los *Pennisetum* (napier). En ambos casos, la siembra se hace utilizando tallos o estacas con tres a cuatro nudos (yemas), que son colocados en el fondo del surco haciendo un traslape de las puntas, o bien, en forma de cadena doble. Esta última forma requiere de mucha más semilla.

Los *Pennisetum*, o pastos tipo Napier, también se pueden sembrar introduciendo en el suelo en forma inclinada estacas o tallos maduros (de 90 a 120 días) a distancia de 0.25 a 0.50 centímetros entre ellas, y dejando una yema fuera expuesta al sol.

Fase de establecimiento. Durante esta fase es recomendable mantener el terreno libre de malezas y también hacer fertilizaciones utilizando el tipo y dosis de la fórmula recomendada por el análisis de suelos, mismo que debe ser realizado en el terreno previo a la siembra.

Para el caso de la caña de azúcar, generalmente se recomienda hacer una fertilización con fórmula completa a los dos y seis meses posteriores a la siembra. En la primera (a los dos meses), el elemento predominante en la fórmula debe ser el fósforo; mientras que en la segunda (a los seis meses), debe ser el nitrógeno.

En algunas regiones, el riego puede ser necesario y, en estos casos, se recomienda el micro riego, aunque resulta caro.



Suplementación de bovinos con forraje verde picado, Escuintla, Guatemala
Crédito: Dirección de Desarrollo Pecuario, MAGA (2018)

Costo de establecimiento

El costo de establecer un banco energético puede variar entre regiones ganaderas, por razones obvias. Por ello, a manera de referencia, estimaciones propias indican que el costo de establecimiento y el manejo de aprovechamiento

(corte) durante el primer año pueden alcanzar USD 1,300.00 por hectárea. La vida útil de un pasto de corte bien manejado puede ser de 10 años, de tal manera que el costo de la inversión anual se reduce significativamente.

Esta sección se ha desarrollado con base en la revisión de contenidos presentados en las siguientes publicaciones, mismas que se recomienda leer para ampliar y profundizar los temas tratados.

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (s.f.). *Bancos forrajeros*. Costa Rica. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_b_forrajeros_08.pdf
- Tobar, D. et al. (2017). *Prácticas de manejo para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Honduras*. Costa Rica: Catie. Manuscrito no publicado.



2.7. El ensilaje

Crédito fotográfico: Luis Alfonso Leal Monterroso (2018)

¿Cuál es el problema que se pretende resolver?

Todas las zonas ganaderas del país presentan una época seca, de duración variable, en la cual la disponibilidad de pastos para la alimentación del ganado es escasa, y esta situación repercute en mermas importantes de la producción y productividad bovina, ya sea de leche o carne.

Durante esta época las vacas pierden peso, reducen la producción diaria de leche, la duración de la lactancia se acorta y también el comportamiento reproductivo se ve afectado, presentándose menores tasas de preñez. Todo ello incide en pérdidas económicas de gran magnitud y, por tanto, en una baja rentabilidad de la actividad ganadera.

¿Qué es el ensilaje?³⁹

El ensilaje es una opción, entre otras existentes (henificación, utilización de residuos de cosecha, suplementación con follaje de leguminosas), para resolver el problema de escasez de alimento para el ganado en época crítica. Es un método de conservación del forraje verde producido en la época de abundancia (época lluviosa) para ser consumido por el ganado en la época seca.

El forraje verde es conservado mediante un proceso de fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno) que, cuando está bien implementado, permite mantener y conservar la calidad nutritiva del pasto verde durante mucho tiempo. La clave para tener éxito en este proceso es evitar el contacto del forraje ensilado con el aire, lo cual se logra mediante un adecuado picado del forraje, una buena compactación y el almacenamiento en un ambiente totalmente hermético. Esto último puede lograrse acondicionando o construyendo alguna estructura completamente sellada y/o mediante el cubrimiento con plástico.

³⁹ En este manual se utilizan las palabras "silo" para referirse a la infraestructura, "ensilaje" al proceso de fermentación, y "ensilado" al producto final de dicho proceso y que es ofrecido al animal como alimento.



Condición corporal de un bovino durante época seca crítica
Crédito: Consulta en el Internet (2018)

No se necesita de infraestructuras caras para hacer un ensilaje, ni tampoco de picadoras, pues el forraje bien "hateado" puede ensilarse entero, aunque las pérdidas pueden ser mayores comparadas con las del mismo forraje picado. Claro, hacerlo de la anterior manera únicamente se justifica cuando los volúmenes a ensilar son pequeños, como puede suceder con pequeños productores ubicados en regiones con época seca de corta duración.

Beneficios económicos y ambientales

Varios son los beneficios económicos para la familia, la finca y el medio ambiente que se derivan de la práctica del ensilaje. Entre ellos tenemos los siguientes:

- Mantiene a los animales en buena condición corporal y evita pérdidas económicas por bajas en la producción de leche, pérdidas de peso y fallas en la reproducción.
- La relación beneficio/costo es positiva, es decir, el productor obtiene ganancias.
- Ayuda a aumentar la carga animal promedio en la finca (más animales por unidad de área), liberando áreas para la regeneración natural, con los consecuentes beneficios sobre el medio ambiente y la biodiversidad.
- Evita el sobrepastoreo y la degradación de pasturas en el período de escasez (poca humedad, días cortos y bajas temperaturas), permitiendo tiempos adecuados de ocupación y descanso de la pastura.

Limitantes

En algunas regiones ganaderas se pueden presentar algunas limitantes para la elaboración de ensilajes, especialmente cuando se trata de ganaderos de escasos recursos. Entre ellas tenemos las siguientes:

- Requiere de mano de obra de uso intensivo para el corte, acarreo, picado, compactado y otras labores en una época determinada y concentrada.
- Requiere de un mínimo de inversión en equipos, tales como una picadora de forraje y medios de transporte (carretas de tracción animal). Cuando el volumen de forraje a ensilar es grande, entonces puede requerirse de la renta de maquinaria para esas labores.
- Si el proceso no se hace adecuadamente pueden ocurrir pérdidas parciales o totales del forraje ensilado.
- Los ensilados a base de gramíneas (Napier, por ejemplo) son pobres en proteína y, en esos casos, es necesario aplicar algunos aditivos (urea) o follaje de leguminosas para suplir esa deficiencia.
- En algunas zonas puede no haber disponibilidad de aditivos o su costo es muy elevado.

Fases del proceso de ensilaje

Desde que el forraje fresco es cosechado, hasta que el ensilado es ofrecido al animal, ocurren cuatro fases secuenciales de diferente duración en las cuales se dan diferentes procesos químicos para que el forraje sea adecuadamente conservado, es decir, mantenga su valor nutritivo y las pérdidas sean mínimas. Conocer estas fases es fundamental para que, en la práctica, se tengan todos los cuidados que conlleven a obtener un ensilado con una calidad nutritiva adecuada y que sea palatable para el ganado.

Fase 1. Inicial aeróbica. Inicia al momento de cortar el forraje, continúa cuando se está llenando el silo e incluso puede seguir por un tiempo después de cerrar el mismo. En esta fase, la planta continúa respirando siempre que haya oxígeno (aire entre el forraje), lo cual es indeseable, pues la respiración ocasiona descomposición de proteínas del forraje e inhibe la producción del ácido láctico necesario para conservar el forraje. La fase aeróbica debe ser lo más corta posible para poder iniciar la fase de fermentación. De ahí la gran importancia que tiene ser cuidadosos en hacer una buena compactación y un cierre totalmente hermético del silo.

Fase 2. Fermentación láctica. Principia cuando se agota el oxígeno (aire) dentro del silo e inicia el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos anaeróbicos (que viven sin oxígeno), los cuales producen ácidos orgánicos, especialmente ácido láctico. La producción de ácidos orgánicos es fundamental para la conservación del forraje, pues crean un ambiente (bajan el pH⁴⁰) en el cual no pueden crecer los microorganismos indeseables que utilizan los nutrientes del forraje, especialmente los carbohidratos solubles, y que son responsables de la pudrición del forraje.

