



Nestlé®

**AGRICULTURA
REGENERATIVA
PARA GRANJAS
LECHERAS DE
BAJO CARBONO
Y RESILIENTES**

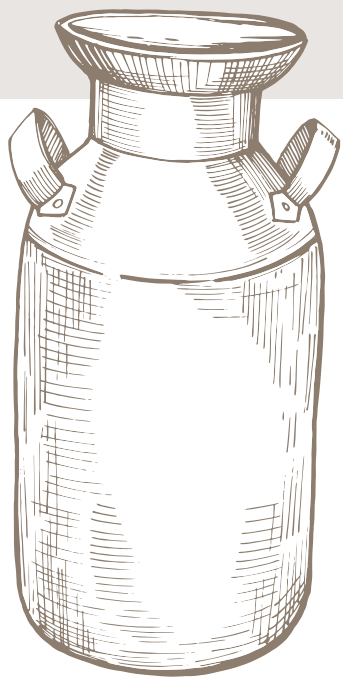
Una guía práctica



1

MANUAL DE GESTIÓN DE GRANJAS LECHERAS REGENERATIVAS





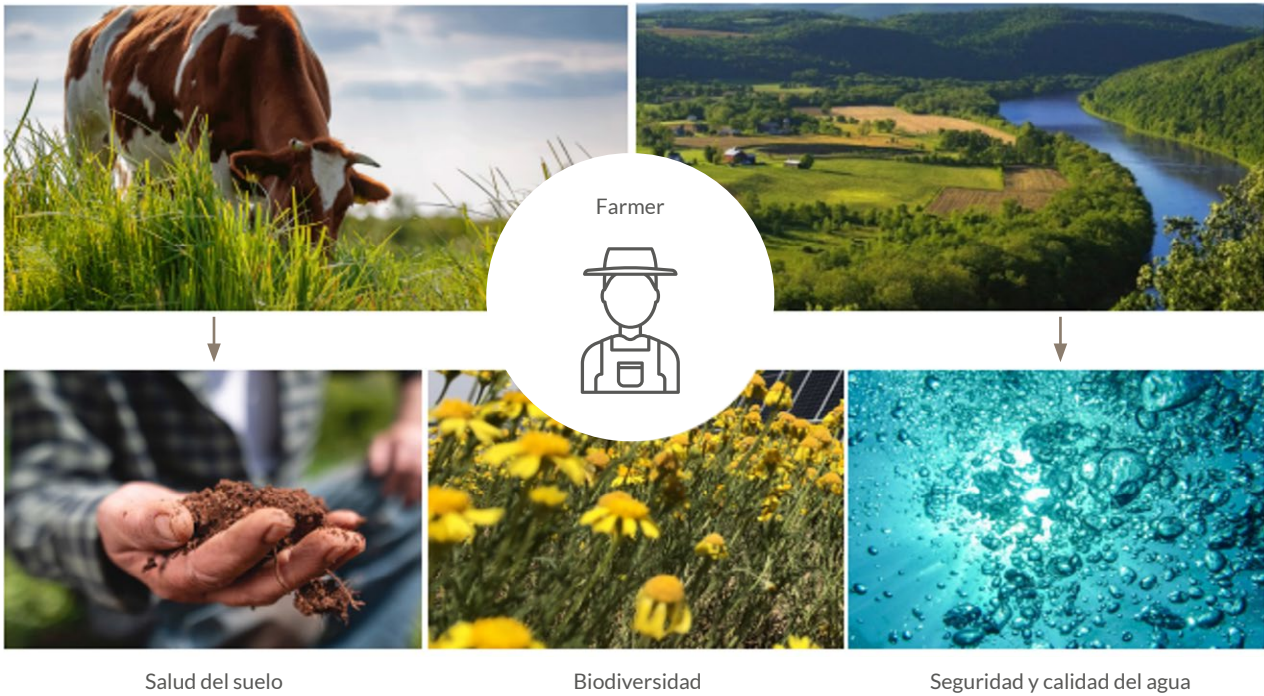
Introducción

La agricultura regenerativa o agricultura sustentable es un sistema centrado en principios agronómicos universales que protege y restaura los recursos naturales, principalmente el suelo, pero también el agua y la biodiversidad. Su objetivo es mejorar la salud y fertilidad del suelo, al mismo tiempo que captura carbono en el suelo y la biomasa vegetal. La agricultura regenerativa busca asegurar que los agricultores trabajen en armonía con la naturaleza como administradores de la tierra para las generaciones presentes y futuras. Esta forma de agricultura conduce al uso eficiente de los recursos en la granja y a la conservación, mejora y regeneración de los ecosistemas.

La transición hacia la agricultura regenerativa es necesaria para garantizar la productividad y rentabilidad a largo plazo de la granja. Un suelo saludable, acceso suficiente al agua y un ecosistema intacto (biodiversidad) son requisitos previos para una agricultura exitosa.

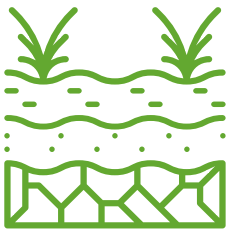
Esto es aún más importante debido a los desafíos cada vez mayores que enfrenta la agricultura debido al cambio climático.