Mientras se logra obtener la estabilidad de esta fase (lo cual puede ocurrir alrededor de un mes), ocurren pérdidas de nutrientes del forraje y se producen efluentes (líquidos) que deben ser drenados para evitar pudriciones.

Fase 3. Estabilización. Comienza cuando se ha logrado que el pH del forraje ensilado alcance un valor de 4.2. En esta condición hay presencia suficiente de ácido láctico que permite conservar el forraje por seis o más meses; siempre y cuando no existan factores que alteren esta condición.

Fase 4. Deterioro aeróbico. Esta fase se inicia al abrir el silo para comenzar a alimentar a los animales, o bien, cuando accidentalmente por cualquier causa no controlada el silo es perforado, permitiéndose así, la entrada de aire. Al darse esta situación, se inician los procesos de descomposi-

⁴⁰ pH= forma de medir la acidez.

ción del forraje ensilado, lo cual es indeseable y, en alguna medida, puede reducirse tapando adecuadamente el silo con plástico, luego de haber extraído el forraje diario para alimentar a los animales.

Características de un buen ensilaje

Existen parámetros o indicadores que son determinados en un laboratorio y que definen la calidad de un buen ensilado, los cuales son:

- Un contenido de materia seca igual o superior a 30%.
- Un pH de 4.2 o menos.
- Una temperatura de 30 a 40 °C (medida a 50 cm de profundidad). Cuando se ofrece el ensilado al animal, la temperatura es mucho menor por su exposición al aire.
- Un contenido de ácido láctico entre 5% y 9% en base seca

Sin embargo, la mejor prueba de campo para evaluar la calidad de un ensilaje es si el ganado lo consume muy bien (aceptabilidad alta), regular (media) o poco (baja). Por aparte, hay pruebas organolépticas (olor, color y textura) que también sirven para catalogar la calidad de un ensilaje, tales como las siguientes:

- El olor aromático, dulzón y agradable que caracteriza al ácido láctico, es propio de un buen ensilaje. La presencia de olores a húmedo (indicativo de la presencia de moho), a vinagre (ácido acético), a orines (amoníaco) o a mantequilla rancia (ácido butírico) no es aceptable en un ensilaje de buena calidad. En general, los animales tienden a rechazar forrajes con olores fuertes.
- El color final debe ser entre verduzco y café claro. En un ensilaje, los colores café oscuro o negro son indicativos de que se elevó mucho la temperatura en el silo y se perdieron muchos nutrientes. Es frecuente encontrar algunas manchas blancas o rosadas, indicativas de la presencia de mohos. Por lo general, los animales tienden a rechazar este ensilaje.

- La textura debe ser firme, es decir, no debe deshacerse al ser presionado con los dedos.

Diferentes tipos de silo

Existen variedad de silos según sean permanentes o temporales, o por su ubicación sobre la tierra o debajo de ella; incluso diversidad de recipientes que se pueden usar como tales. Asimismo, es de anotar que existe diversidad de materiales para la construcción de silos.

(i) Silos temporales. Se recomiendan los silos temporales cuando el productor se está iniciando en la práctica del ensilaje, cuando los recursos son limitados en la finca y cuando la cantidad de forraje a ensilar es relativamente pequeña. Existen varios tipos de silos temporales, entre ellos: a) los silos de bolsa plástica o de barril, b) el silo de "montón" o tipo "tamal", y c) los silos que se hacen aprovechando una infraestructura de la finca como bodegas, galeras o corredores.

Los silos en bolsas plásticas de calibre 6 a 8, normalmente sirven para conservar entre 30 y 50 kilos de forraje. La compactación se realiza por el pisoteo del forraje dentro de la bolsa por una persona, de preferencia de buen peso; o bien utilizando algún medio para apelmazar el forraje. En esta operación hay que tener mucho cuidado, pues las bolsas se pueden dañar. Una alternativa para disminuir este riesgo es usar un saco de fibra de polipropileno dentro de la bolsa, como la que se usa para vender fertilizantes o concentrados.

Al terminar el llenado de la bolsa, esta se debe cerrar herméticamente. Durante el período de almacenamiento de las bolsas deben protegerse del daño de animales domésticos y otros depredadores, para lo cual se recomienda apilarlas y colocarles algún peso encima.

El silo tipo barril, preferentemente de plástico, es una variante del silo tipo bolsa. En este caso, los barriles tienen mayor capacidad, ya que pueden almacenar hasta 150 kilos.

El compactado se hace de la misma manera que fue explicado para el silo tipo bolsa y debe llenarse dejando un “colmo” o “copete”, a efecto de que el sellado final de la bolsa de plástico con la que se cubre el barril, no deje bolsas de aire en la parte superior.

Aunque el material podría picarse a mano, es mejor utilizar una picadora mecánica que deje

pequeñas partículas de forraje, lo cual facilita el compactado.

Se recomienda utilizar los dos tipos de silos antes descritos cuando la cantidad de forraje a ensilar es relativamente poca, como en el caso de pequeños hatos y/o períodos críticos cortos de suplementación.



Silos tipo bolsa
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Silos tipo barril de plástico
Crédito: Consulta en el Internet (2018)

El silo de “montón”, también conocido como silo tipo “tamal”, no posee paredes, y el forraje se amontona en capas formando un “cerro” o “montón” sobre la superficie del suelo. El sitio escogido para hacer el silo no debe encharcarse en la época lluviosa; por ello, se recomienda seleccionar un sitio plano, en una parte ligeramente alta y que posea suelos bien drenados.

Al iniciar el ensilaje, como primera capa sobre el suelo, se recomienda colocar una pequeña capa vegetal que sirva de “esponja” para absorber los lixiviados o efluentes del proceso de fermentación (esta capa puede ser de material entero del mismo forraje a ensilar). Sobre esta capa vegetal se inicia la colocación del forraje picado. La compactación de cada capa de forraje picado (de unos 30 centímetros de altura) se puede hacer con tractor o vehículo con carga, si están disponibles, o bien, utilizando un “mazo” para “apelmazar” o rodando un barril lleno de agua o melaza.

Al finalizar el ensilaje, se cubre con plástico, se sellan los lados utilizando una capa de tierra alrededor del silo, y encima se colocan objetos pesados (postes, llantas, etc.) que ayuden a la compactación. Para proteger el plástico en la parte superior se puede colocar una capa vegetal y luego tierra, esto último para terminar de compactar.

(ii) Silos permanentes. Este tipo de infraestructura se justifica cuando el productor ha adoptado el ensilaje como una práctica permanente, y cuando las cantidades de forraje a ensilar son de un tonelaje considerable. Este tipo de infraestructura debe estar ubicada en un lugar estratégico, es decir, muy cerca de los corrales de alimentación, y de preferencia bastante cerca del área o parcela de producción forrajera. Por su tipo de construcción (por encima o por debajo del suelo), existen el silo tipo búnker (sobre el suelo) y el silo tipo trinchera (por debajo del suelo, utilizando un terreno con pendiente).

El silo tipo búnker se construye con dos paredes laterales de piedra, block reforzado con hierro, y/o concreto-cemento, separadas por un ancho que permita la entrada de tractor o vehículos de carga, por ejemplo, una y media a dos veces el ancho de trocha de un tractor (distancia entre llantas traseras), lo cual permitirá entrar y salir sin dificultad, así como facilitar la compactación del forraje cuando se utiliza este tipo de maquinaria.

El largo y la altura del silo están determinados por el volumen total del forraje a ensilar. Por conveniencia de manejo, la altura generalmente es de 1.5 a 2.0 metros. Es deseable que las paredes no sean verticales. Se aconseja dejar cierto grado



de inclinación (30 a 40°), con el fin de facilitar la compactación cerca de las paredes. El piso de los silos es de concreto y se recomienda que tengan una pendiente de 2% a 4% hacia el eje central (centro del silo) y una pendiente de igual magnitud hacia uno de los extremos del silo, esto con el fin de facilitar el drenaje de los lixiviados o efluentes del forraje durante el proceso de fermentación.

El silo puede ser o no techado. En el caso de que lo sea, debe ser suficientemente alto para permitir la compactación con maquinaria hasta la parte

superior. Al finalizar el ensilaje, el silo debe quedar completamente sellado o hermético para impedir la entrada de aire, utilizando para ello plástico. Sobre el plástico se pueden colocar objetos pesados para facilitar la compactación.

El silo tipo trinchera se construye cavando en la tierra, ya sea en un sitio plano que no acumule agua en la época de lluvias y que el manto freático esté profundo, o bien, y preferentemente, en un terreno con pendiente ligera ("falda") hacia uno de los extremos del silo, mismo que será utiliza-



Silos tipo búnker
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Silo tipo trinchera revestido de concreto
Crédito: Dirección de Desarrollo Pecuario, MAGA (2018)

do para la entrada y salida de maquinaria. En el primer caso, cuando se cava en terreno plano (no muy profundo), el llenado del silo debe superar el nivel del terreno, configurando lo que podría ser un silo tipo “montón” o “tamal”.

Las paredes deben ser inclinadas para facilitar la compactación, tal como fue explicado en el silo tipo búnker, y el piso también debe tener pendiente para facilitar la salida de efluentes. Preferentemente, el piso y paredes deben ser de cemento concreto; en caso de que no lo sean, entonces previo a iniciar el proceso de ensilaje deben ser cubiertas con plástico; esto evitará la entrada de agua al forraje ensilado durante la época lluviosa. En zonas de poca precipitación, el uso de este plástico puede reducirse sólo a la cobertura superior o tapado del silo.

En el eje central del piso del silo es aconsejable hacer un drenaje tipo francés de unos 30 y 50 centímetros de ancho y profundidad, respectivamente; mismo que servirá para la salida de los efluentes que se produzcan en el proceso del ensilado.

Forrajes que se pueden ensilar

Cualquier pasto verde puede ser ensilado; sin embargo, se prefieren forrajes que tengan alto rendimiento y un buen valor nutricional. En tal sentido, una buena opción son los forrajes de corte del género *Pennisetum*, tales como el Napier Costa Rica, Napier morado, King Grass, Maralfalfa, OM-22, CT-169. Otros pastos como el Mombaza y el Tanzania también pueden ser ensilados. Los cultivos de maíz y sorgo, ambos de variedades forrajeras (de buen porte y con relación hoja/tallo favorable), son excelentes para la preparación de ensilajes de alta calidad.

El punto o momento de cosecha es muy importante en cuanto al rendimiento y el valor nutricional del forraje, y este puede variar en función de la ubicación de la finca con respecto a la altitud sobre el mar (en fincas de altura, el tiempo para alcanzar el punto de corte es más largo, pero el

forraje es de mayor calidad que los producidos en tierras bajas).

En fincas ubicadas en una altitud baja a media, los forrajes de corte del género *Pennisetum*, antes mencionados, deben ser cosechados cuando el rebrote tiene una edad de 45 a 60 días. Para el caso del maíz y el sorgo forrajeros se recomienda cosecharlos cuando el grano ha alcanzado el estado “de lechoso a masoso”.

Mejorando la calidad nutricional del ensilado

Para mejorar la calidad nutricional del ensilado, especialmente en cuanto a proteína, a todos los pastos antes mencionados se les puede agregar hasta el 30% de follaje (hojas y tallos finos) de forrajeras leñosas como la Leucaena, el Madrecaico y la Cratylia, entre otras arbustivas forrajeras de alto contenido proteico. Igualmente, de alguna leguminosa herbácea como el Kudzu y el frijol terciopelo.

También puede agregarse urea diluida al 5% en agua y melaza y dispersarse sobre el forraje con una “regadera” manual.

Planificación para la preparación de ensilajes: ¿qué pasos dar?

Cuando se decide hacer un ensilaje en la finca hay que dar ciertos pasos para planificar toda la operación, entre ellos, tenemos los siguientes:

(i) Calcular la cantidad de ensilaje que se requiere en la finca. Este dato está en función de: a) el número de animales por categoría a alimentar, b) la cantidad de consumo por animal por día, c) el número de días de suplementación, y e) el porcentaje de pérdidas esperado en el proceso del ensilaje. En el cuadro 5 se presenta un ejemplo:

Cuadro 5. Ejemplo de cálculo de las necesidades de ensilaje de un hato

Categoría	Cantidad	Peso (kg)	Ración diaria/ animal, kg(*)	Ración diaria del hato (kg)
Vacas	25	400	27	675
Toro	1	550	37	37
Novillas	8	300	20	160
Novillos	6	300	20	120
Terneros(as)	14	100	7	98
Total	54	1,650	111	1,090

(*) Consumo = 2% del peso corporal en materia seca y ensilaje con 30% de materia seca. El consumo de un forraje es ligeramente menor cuando pasa por un proceso de ensilaje, en comparación al consumo como forraje verde.

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de cálculo para la categoría de vacas: $(400 \text{ kg} \times 0.02)/0.3 = 26.7 \text{ kg}$. Aproximación = 27.0 kg/vaca/día.

Para el caso de todo el hato (cuadro 5), si el período crítico de suplementación es de 120 días, entonces la cantidad neta a consumir es de: $1,090 \text{ kg} \times 120 \text{ días} = 130,800 \text{ kilos}$ (130.8 toneladas).

Asumiendo un 15% de pérdidas en el proceso de ensilaje, el total a ensilar es de $= 130,800 \times 1.15 = 150,420 \text{ kilos}$. Aproximación = 151 toneladas métricas.

(ii) Estimar el área a sembrar de forraje. Debe tenerse conocimiento del probable rendimiento esperado de forraje verde por hectárea o por manzana del pasto de corte o cultivo forrajero seleccionado. Asumiendo que el cultivo forrajero es el sorgo, con un rendimiento de 30 toneladas métricas de forraje verde por hectárea al primer corte, entonces para el ejemplo anterior, se necesitarían $= 151 \text{ t} / 30 \text{ t/ha} = 5.03 \text{ hectáreas}$ (7.2 manzanas).

(iii) Estimación de las dimensiones del silo. Asumamos que se ha tomado la decisión de que el silo tendrá una altura de 1.5 metros y un ancho promedio de 4 metros. Entonces tenemos una superficie transversal (de cara) de $= 4 \times 1.5 = 6.0 \text{ metros cuadrados}$.

Se sabe que la densidad del ensilaje depende del forraje y del grado de compactación, de tal manera, el valor oscila entre 600 y 900 kilos de forraje

verde por metro cúbico. Asumiendo una densidad de 700 kilos (0.7 toneladas) por metro cúbico, entonces, siguiendo el ejemplo, tenemos que el volumen del silo es de aproximadamente 216 metros cúbicos ($151/0.7 = 215.7$). Entonces, el largo del silo será de $216 \text{ metros cúbicos} / 6 \text{ metros cuadrados} = 36 \text{ metros lineales}$.

En este caso, se aconsejaría hacer cuatro silos de nueve metros de largo. Es decir, cada silo tendría: 1.5 metros de alto, 4 metros de ancho y 9 metros de largo con una capacidad de $= 1.5 \times 4 \times 9 \times 0.7 = 37.8 \text{ toneladas}$. Esto alcanzaría para alimentar el hato durante aproximadamente 30 días [$37,800 / (1,090 \times 1.15)$]. Así, se abriría un silo cada 30 días y se evitarían pérdidas durante el llenado por ser más rápido y también por el tiempo de exposición diaria que sería más corto.

(iv) La selección del sitio. Como se ha indicado antes en esta sección, el silo debe ubicarse en un lugar cercano al corral de alimentación de los animales y, ojalá también, cercano a la parcela productora del forraje. Preferentemente, en un sitio con pendiente que facilite la salida de efluentes, de suelos bien drenados, y que no se encharque durante la época lluviosa.