Por esta razón, los agricultores necesitarán profesionalizarse aún más, adquirir nuevos conocimientos y habilidades, y preparar sus granjas hoy para el futuro. Este manual tiene como objetivo brindar a los agricultores lecheros una visión general de los principios y prácticas clave de la agricultura regenerativa que pueden adoptar en sus granjas según las condiciones locales. La transición hacia la agricultura regenerativa llevará tiempo. La viabilidad de algunas de las prácticas dependerá del estado actual de la granja, el clima y el sistema de agricultura.



*Cuando sea posible y relevante

Conocimiento



SALUD DEL SUELO

La salud del suelo es la base de la agricultura regenerativa: son productivos, retienen agua y brindan hábitats para los animales que apoyan un ambiente ecológico saludable en la granja (biodiversidad). Un suelo saludable es fundamental para que los agricultores desarrollen la resiliencia climática en su granja, garantizando así un ingreso a largo plazo. Más específicamente, los suelos saludables proporcionan un entorno de enraizamiento saludable y nutrientes para los cultivos, aumentan la capacidad de retención de agua, mejoran el nivel de captura de carbono y reducen la escorrentía y la erosión. Si bien los suelos saludables suelen darse por sentado, son un recurso escaso y amenazado. La erosión del suelo, por ejemplo, no solo degrada la tierra y afecta el crecimiento de las plantas, sino que también provoca pérdidas económicas. Implementar prácticas de agricultura regenerativa, como **cultivos de cobertura, reducir la labranza o utilizar coberturas**

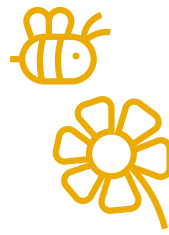


de mantillo, puede ayudar a minimizar el agotamiento y la erosión del suelo. La agricultura regenerativa tiene como objetivo aumentar la materia orgánica del suelo mediante la incorporación de materia orgánica a través de exudados de raíces, residuos de cultivos y estiércol animal. Como resultado, la parte viva de la materia orgánica (gusanos, insectos, hongos, bacterias) se alimenta, se vuelve activa e incorpora el material orgánico en las diferentes capas del suelo (bioturbación). Este "suelo vivo" tiene una mejor retención de agua, puede almacenar y proporcionar nutrientes a las plantas, y tiene una mejor estructura para protegerse contra la compactación del suelo. Estos son todos elementos clave relacionados con el rendimiento rentable de los cultivos. Se puede encontrar más información sobre los principios específicos para un suelo saludable en las **Prácticas regenerativas para cultivos forrajeros de ganado lechero, Manejo de estiércol y Agua**.



SEGURIDAD Y CALIDAD DEL AGUA

El agua de calidad suficiente es fundamental para la ganadería lechera y su potencial rentabilidad. Es necesario tanto para mantener el ganado como la producción de los cultivos. El agua dulce utilizada como agua potable o agua de riego es un recurso escaso que representa apenas el 3% de los recursos hídricos mundiales. Mientras que algunas regiones han estado luchando con la escasez de agua durante años, el cambio climático está exacerbando el problema con escasez y sequías en algunas áreas e inundaciones en otras. La agricultura utiliza el 70% de los recursos de agua dulce disponibles, principalmente para riego. Debido a su escasez, los agricultores necesitan reducir las **pérdidas de agua, reciclar el agua**, eliminar los riesgos de contaminación de las aguas superficiales o subterráneas (por ejemplo, **cercado de cuerpos de agua, filtración de aguas residuales**) y mejorar la eficiencia del agua mediante el uso de sistemas de riego eficientes e inteligentes. La gestión del agua debe tener en cuenta el contexto local de la cuenca hidrográfica (superficial y subterránea). Es importante que la cuenca hidrográfica a nivel de paisaje sea regenerativa y se establezcan planes de agua con las partes interesadas para garantizar la conservación o, cuando sea necesario, la reposición de los cuerpos de agua. Esto asegurará que haya suficiente agua limpia disponible para las futuras generaciones. El agua también se utiliza para reducir el estrés por calor en los animales, lo cual es importante tanto para el bienestar animal como para la productividad. Un sistema eficiente e inteligente se adapta al clima local y al establo. Consulte **sistemas de enfriamiento de agua** para obtener más información.



BIODIVERSIDAD; ACCIONES COLECTIVAS Y A NIVEL DE PAISAJE

Las granjas lecheras con una mayor biodiversidad (variedad de organismos vivos) están mejor protegidas contra insectos dañinos, promueven la polinización natural y producen rendimientos más altos. La biodiversidad es fundamental para los ecosistemas saludables que sostienen toda la vida en la Tierra y es la base de una agricultura sostenible y resiliente. Por ejemplo, los insectos polinizadores son fundamentales para la polinización de los cultivos y las lombrices de tierra contribuyen a una buena fertilidad del suelo. Sin embargo, las actividades agrícolas como el arado intenso, el uso intensivo de insumos químicos o la deforestación están teniendo un impacto negativo en los hábitats y las especies. La mayoría de los sistemas de producción actuales dependen de un número reducido de cultivos, razas de ganado y árboles. Aumentar la diversidad de especies puede fortalecer la resiliencia del sistema de producción, especialmente frente a los impactos del cambio climático, y asegurar la sostenibilidad ambiental y económica a largo plazo de los ganaderos lecheros. Los agricultores pueden proporcionar más espacio para la naturaleza y la vida silvestre mediante el uso de **franjas de vegetación ribereña**, estanques, **barreras vegetales, setos o árboles**. Los cultivos perennes pueden proporcionar hábitats para insectos polinizadores, depredadores de especies de plagas y otras formas de vida silvestre.



Proceso

SISTEMAS DIVERSOS DE CULTIVO E INTEGRACIÓN DE GANADO

La agricultura regenerativa promueve la integración de la ganadería y la producción de cultivos como parte de un ecosistema agropecuario, lo que resulta en la diversificación de las fuentes de ingresos. Si bien no hay nada de malo en especializarse en la cría de ganado o en la agricultura de cultivos, es importante mantener los sistemas de producción interconectados para evitar interacciones fallidas que puedan dar lugar a una sobre, o sub, fertilización, lo que afectaría la salud del suelo y la biodiversidad del mismo.



Las granjas lecheras en la actualidad pueden ser de tipo pastoreo, confinadas o una combinación de ambos. Independientemente del sistema, la agricultura regenerativa se aplica a todos los sistemas de producción. Para los sistemas basados en pastoreo, se puede encontrar información sobre cómo gestionar los pastizales y el pastoreo en la sección de Pastoreo. Para los sistemas confinados y mixtos, la gestión de estiércol y la producción/obtención de alimento se encuentran en las secciones de Estiércol y Alimentación, respectivamente.

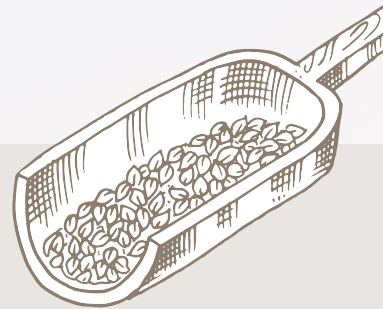


Fuentes

- [Estimation of the on-farm-costs of soil erosion in Sleman, Indonesia \(WIT Press\)](#)
- [Causes and Impacts of Water Scarcity \(WWF worldwildlife.org\)](#)
- [About Biodiversity \(NRN nationalruralnetwork.ie\)](#)

2

ALIMENTO



Introducción

Esta sección guía a los agricultores en las prácticas regenerativas para la producción de alimento y las consideraciones que deben tener en cuenta al obtener alimento para su rebaño lechero. Los temas principales tratados incluyen sistemas de cultivo regenerativo, cultivos forrajeros para ganado lechero, el uso del maíz como indicador del suelo y la obtención responsable de alimento.

Conocimiento

Los sistemas de cultivo regenerativo incluyen la rotación de cultivos, la intercalación de cultivos, los cultivos de cobertura, el mínimo o nula labranza y el acolchado. Hay una sección sobre cómo utilizar el maíz como planta indicadora, ya que proporciona una gran cantidad de información fácil de interpretar sobre la salud del suelo, lo que permite a los agricultores tomar medidas correctivas a medida que los cultivos crecen. Es importante tener en cuenta que el maíz se puede plantar en pequeñas parcelas en todo tipo de cultivos para obtener información sobre el suelo sin necesidad de enviar muestras de suelo. Dado que algunos ingredientes de alimento para ganado lechero están bajo escrutinio social, como la deforestación en la soya o el aceite de palma, o la granja puede obtener alimento de agricultores de la zona, el objetivo es crear conciencia sobre los desafíos y oportunidades para desarrollar un verdadero suministro de alimento regenerativo para su granja.



Dieta equilibrada para animales saludables y maximización de las ganancias



Uso de leguminosas para promover la biodiversidad y bacterias fijadoras de nitrógeno



Rastreabilidad del alimento y cadenas de suministro sostenibles



Incremento de la salud del suelo mediante:

- Asociación de cultivos
- Cultivos de cobertura
- Rotación de cultivos
- Mínima labranza
- Acolchado



Proceso

La transición hacia la agricultura regenerativa desafía a los agricultores a examinar y diversificar su producción de alimento. En consecuencia, se produce alimento diferente en la granja, y es importante considerar cómo estos cultivos brindan beneficios tanto a la ración total de alimento de la vaca como a su uso como fertilizante verde. Esto mejora la biodiversidad en la granja y respalda la conservación o regeneración de la materia orgánica del suelo. En vista de esto, los agricultores deben estar atentos a las oportunidades para mejorar la dieta de las vacas. Según la fuente principal de forraje, las dietas de las vacas deben complementarse de manera diferente y es necesario lograr el equilibrio adecuado de carbohidratos (para obtener energía), proteínas, fibra, agua, minerales y vitaminas para una producción óptima de leche. Diferentes alimentos tienen composiciones nutricionales diferentes (por ejemplo, los granos son una fuente de energía; las leguminosas son una fuente de proteínas). Otro dato importante que los agricultores deben considerar en la producción de alimento es el momento óptimo para cosechar el cultivo. En general, a medida que un cultivo madura y su rendimiento aumenta, su calidad y digestibilidad disminuyen, lo que resulta en alimento menos nutritivo para el rebaño lechero pero que proporciona más fibra. Los agricultores deben ser conscientes del momento óptimo de cosecha para los diferentes cultivos producidos en sus granjas. La siguiente tabla muestra una variedad de ingredientes de alimento utilizados en las explotaciones lecheras y una indicación de sus beneficios nutricionales.