(v) Apertura del silo y su aprovechamiento. La apertura del silo debe hacerse al inicio del período crítico para suplementar a los animales, es decir, cuando la pastura en el potrero comienza a escasear. Debe haber transcurrido un mínimo de tiempo para que se cumplan las tres fases del proceso

de ensilaje (unos 30 días son suficientes), mismas que fueron explicadas previamente en esta sección.

Cada día debe abrirse o destaparse sólo la parte o el volumen de ensilado diario a necesitar, y se recomienda cortarlo en tajadas completas en sentido transversal a la longitud del silo, y taparlo nuevamente para el día siguiente; así se evitarán pérdidas durante su aprovechamiento (cuarta fase del proceso). El ensilado demasiado oscuro, podrido o con mohos, debe ser eliminado antes de ofrecerlo a los animales. Igualmente, los animales rechazan el ensilaje mal fermentado y hacen un buen consumo del ensilaje que se encuentra en buenas condiciones, es decir, el ensilaje de calidad. Los animales que por primera vez consumen ensilaje lo hacen en pequeñas cantidades, y poco a poco se van adaptando hasta llegar a hacer un consumo adecuado.

Generalmente, el ensilado por sí solo no llena los requerimientos nutricionales de animales en producción, ya sea de leche o carne, y deben ser suplementados con subproductos de la agroindustria o con concentrados para poder alcanzar todo su potencial productivo. Para determinar las cantidades a suplementar deben hacerse balances nutricionales por categoría animal; es decir, por un lado, conocer los requerimientos del animal para

un determinado nivel de desarrollo (ganancia de peso) o producción (leche) y, por otro, la composición nutritiva de los alimentos en términos de proteína y energía, y de esta manera, determinar las cantidades a ofrecer como suplemento al ensilaje.

Costo del silo y del ensilado

El costo estará en función del tipo de silo, materiales utilizados para su construcción, capacidad de almacenaje, entre otros factores. Igualmente, el costo de producción, corte y acarreo de forraje a ensilar dependerá del tipo de forraje seleccionado y los medios o facilidades que se dispongan para hacer estas operaciones.

Conforme a estimaciones propias, la construcción de un silo tipo trinchera, con paredes y piso no revestidos de concreto (usando plástico), con capacidad de almacenar 35 toneladas de forraje verde, puede alcanzar un valor de inversión inicial de alrededor de USD 300.00. Adicionalmente, cada año, el costo de producir y ensilar una tonelada de forraje verde de sorgo o de maíz es de alrededor de USD 14.00 por tonelada.



Cultivo de Napier Costa Rica en finca de la costa sur de Guatemala
Crédito: Dirección de Desarrollo Pecuario, MAGA (2018)



Cultivo de maíz para ensilaje en finca Santa Teresita Nancinta, Chiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala
Crédito: Luis Alfonso Leal Monterroso (2018)



Cultivo de maíz intercalado con girasol para ensilaje en finca Santa Teresita Nancinta, Chiquimulilla, Santa Rosa, Guatemala
Crédito: Luis Alfonso Leal Monterroso (2018)



Para profundizar y ampliar el conocimiento sobre los temas tratados en esta sección, se remite al lector a las siguientes publicaciones:

- Gutiérrez Orellana, M.A. (1996). *Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización, base de la producción animal*. Guatemala: Editorial E y G.
- Reyes, N. et al. (2009). *Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino* (serie técnica, manual técnico no. 98). Managua, Nicaragua: Catie.



2.8. Gestión del estiércol

Crédito fotográfico: Catie Jutiapa

¿Qué es la gestión del estiércol?

La gestión integral del estiércol comprende un conjunto de prácticas orientadas a sacar el mayor provecho o beneficio del uso de este recurso en los sistemas de producción con ganado bovino y, al mismo tiempo, mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Tanto el estiércol como los purines, son una mezcla de las heces de los animales con los orines y la cama (paja). El estiércol es aquel material que puede ser manejado y almacenado como sólido, mientras que los purines lo son como líquidos.

La aplicación de las prácticas de gestión del estiércol cobra mayor sentido en los sistemas intensivos de producción bovina (vacunos en confinamiento), en los cuales se acumulan grandes cantidades de estiércol y otros residuos orgánicos derivados de los alimentos proporcionados a los animales en los comederos. Este es el caso de lo que sucede en sistemas estabulados o semi estabulados de bovinos para la producción de leche y/o la producción de carne mediante el engorde de novillos en corrales.

Beneficios económicos y ambientales

En Guatemala, según percepciones de actores relacionados con la ganadería bovina, las prácticas con mayor potencial de adopción son el compostaje con fines de reciclar el estiércol en los potreros y/o forrajes de corte (sustitución de fertilizante químico) y el uso de biodigestores para la producción de biogás (energía) y biolodo (fertilizante).

Ambas prácticas reducen el impacto negativo del estiércol y purines en el ambiente (contaminación por desechos líquidos y sólidos, así como de malos olores); e incrementan el valor al interior de las fincas a través de diferentes formas de aprovechamiento, entre ellas, el valor evitado por el uso de fertilizantes químicos y el ahorro de energía, ya sea eléctrica (por ejemplo, luz) o calórica (por ejemplo, cocción de alimentos, calentamiento de agua, etc.).



Engorde de ganado bovino en corral, un lugar de acumulación de estiércol.
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Vacas lecheras estabuladas, un lugar de acumulación de estiércol
Crédito: Consulta en el Internet (2018)

Limitantes

Tanto la elaboración de compostaje, como la construcción y el manejo de biodigestores, demandan mano de obra y capital extra en la finca, y la magnitud de estas demandas depende del nivel de la operación. En situaciones de una o varias composteras, es decir una operación grande, y en regiones donde escasea la mano de obra, entonces sí se tendrían limitantes serias para su aplicación.

Sin embargo, en operaciones ganaderas pequeñas a medianas, ambos factores no constituyen serias limitantes; por tanto, son prácticas que se pueden aplicar, especialmente en los sistemas intensivos de producción bovina que dependen de forrajes de corte y/o ensilajes. Estas áreas de cultivo serían el destino del compost y/o biólodo, o bien, su venta para otros usos en la agricultura.

2.8.1. El compostaje

¿Qué es el compostaje?

El compostaje es el proceso biológico aeróbico (con aire), mediante el cual los microorganismos (bacterias, mohos, algas, entre otros) actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos de alimentos), permitiendo obtener "compost".

El compost es un excelente abono para mejorar las características químicas (fertilidad) y físicas (estructura) del suelo; así como la retención de humedad y su actividad microbiológica. La palabra compost significa compuesto, justamente por los diferentes materiales que se integran en el proceso que da origen a este tipo de abono orgánico.

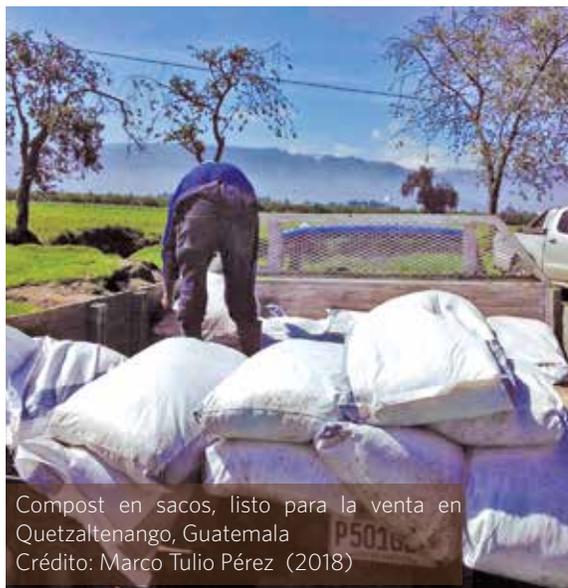
Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos rea-

lizados por parte de diferentes microorganismos que, en presencia de oxígeno (O), aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost. Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.