Ejemplos de información técnica

Granos	Cebada	<ul style="list-style-type: none"> • Alta energía • Baja en proteínas • Baja en vitaminas y calcio
	Trigo	<ul style="list-style-type: none"> • Alta energía • Baja en vitaminas y calcio
	Maíz	<ul style="list-style-type: none"> • Alta energía • Baja en proteínas • Baja en calcio
	Sorgo	<ul style="list-style-type: none"> • Alta energía • Baja en proteínas • Alto en fibra
Vegetales de raíz	Remolacha forrajera	<ul style="list-style-type: none"> • Alta energía • Baja en proteínas • Alto en fibra
Leguminosas	Alfalfa	<ul style="list-style-type: none"> • Alta en proteínas • Alto en fibra • Alta en calcio y potasio
Derivados	Harina de soya	<ul style="list-style-type: none"> • Alta en proteínas • High energy • Buen perfil de aminoácidos
	Harina de colza	<ul style="list-style-type: none"> • Alta en proteínas • Energía moderada
	Harina de palmiste	<ul style="list-style-type: none"> • Moderate protein (low quality) • Baja energía

Fuentes

- [A guide to protein nutrition for cattle \(Oregon State University\)](#)
- [Dietary Minerals for Dairy Cows on Pasture \(The Pennsylvania State University\)](#)
- [Vitamin Nutrition of Dairy Cows \(DAIREXNET\)](#)
- [Concentrate Feeds \(Teagasc | Agriculture and Food Development Authority\)](#)
- [Feeding Legumes to Cattle \(Agri-Facts, Alberta Government\)](#)

2.1

Sistemas de cultivo regenerativo

La agricultura regenerativa comienza con el análisis y la comprensión de las necesidades del suelo en cada campo, seguido de la adopción de un sistema de cultivo apropiado. Los ecosistemas del suelo se pueden mejorar mediante diversos sistemas de cultivo que se describen en las siguientes secciones.

2.2

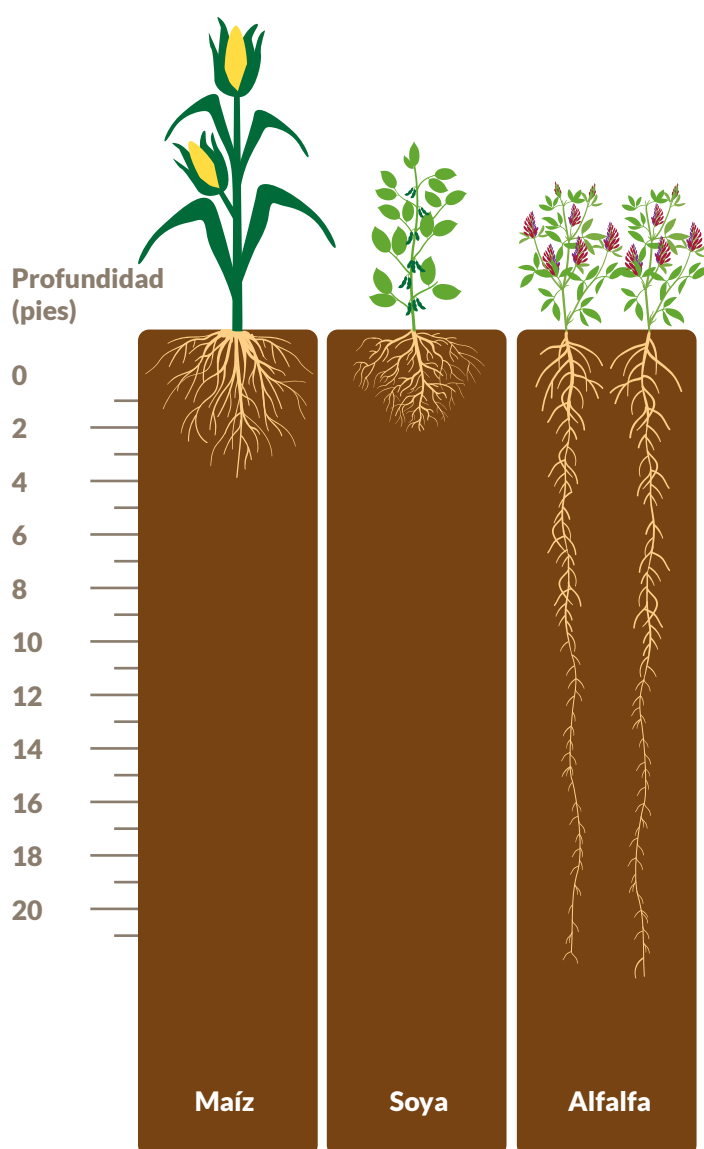
Intercultivo

Introducción

Muchas de las prácticas agrícolas actuales se basan en el uso intensivo de agroquímicos en sistemas de monocultivo. Sin embargo, la asociación de cultivos es la práctica de cultivar **dos o más cultivos simultáneamente en el mismo campo y al mismo tiempo**. Esto se hace para permitir que se produzcan sinergias entre los cultivos a través de diversas interacciones biológicas.