El compostaje tiene varios beneficios relacionados con el manejo del estiércol, y con el control de los olores, de la humedad y de los patógenos; además de la estabilización de la materia orgánica y de la generación de ingresos adicionales en la granja, etc.⁴¹

Pasos para hacer compost

1. Escoger un sitio que se encuentre protegido de las lluvias, es decir, un lugar con techo, como una galera, misma que puede ser hecha con materiales locales.
2. Juntar todos los materiales que se van utilizar para hacer el compost. En operaciones intensivas de ganado bovino, estos materiales son principalmente el estiércol de vacuno con orines y residuos vegetales de la alimentación del ganado. Si está disponible, puede agregarse el material desechado a partir del aprovechamiento de ensilados y el de chapias de malezas realizadas en las áreas de forraje de corte, mismas que deben estar bien picadas con machete. Adicionalmente, se aconseja utilizar las cenizas provenientes de hogares de trabajadores de la finca y la compra de cal, que vendría a ser el único insumo externo del sistema de producción.
3. Hacer una primera capa de 15 centímetros de alto sobre el piso de tierra o cemento y del largo de la galera, constituida por residuos vegetales bien picados, los cuales deben mojarse para contar con suficiente humedad.
4. Hacer una segunda capa de 10 a 15 centímetros de espesor con estiércol proveniente de los corrales o del establo y, sobre esta capa, colocar una capa de cinco centímetros de tierra, ceniza y cal.
5. Repetir esta secuencia de capas hasta alcanzar una altura de alrededor de 1.20 metros. Regar de manera uniforme todo el montón que se ha formado, a efecto de proporcionar suficiente humedad.
6. Hacer respiradores a lo largo y lo ancho del montón. Para ello, se pueden utilizar estacas perforadas de bambú, lo cual es necesario para mantener un ambiente aeróbico (con aire) que favorezca la vida de los microorganismos responsables de la descomposición.
7. Cubrir la compostera con cualquier material vegetal seco (hojas, rastrojos) y dejar reposar por tres semanas.
8. A las tres semanas se le da vuelta al material hasta dejar una mezcla homogénea, y se vuelve cubrir. Esta operación se repite a las cuatro semanas hasta alcanzar las 14 a 16 semanas, momento en cual el compost está listo para su utilización. Este tiempo se puede reducir haciendo más frecuente la operación de volteo, riego y cobertura de la compostera.



Compost en sacos, listo para la venta en Quetzaltenango, Guatemala
Crédito: Marco Tulio Pérez (2018)

41 <http://www.fao.org/3/a-i3288s.pdf>

Factores que intervienen en el proceso

En el proceso de compostaje intervienen varios y complejos factores que son determinantes de la calidad del producto final obtenido: el compost. Entre ellos vale la pena poner atención a los siguientes:

1. **Temperatura:** Varía en función de la actividad microbiológica y la mezcla de materiales utilizados. Una temperatura de 50 °C es un buen indicador, si sube hasta 70 °C se debe enfriar, volteando la mezcla y agregando agua. Cuando la temperatura es muy alta, los microorganismos (entre los que sobresalen ascomicetes, lactobacilos y levaduras), mueren y otros no actúan.
2. **Humedad:** La humedad óptima en el montón es del 50% al 60% con relación al peso de la mezcla. Cuando la mezcla está muy seca, la descomposición es lenta y disminuye la actividad de los microorganismos; al estar muy húmeda, hace falta oxígeno y puede haber putrefacción de los materiales. Como resultado, se obtiene una mezcla con mal olor y textura muy suave por el exceso de agua.
3. **Aireación:** Como se ha indicado anteriormente, el compostaje es un proceso aeróbico, es decir, que se necesita aire al preparar el compost, por lo cual no se deben compactar los materiales. En ausencia de aire, los microorganismos aeróbicos no pueden trabajar y el resultado es un producto de mala calidad.
4. **Relación Carbono / Nitrógeno:** Para obtener un compost de calidad debe existir una relación equilibrada entre estos dos elementos básicos de la materia orgánica. Esta relación depende del tipo de materiales y sus proporciones; los materiales leñosos, fibrosos y bien lignificados se descomponen más lentamente y tienen mucho carbono y poco nitrógeno; mientras que los materiales verdes y tiernos, especialmente las leguminosas, al igual que los estiércoles, son bajos en carbono y ricos en nitrógeno y se descomponen con mayor rapidez. La relación ideal debe ser entre 25 a 35 partes de carbono por una parte de nitrógeno.
5. **El pH:** El nivel más conveniente para los microorganismos del suelo está entre 6 y 7.5. Los valores extremos reducen la actividad microbiana. La cal y la ceniza se usan en las aboneras para acercar el pH a la neutralidad.
6. **Tamaño de las partículas:** Residuos vegetales de tamaño más grande tardan más en descomponerse, mientras que los trozos pequeños lo hacen más rápidamente. Por esta razón, se recomienda picar los materiales vegetales y organizarlos en capas intercaladas, como fue indicado antes. Esto requiere más trabajo, pero permite mayor velocidad en el proceso de descomposición y mejor calidad del producto obtenido.
7. **Población microbiana:** Como se indicó previamente, el compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de los materiales orgánicos, llevada a cabo por una amplia población de bacterias y hongos. De ahí la importancia de mantener bien aireada la compostera.

Costos

De acuerdo con experiencias del ICTA⁴² con pequeños productores agrícolas en el altiplano guatemalteco, el costo de 45.5 kilos de compost es de USD 2.50 (Q 18.60/quintal); sin embargo, hay que recordar que la mayoría de materiales utilizados en la mezcla son desechos de la operación ganadera y no tienen un precio de mercado.

Entonces, hacer una compostera es una buena manera de darle valor a dichos desperdicios y, además, evitar la contaminación del medio ambiente.

42 <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Suelos/abonosOrganicos.pdf>



Humedeciendo la compostera después de la última capa
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Tapado de la compostera con capa vegetal
Crédito: Consulta en el Internet (2018)



Cribando el compost después de tres meses de descomposición
Crédito: Marco Tulio Pérez Ramírez (2018)

Para ampliar el conocimiento sobre el compostaje se remite al lector a las publicaciones siguientes, mismas que han servido para el desarrollo de esta subsección:

- Estrada Navarro, E.A. (2010). *Manual elaboración de abonos orgánicos sólidos, tipo compost*. Guatemala: MAGA, ICTA, JICA, ICTA, CIAL.
- Funsal/Podese. (2000). *Establecimiento, manejo y aplicación de abono orgánico*. El Salvador: Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y el Desarrollo Económico.
- Navarro, R. (s.f.). *Manual para hacer composta aeróbica*. El Salvador: Cesta.
- Román, P.; Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: FAO.

2.8.2. Biodigestores

¿Qué es un biodigestor?

Un biodigestor es un sistema mediante el cual se genera un ambiente adecuado para que la materia orgánica se descomponga con ausencia de oxígeno. A este fenómeno se le llama “digestión anaeróbica”. Dentro del biodigestor viven bacterias que descomponen el estiércol y otros residuos orgánicos y los convierten en biogás y biofertilizante o fertilizante orgánico, también conocido como “biol” o “biolodo”⁴³.

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual, parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales), son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) con trazas de otros elementos como hidrógeno y sulfuro de hidrógeno, por un grupo de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores.

Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos vegetales, estiércoles y efluentes en subproductos útiles. En la digestión anaerobia, más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente a 50% consumido en un sistema aeróbico⁴⁴. La fi-

gura 5 muestra un esquema de todo el sistema que integra un biodigestor.

Propósitos, beneficios económico y ambientales

Instalar uno o varios biodigestores en la finca ganadera tiene el propósito de generar beneficios económicos a partir de desechos animales y vegetales; además de contribuir a reducir la contaminación y el impacto negativo que estos residuos orgánicos tienen sobre el medio ambiente. La descomposición del estiércol fresco, en forma aeróbica, emite gran cantidad de metano y dióxido de carbono al ambiente.

En ese sentido, el tratamiento anaeróbico (biodigestión) de los residuos orgánicos contribuye a la protección de las aguas subterráneas, reduciendo el riesgo de lixiviación de nitratos.

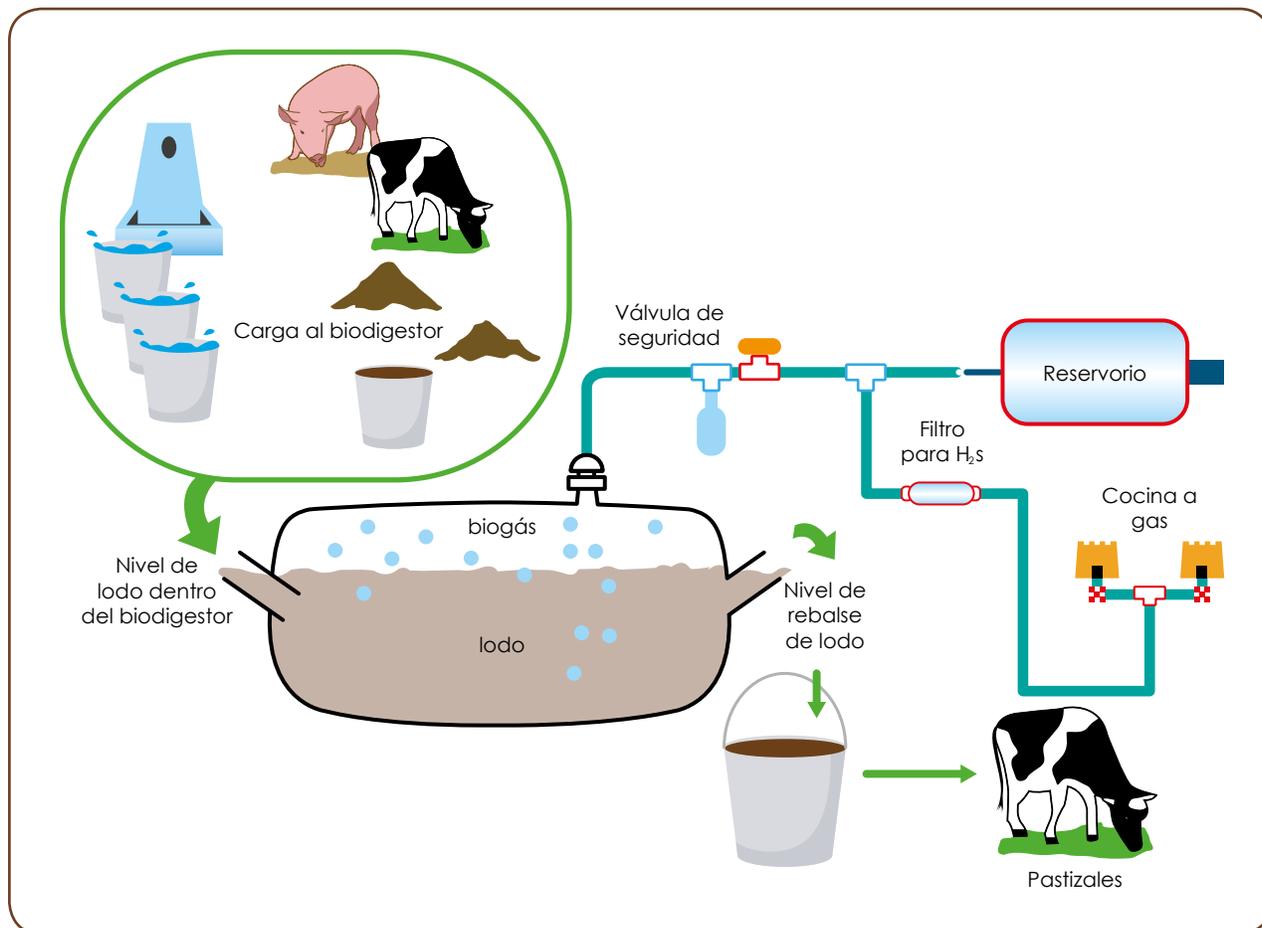
Por otra parte, la digestión anaeróbica elimina el problema de emisión de olores molestos, como por ejemplo, el olor a amoníaco, producto de la acumulación de excretas y orina sin tratar. Se trata pues, de un proceso de reciclaje de los residuos orgánicos, transformándolos en productos con valor agregado.

El biogás es un gas con alto porcentaje en metano que puede ser empleado en una cocina convencional sustituyendo a la leña o al gas propano, con lo cual se contribuye a reducir la presión sobre los bosques y además, ayuda a la salud en el hogar al evitar enfermedades pulmonares.

43 <https://solucionespractic.org.pe/biodigestores-tubulares-unifamiliares-cartilla-practic...>

44 <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

Figura 5. Sistema de un biodigestor



Fuente: Adaptado de Cotrina y Villanueva (2012)

Este biogás también puede ser empleado en lámparas de gas para iluminación; mientras que el biofertilizante puede utilizarse para abonar los cultivos o los pastos que sirven de alimento para el ganado, y así sustituir o disminuir el uso de fertilizantes químicos. Otro destino del biofertilizante es la venta a otros productores agrícolas, y de esa manera se pueden generar ingresos adicionales en la finca ganadera.

Conceptos y descripción del sistema

(i) El biodigestor y sus componentes

Un biodigestor está formado por un tanque hermético donde ocurre la fermentación y un depósito que sirve para el almacenaje de gas. Las dos partes pueden estar juntas o separadas y el tanque de gas puede ser de campana fija o flotante.

En el caso del biodigestor de polietileno denominado tubular, los tanques de digestión y de recolección de gas conforman uno sólo. El proceso de digestión ocurre en la parte inferior del recipiente, y en la parte superior se colecta el gas⁴⁵.

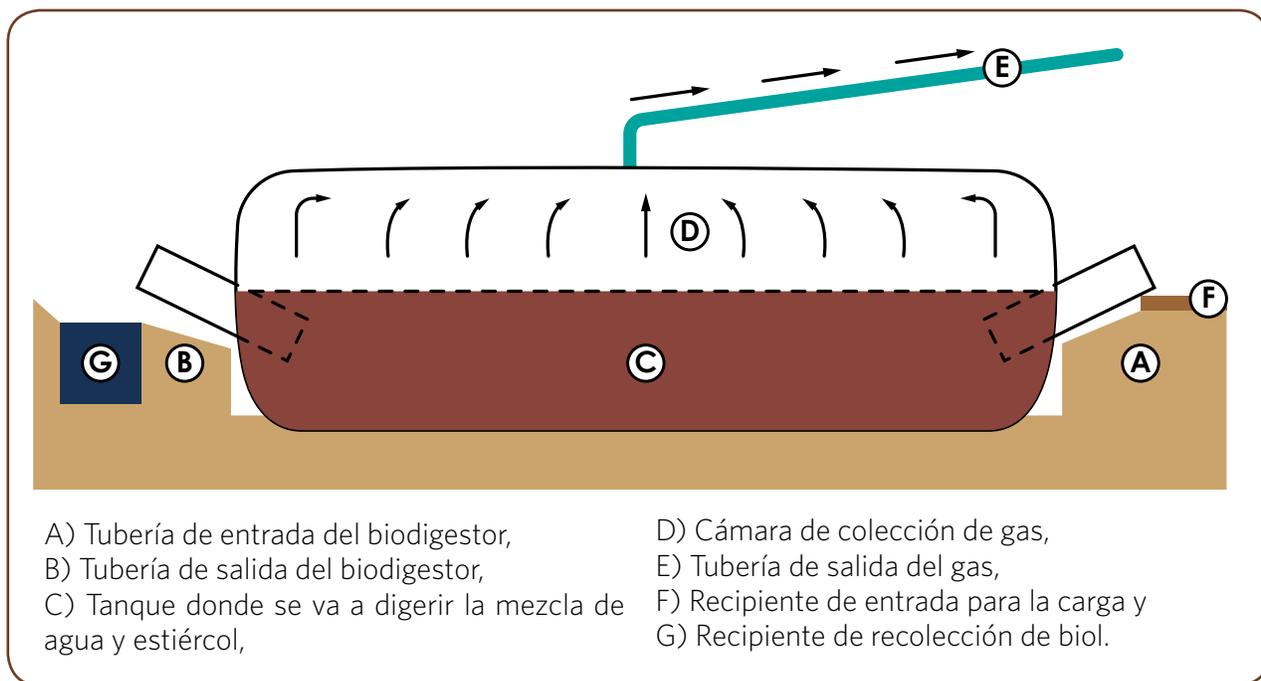
En la figura 6 se ilustran las partes de un biodigestor tubular, el cual posee una tubería de entrada a través de la cual se suministra la materia orgánica (estiércol y residuos vegetales) en forma conjunta con agua, y una tubería de salida en la cual el material ya digerido por la acción bacteriana abandona el biodigestor. Los materiales que ingresan y abandonan el biodigestor se denominan afluente (entrada) y efluente (salida), respectivamente.