Conocimiento

El cultivo intercalado aprovecha las sinergias entre cultivos compañeros para utilizar recursos que de otra manera no se aprovecharían, lo que conduce a un mayor rendimiento y/o costos de insumos más bajos. Específicamente, los sistemas de cultivo intercalado contribuyen a mejorar la resistencia de los cultivos: asociar dos cultivos diferentes con necesidades diferentes permite mitigar el riesgo de obtener bajos rendimientos cuando las condiciones no son favorables. Los beneficios del cultivo intercalado se encuentran en la fijación de nitrógeno, la cobertura del suelo, el acolchado verde para evitar la intervención mecánica o química en el manejo de las malezas, o simplemente tener una segunda cosecha; por ejemplo, los frijoles que proporcionan nitrógeno (N) y proteínas adicionales cuando se cultivan junto al maíz.



Las raíces de la alfalfa suelen extenderse hasta 16 pies en el suelo, mucho más profundamente que otros cultivos. El sistema de raíces profundas mantiene el suelo en su lugar y crea canales que promueven la infiltración del agua, la actividad biológica en la zona de las raíces y una mejor ciclación de nutrientes.

Foto: Sistemas de raíces variados.

Fuente de la fotografía: [alfalfaenvironment2.pdf](#)

Proceso

La selección de los cultivos a ser intercalados debe ser cuidadosamente planificada. Un ejemplo beneficioso: las raíces de las leguminosas trabajan en simbiosis con las bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobia* para enriquecer el suelo con nitrógeno, lo cual mejora el crecimiento de las plantas. El intercultivo lleva a una competencia por los nutrientes del suelo entre los dos o más cultivos, lo cual, a su vez, lleva a una fijación biológica de nitrógeno más rápida. Debido a su presencia en el mismo sistema ecológico, el exceso de nitrógeno también puede ser utilizado por plantas no leguminosas, lo que reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados. Ciertas plantas dependen y también promueven el desarrollo de hongos micorrízicos. Estos ayudan a las plantas a aumentar su alcance de agua y nutrientes en el suelo, lo que resulta en mejores rendimientos. Sin embargo, no todos los cultivos pueden ser sembrados juntos. Plantas de la misma familia, por ejemplo, utilizan nutrientes similares y atraen plagas o enfermedades similares. Una técnica probada es intercalar leguminosas de raíces profundas (por ejemplo, alfalfa - alta en proteínas) con no leguminosas de raíces poco profundas (por ejemplo, maíz - alto en energía). Preste atención a los impactos ambientales antagonistas. Por ejemplo, las plantas con estrés hídrico sin riego pueden preferir un simple acolchado que reduzca la evapotranspiración en lugar de un cultivo de cobertura o compañero que también compite por la misma agua. Por lo tanto, al seleccionar la solución de intercultivo, considere los posibles impactos positivos y negativos. Como esto puede variar según la localidad, algunos ejercicios de prueba y error serán necesarios.



Resources

- [Adaptation Strategies and Mitigation Opportunities for Food Security in South Asia and Latin America \(Science Direct\)](#)
- [Intercropping enhances agroecosystem services and functioning \(FAO\)](#)
- [Infographic: Benefit of intercropping](#)

2.3

Rotación de cultivos

Introducción

La rotación de cultivos es la práctica de plantar **diferentes cultivos de forma secuencial en la misma parcela de tierra** para aumentar la diversidad biológica, mejorando así la salud del suelo y rompiendo el ciclo de plagas, malezas o enfermedades.