⁴⁵ http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/8bib_arch.pdf

El proceso de digestión que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás. Los principales componentes del biogás son el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2).

Aunque la composición del biogás varía de acuerdo a la biomasa utilizada, su composición aproximada se presenta a continuación: metano de 40% a 70% del volumen, dióxido de carbono de 30% a 60%, sulfuro de hidrógeno de 0% a 3%, e hidrógeno de 0% a 1%.

Figura 6. Partes y esquema de funcionamiento de un biodigestor tubular



Fuente: Adaptado de Cedecap (2007)

El metano, principal componente del biogás, es el gas que le confiere las características combustibles al mismo, un combustible bastante limpio y eficiente que puede ser utilizado directamente (iluminación, cocción alimentos).

Por otro lado, los residuos de la fermentación (efluentes), contienen una alta concentración de nutrientes (minerales y materia orgánica), lo cual los hace susceptibles de ser utilizados como un excelente abono que puede ser aplicado en fresco, ya que el proceso de digestión anaerobia elimina los malos olores y la proliferación de moscas.

Otra ventaja es la eliminación de agentes patógenos presentes en las heces, lo cual significa que el efluente líquido puede ser utilizado para regadío de cualquier tipo de cultivos.

(ii) Características del biodigestor

Para una buena operación, es necesario que el biodigestor reúna las siguientes características:

- Hermético, para evitar fugas del biogás o entradas de aire.
- Térmicamente aislado, para evitar cambios bruscos de temperatura.
- El contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de seguridad.
- Deberá tener acceso para mantenimiento.
- Deberá contar con un medio para romper las natas que se forman.



Batería de biodigestores en el altiplano occidental de Guatemala
Crédito: Usaid/Proyecto Desarrollo con Bajas Emisiones (2017)

(iii) Procesos bioquímicos en el proceso

Básicamente, el proceso considera tres etapas:

- Hidrólisis, etapa en la que los polisacáridos (celulosa, almidón, etc.), los lípidos (grasas) y las proteínas, son reducidas a moléculas más simples;
- Acidogénesis, etapa en la que los productos formados anteriormente son transformados principalmente en ácido acético, hidrógeno y CO_2 ;
- Metanogénesis, los productos resultantes de esta etapa son metano CH_4 y CO_2 , principalmente.

Considerando que las bacterias son el ingrediente esencial del proceso, es necesario mantenerlas en condiciones que permitan asegurar y optimizar su ciclo biológico.

Las principales variables que influyen en la producción de biogás son: 1) Temperatura, 2) Tiempo de retención, 3) Relación Carbono/Nitrógeno, 4) Porcentaje de sólidos, 5) pH y 6) Agitación.

(iv) Biogás

El biogás es el gas producido durante el proceso de fermentación anaerobia (sin presencia de oxígeno) de la fracción orgánica de los residuos. Está compuesto principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), además de otros gases en cantidades menores.

Cuando los desechos orgánicos inician el proceso químico de fermentación (pudrición), liberan una cantidad de gases llamados biogás. Con tecnologías apropiadas, el biogás se puede transformar en otros tipos de energía, como calor, electricidad o energía mecánica.

Consideraciones para definir la dimensión y diseño del biodigestor

Para el diseño de un biodigestor de polietileno deben tomarse en cuenta los criterios siguientes:

- Necesidades de biogás. Tiempos a usarse en cocción o en iluminación.
- Necesidades de "biolodo". Cantidad de fertilizante foliar requerido.

- Necesidades medioambientales. Tipo de problema ambiental a solucionar.
- Límite de materia prima. Cantidad de estiércol a tratar diariamente.

La cantidad de estiércol está en función del tamaño del hato, la cantidad de estiércol que cada animal produce diariamente y del sistema de manejo del ganado. Por ejemplo, en estabulación completa se puede aprovechar el 100%, mientras que en semi estabulación sólo el 25%.

La producción de estiércol de un animal es el equivalente al 8% de su peso corporal en un período de 24 horas. Por ejemplo, si tenemos en estabulación completa a 20 vacas de ordeño de 400 kg de peso corporal, entonces la producción total de estiércol sería de 640/kg/día ($20 \times 400 \times 0.08$).

Mezcla o carga diaria a digerir

Siguiendo el ejemplo anterior de las 20 vacas estabuladas, y considerando que la mezcla debe ser de una parte de estiércol por cuatro de agua (1:4) para producir biogás, y 1:3 para producir "biol"; entonces tenemos que la mezcla diaria para producir biogás sería de 640 kg de estiércol y 2,560 kg o litros de agua ($640 \times 4 = 2,560$).

Tiempo de retención

Es el tiempo que transcurre entre la carga y descarga del sistema. La velocidad de degradación depende, en gran parte, de la temperatura ambiente, pues a mayor temperatura, el tiempo de retención requerido es menor. Considerando una temperatura media de 30 °C, el tiempo de retención es de alrededor de 10 días; si la temperatura baja a 20 °C, el tiempo de retención aumenta a 25 días.

Estimación del volumen

En el ejemplo que se viene desarrollando, hasta el momento sabemos que necesitamos espacio para 3,200 kg diarios de carga de estiércol más agua (640 kg + 2,560 kg). Si la temperatura ambiente promedio es de 30 °C, entonces necesitamos un volumen total para la mezcla de agua más estiércol de 32,000 kg ($3,200 \text{ kg/día} \times 10 \text{ días}$).

Se sabe que la producción de gas a partir de estiércol de vacuno es aproximadamente el 30% de volumen líquido, es decir, del agua en el biodigestor que, para este caso, son 25,600 litros de agua.

Entonces, el volumen gaseoso es de 7,680 litros ($25,600 \times 0.3$). Según estos cálculos, el volumen total del biodigestor es de 39,680 litros ($32,000 + 7,680$); es decir, de aproximadamente 40 metros cúbicos. Si una cocina de dos fogones consume 150 litros por hora, el biogás producido se consumiría en aproximadamente 51 horas de funcionamiento.

Dimensiones y diseño del biodigestor

Con el dato del volumen del biodigestor se recomienda acercarse a los proveedores de materiales en el mercado para construir el biodigestor (PVC, codos, té, tubos, válvulas de seguridad, trampa de agua, plástico o membrana, etc.) y, conforme a su asesoría, ajustar las dimensiones en campo del biodigestor según lo que ellos ofrecen y recomiendan.

El caso que se ha venido desarrollando sugiere la instalación de varios biodigestores, por ejemplo, dos de 20 metros cúbicos cada uno.

Ubicación del biodigestor

El sitio donde se construya el biodigestor debe estar libre del riesgo de inundaciones, deslaves y sombra. Debe ubicarse estratégicamente entre los corrales o establos donde se produce el estiércol, la fuente de agua y el lugar de uso; por ejemplo, el hogar donde se utilizará el biogás como fuente calórica (cocción de alimentos) o eléctrica (iluminación en el hogar). Es deseable proteger el biodigestor con techo y una cerca de malla para evitar la entrada de animales que puedan dañar el plástico u otra parte del biodigestor.

Costo del biodigestor

Como referencia, y de acuerdo a estimaciones propias, un biodigestor familiar, tipo bolsa o tubular, de flujo continuo y de un volumen de ocho metros cúbicos, tiene una inversión de aproximadamente USD 180.00, y su operación anual (18

días/ciclo de biodigestión a una temperatura promedio de 25 °C) tiene un costo aproximado de USD 750.00.