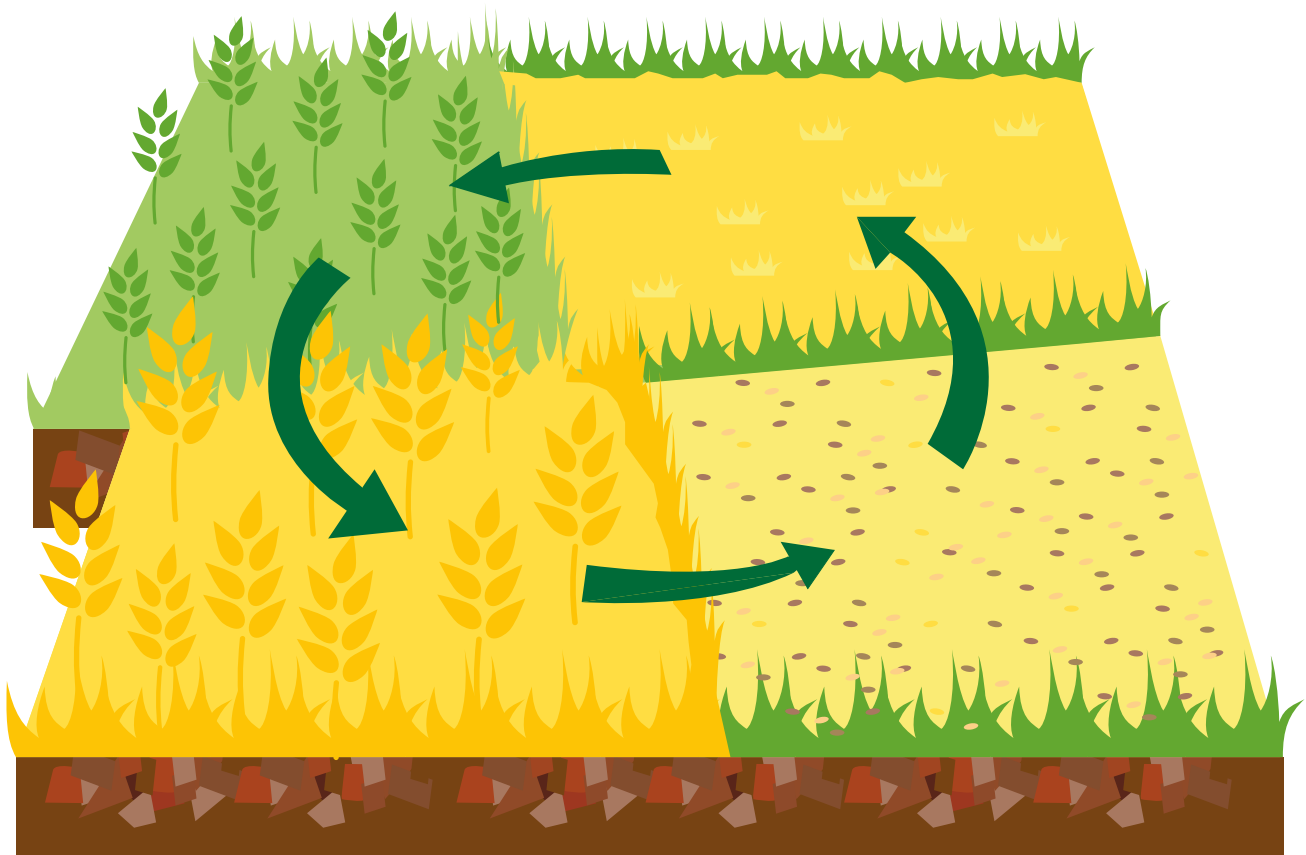


Foto: Rotación de cultivos.

Fuente de la fotografía: [What Is Crop Rotation: Types, Benefits And Consideration - Notes Read](#)

Conocimiento

Las consideraciones para la combinación de la rotación de cultivos incluyen la estructura del suelo, los nutrientes del suelo y las enfermedades o plagas transmitidas por el suelo. Alterne cultivos que devuelvan nitrógeno al suelo (por ejemplo, leguminosas) con cultivos que consuman una gran cantidad de nitrógeno. Si bien parte del nitrógeno se retira con la cosecha, una gran cantidad de nitrógeno se incorpora al suelo, que luego puede ser utilizado por el cultivo siguiente. Cultive cultivos de raíces profundas para mejorar los niveles más profundos del suelo y romper la compactación. Alterne con granos pequeños o heno para un mejor control de la erosión del suelo. Cultive cultivos que dejen una cantidad significativa de residuos en el campo, que se pueden utilizar como mantillo y pueden aumentar el carbono orgánico del suelo. Procure mantener el suelo cubierto permanentemente, cuando sea posible, con una raíz viva (consulte Cultivos de Cobertura). Esto aumenta la protección de los exudados de las raíces y puede ayudar a suprimir las malezas y aumentar la materia orgánica del suelo. Considere la idoneidad para el clima de la región al seleccionar los cultivos para la rotación. Evite cultivar especies similares consecutivamente. Evite cultivar cultivos que enfrenten amenazas similares de plagas en campos vecinos o en la siguiente temporada en el mismo campo. Considere la inclusión de un pasto o césped en su rotación de cultivos, ya que se ha demostrado que es beneficioso para el suelo.

Proceso

Con frecuencia, el centro local de investigación agrícola puede proporcionar información valiosa sobre qué rotaciones de cultivos y variedades de plantas funcionan en su región. Al planificar la rotación de cultivos, considere la adición de fertilizantes verdes como cultivos de cobertura o mantillo. Esto es beneficioso para mantener el suelo cubierto, alimentar a los organismos en el suelo o prevenir la erosión, especialmente para la protección del suelo fuera de temporada, por ejemplo, durante los meses de invierno o sequía. También considere el momento y la frecuencia de la aplicación de estiércol al campo. Un cultivo en crecimiento puede no permitirle aplicar el estiércol con frecuencia y puede requerir capacidades de almacenamiento de estiércol más grandes en la granja. Al cultivar diferentes cultivos, considere si hay una demanda real o uso para el cultivo. Si bien a menudo es posible tener un ciclo de rotación de cultivos más largo, el uso puede ser un factor limitante.

Fuentes

- [Crop Rotation Info \(California State University\)](#)
- [Crop Rotation \(USDA\)](#)

Estudio de caso



1
Inmersión regional:
Granja orgánica de
100 ha.

En esta granja orgánica, los cultivos son producidos sin utilizar pesticidas ni fertilizantes químicos. De esta manera, la rotación de cultivos es vital en el sistema de producción. La granja rota diferentes cultivos: el mismo cultivo solo se produce una vez cada seis años. Otros factores en la rotación incluyen:

- No producir cultivos que enfrentan amenazas similares de plagas en campos colindantes o en una temporada secuencial en el mismo campo.
 - No producir cultivos con altas demandas de nutrientes en secuencia en el mismo campo
- Los cultivos principales son achicoria, maíz, zanahorias, papas, chícharos, trigo y quinoa.

Una mezcla de pastos y tréboles también son sembrados por dos años consecutivos en la rotación, y el trigo se intercala con habas.



2
Inmersión regional
Noreste de China

Debido al clima extremo en la región, la tierra se congela desde Octubre hasta mayo, ocasionando una temporada agrícola corta. El cultivo preferido de los productores es el maíz, pues alcanza los rendimientos requeridos en un corto periodo de tiempo. En esta región, las rotaciones de cultivo son extremadamente difíciles, pero intercalar con alfalfa podría ser una solución que proporcione beneficios incluyendo diversidad y mejoramiento al suelo.

2.4

Cultivos de cobertura

Introducción

cultivos de cobertura tienen un efecto positivo en la salud del suelo al proporcionar material orgánico para alimentar a los organismos del suelo, suministrar nutrientes, proteger el suelo de quemaduras y erosión, y mejorar la tasa de infiltración del agua en el suelo. Estos cultivos se producen **entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente**. Durante estos períodos, el suelo normalmente habría quedado sin uso y expuesto. El suelo desnudo bajo el sol intenso puede alcanzar altas temperaturas. Esto no solo destruye organismos beneficiosos, sino que también seca el suelo y aumenta la tasa de mineralización del carbono en el suelo.

Conocimiento

Consideraciones para los cultivos de cobertura:

Plantar leguminosas antes de los cultivos forrajeros, ya que serán una fuente de nitrógeno. Las raíces de las leguminosas producen su propio nitrógeno, que es un importante nutriente fertilizante necesario para el crecimiento de todas las plantas. El nitrógeno se produce en nódulos que se forman en las raíces de las leguminosas y que contienen bacterias del género *Rhizobium*. Estas bacterias toman el nitrógeno del aire y lo convierten en una forma que las plantas pueden utilizar.

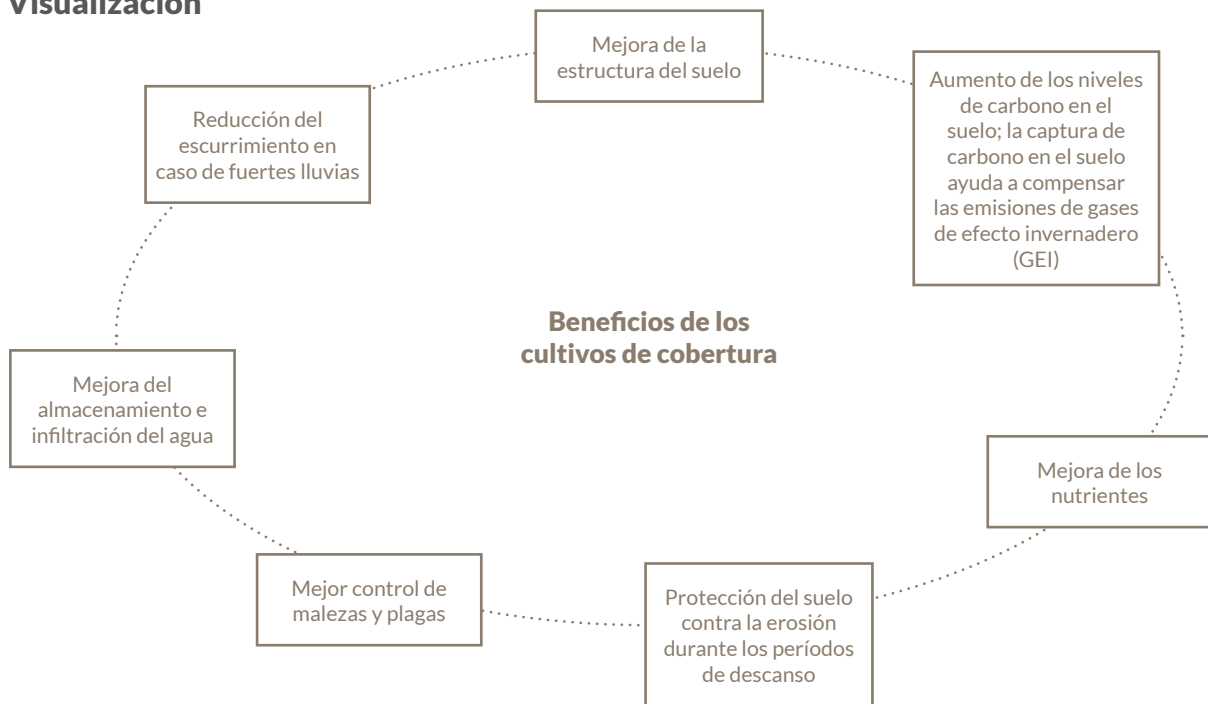
Ejemplo: El trigo cultivado después de leguminosas produce un rendimiento de grano más alto con un contenido de proteínas mayor. Debido a su temporada de crecimiento más corta, algunos cultivos de leguminosas no extraen tanta agua del suelo como el trigo y dejan más humedad residual para el cultivo de trigo. Para gestionar el riesgo, se aconseja a los agricultores plantar leguminosas solo cuando haya suficiente humedad almacenada en el perfil del suelo o disponible mediante riego. Para obtener todos los beneficios de la rotación trigoleguminosa, los residuos deben mantenerse en la superficie del suelo,

y tanto los cultivos de leguminosas como de trigo deben establecerse con un mínimo o nula labranza para conservar la estructura del suelo, el agua y los nutrientes del suelo. Por favor, encuentre más información sobre los cultivos de cobertura aquí. También es importante tener en cuenta la **relación C:N** al dejar los cultivos de cobertura como mantillo en el suelo. La materia orgánica está compuesta por cantidades sustanciales de carbono (C) y una menor cantidad de nitrógeno (N). El equilibrio entre estos dos elementos se conoce como relación carbono-nitrógeno o relación C:N. La relación C/N óptima recomendada es de 24:1. Los cultivos de cobertura con una relación baja significan que el suelo está cubierto durante menos tiempo, ya que los microorganismos pueden consumir los residuos más rápidamente. Por otro lado, si la relación es demasiado alta, los microorganismos tienen que buscar nitrógeno adicional para equilibrar el exceso de carbono, lo cual lleva más tiempo y podría provocar deficiencia de nitrógeno en el suelo, ya que el mantillo vegetal compite con el cultivo en crecimiento. El tema de las relaciones C:N se examina con más detalle en el compostaje.