Esto último incluye toda la mano de obra requerida para preparar la mezcla, mas aquella necesaria para dar mantenimiento al biodigestor, así como el manejo diario del biolodo.



Para ampliar los conocimientos sobre los temas tratados en esta sección, se remite al lector a las publicaciones siguientes:

- Cedecap. (2007). *Biodigestor de polietileno: Construcción & Diseño*. Bolivia: GTZ-Poagro.
- Cotrina, R. y Villanueva, G. (2012). *Biodigestores tubulares unifamiliares: Cartilla práctica para instalación, operación y mantenimiento*. Perú: Ed. Soluciones Prácticas.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile: PNUD, FAO, GEF. Proyecto CHI/00/G32 "Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables".
- Martí Herrero, J. (2008). *Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares*. Bolivia: GTZ-Proagro.



3

CONSIDERACIONES
FINALES

A manera de cierre del presente manual, y con el fin de comprender sus alcances y limitaciones, a continuación se ofrecen algunos comentarios al lector:

1. Como ha sido indicado reiteradamente a lo largo del manual, aquí únicamente se incluyen las buenas prácticas ganaderas que, mediante estimaciones previas, mostraron tener una relación beneficio/costo positiva y, además, recibieron una alta priorización por parte de actores de la ganadería nacional que fueron consultados en el ámbito de la Mesa Ganadera para el Desarrollo con Bajas Emisiones.
2. No obstante lo anteriormente indicado, se reconoce que existen otras buenas prácticas ganaderas que no han sido consideradas dentro del manual; sin embargo, esto no disminuye el reconocimiento de que son vitales para lograr que el sistema de producción ganadera (leche o carne con bovinos) funcione eficientemente; tal es el caso de, entre otras prácticas; la sanidad animal y la salud reproductiva; el mejoramiento genético; los registros de finca relacionados con eventos biológicos, económicos y ambientales que son básicos para la buena planificación, administración y mejora continua en las fincas; así como en la gestión de buenos negocios.
3. Reiterar que la aplicación de las buenas prácticas ganaderas descritas en este manual varía entre regiones ganaderas del país y entre fincas de una misma región; por tanto, la decisión de adopción de alguna de ellas debe partir de un diagnóstico de situación actual de cada finca y, con base en las prioridades y posibilidades del productor ganadero, tomar la decisión de cuáles adoptar y, de esta manera, elaborar un plan de mejoramiento continuo o progresivo de la finca.
4. Los temas y subtemas tratados son, por su naturaleza, sumamente extensos y, en muchos casos, objeto de su propio manual. Por ello, en la medida de lo posible, se han tratado de resumir y enfocarse en aquellos aspectos de orden práctico para su implementación en la finca. Por ello, al final de cada tema, o subtema, se remite al lector a literatura importante y de gran valor para ampliar y profundizar en los conocimientos revelados por el presente manual.
5. Para la adecuada aplicación de este manual, es deseable que los técnicos reciban una inducción antes de su uso, mediante actividades de capacitación.
6. Es muy deseable hacer una revisión periódica del manual, cada tres años, por ejemplo, a efecto de mantenerlo actualizado ojalá con experiencias nacionales generadas en diferentes regiones ganaderas. Acá, en este asunto, las entidades de investigación, la academia y el gremio ganadero organizado a lo largo de las cadenas productivas comerciales de la leche y la carne de bovino, tienen un gran espacio de oportunidad para trabajar juntos construyendo alianzas entre sí y, también, con los gobiernos central y municipal a través de la respectiva y pertinente institucionalidad. Estas alianzas también pueden funcionar en torno a iniciativas de reproducción y difusión del presente manual.



4

LITERATURA
REVISADA

1. Cedecap. (2007). *Biodigestor de polietileno: construcción & diseño*. Bolivia: GTZ-Proagro.
2. Cordero, J. y Boshier, D. (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Recuperado de: <http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/authors>
3. Cotrina, R. y Villanueva, G. (2012). *Biodigestores tubulares unifamiliares: Cartilla práctica para instalación, operación y mantenimiento*. Perú: Ed. Soluciones Prácticas.
4. Estrada Navarro, E.A. (2010). *Manual elaboración de abonos orgánicos sólidos, tipo compost*. Guatemala: MAGA, ICTA, JICA, CIAL.
5. Funsal/Prodesa. (2000). *Establecimiento, manejo y aplicación de abono orgánico*. El Salvador: Fundación Salvadoreña para la Promoción Social y el Desarrollo Económico.
6. Gobierno de Guatemala. (2014). *Mapa de Bosques y Uso de la Tierra 2012. Mapa de Cambios en Uso de la Tierra 2001 - 2010 para Estimación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. Guatemala: Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBOT).
7. Gutiérrez Orellana, M.A. (1996). *Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización, base de la producción animal*. Guatemala: Editorial E y G.
8. INE (Instituto Nacional de Estadística). (2007). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2007*. Guatemala: Autor.
9. ----- (2005). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2005*. Guatemala: Autor.
10. ----- (2004). *IV Censo Nacional Agropecuario 2003*. Guatemala: Autor.
11. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (s.f.). *Bancos forrajeros*. Costa Rica. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_b_forrajeros_08.pdf.
12. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2015). *Mapa de pastos cultivados*. Guatemala: MAGA.
13. ----- (2003). *Mapa de zonas de vida*. Guatemala: MAGA.
14. Martí Herrero, J. (2008). *Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares*. Bolivia: GTZ-PROAGRO.
15. Martínez, A. (2007). *Estructuras de captación y aprovechamiento de agua de lluvia "aguadas" en los municipios de Santa Ana y Dolores del Departamento de Petén, Guatemala*. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1561.pdf
16. Navarro, R. (s.f.). *Manual para hacer composta aeróbica*. El Salvador: Cesta.
17. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile: PNUD, FAO, GEF. Proyecto CHI/00/G32 "Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables".

18. Palma, E. et al. (2011). *Cómo construir mejores aguadas para el suministro de agua al ganado* (serie técnica, manual técnico no. 101). Costa Rica: Catie.
19. Pezo, Danilo. (2018a). *Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo racional* (serie técnica, boletín técnico no. 96). Turrialba, Costa Rica: Catie.
20. ----- . (2018b). *Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático* (serie técnica, boletín técnico no. 91). Turrialba, Costa Rica: Catie.
21. Reyes, N. et al. (2009). *Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino* (serie técnica, manual técnico no. 98). Managua, Nicaragua: Catie.
22. Rivera, J.E., Molina, I., Chará, J., Murgueitio, E. y Barahona, R. (2017). *Sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit: alternativa productiva en el trópico ante el cambio climático. Pastos y Forrajes vol. 40, no. 3, Matanzas, jul.-set.*
23. Román, P.; Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: FAO.
24. Tobar, D. et al. (2017). *Prácticas de manejo para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas en Honduras*. Catie. Manuscrito no publicado.
25. Uribe, F. et al. (2011). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. Bogotá, Colombia: GEF, Banco Mundial, Fedegan, CIPAV, Fondo Acción, TNC.
26. Usaid, MIDA. (s.f.). *15 prácticas para la ganadería sostenible*. Panamá: Usaid, MIDA.
27. Vargas, H. (2014). *Desempeño competitivo de productos agropecuarios de Guatemala: una evaluación con base en las ventajas comparativas reveladas por el comercio internacional de 2000 a 2010*. San José, Costa Rica: IICA.
28. Villanueva, C., Ibrahim, M. y Casasola, F. (2008). *Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos* (serie técnica, informe técnico no. 372). Turrialba, Costa Rica: Catie.
29. Villanueva, C., Casasola, F. y Detlefsen, G. (2018). *Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica* (serie técnica, boletín técnico no. 87). Turrialba, Costa Rica: Catie.



ResCA
RESILIENT CENTRAL AMERICA

www.centroamericaresiliente.org

 ResilienteCA

 ResilienteCA

#SomosResCA