Foto: Tallos de maíz con un cultivo de cobertura de Centeno.

Visualización



Información técnica

A continuación, se presentan ejemplos de diferentes tipos de cultivos y su idoneidad como cultivos de cobertura:

Tipo	Región	Ventajas	Desventajas
Pastos/Cereales	Temperate/Tropical	<ul style="list-style-type: none"> Potencial fuente de forraje para el ganado 	<ul style="list-style-type: none"> Puede transmitir plagas y enfermedades en la rotación de cereales Puede presentar desafíos de malezas en el siguiente cultivo Menos adecuado para su uso con labranza mínima
Brassicas	Templados/Tropicales	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de establecer y crecimiento rápido Buena opción de descanso invernal cuando se cultiva en rotaciones de cereales 	<ul style="list-style-type: none"> Pertenece a la misma familia que la canola, lo que puede presentar desafíos en rotaciones con esta y otras brassicas. Puede ser difícil de cosechar sin cortar si alcanza una altura considerable
Leguminosas	Templados/Tropicales	<ul style="list-style-type: none"> Potencial de fijación de nitrógeno y reducción de fertilizantes en el cultivo siguiente Buen descanso invernal en la rotación de cereales 	<ul style="list-style-type: none"> Puede no prevenir la lixiviación tan bien como otros cultivos Costoso y puede ser difícil de establecer
Phacelia	Templados	<ul style="list-style-type: none"> Pertenece a una familia diferente a otros cultivos Buena supresión de malezas y es más fácil de incorporar que las brassicas 	<ul style="list-style-type: none"> Costoso y puede ser difícil de establecer

Estudio de caso



Análisis Detallado Regional en Europa

La generalización de la cobertura permanente del suelo utilizando cultivos de cobertura durante los períodos de otoño e invierno es una de las principales políticas públicas europeas introducidas para promover una agricultura más sostenible.

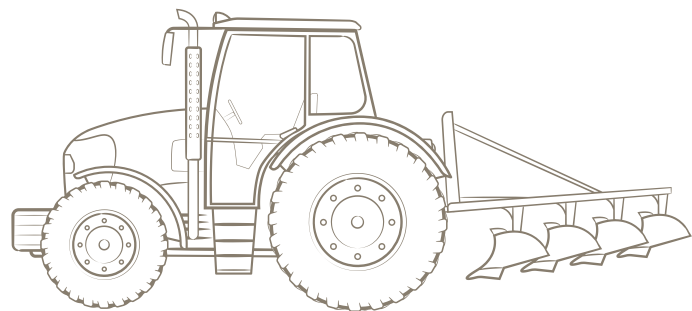
Esta cobertura del suelo utilizando cultivos de cobertura se aplica a todos los períodos de barbecho (es decir, suelo desnudo entre la cosecha de un cultivo principal y la siembra del siguiente cultivo principal) que preceden a un cultivo de primavera-verano. Existen cuatro clases principales de cultivos de cobertura: leguminosas, no leguminosas, gramíneas y brassicas. El uso de cultivos de cobertura aumentó del 6.5% al 8.9% de la tierra arable de la UE-28 entre 2010 y 2016. Su adopción por parte de los agricultores está progresando gracias al estímulo de los agrónomos por sus servicios multi-ecosistémicos y agroecológicos, así como debido a las políticas en algunas áreas de las tierras agrícolas de la UE a través de la Política Agrícola Común. Debido a la implementación de los cultivos de cobertura, los agricultores suelen obtener buenos rendimientos. Más recientemente, en un experimento de campo en el suroeste de Francia, una rotación de maíz-soya de dos años con un cultivo de cobertura de avena proporcionó un aumento del 5% en el margen directo.

Fuentes

- [FAO: Cover crop species, with a special focus on legumes](#)
- [New "Cover Crops and Soil Health" Video \(SARE\)](#)
- [Making the Transition to No-Till Corn/Cover Crop System \(University of Massachusetts\)](#)
- [The extra benefits of legumes-before-wheat \(FAO\)](#)
- [Carbon to Nitrogen Ratios in Cropping Systems \(USDA Natural Resources Conservation Service\)](#)
- [The Effects of Cover Crops on Multiple Environmental Sustainability Indicators—A Review \(Agronomy, MDPI\)](#)
- [Alternatives for the sustainable management of soil fertilization and plant nutrition \(FAO\)](#)
- [Legumes Feed Families and Soil \(New Mexico State University\)](#)
- [What is Conservation Tillage? \(Teagasc\)](#)
- [Alternatives for the sustainable management of soil fertilization and plant nutrition \(fao.org\)](#)

2.5

La Labranza mínima



Introducción

Minimizar o eliminar la labranza es una práctica clave para la agricultura regenerativa. La reducción de la perturbación del suelo ayuda a proteger la superficie del suelo, permitiendo que el agua se infiltre en lugar de escurrirse. También ayuda a mantener y apoyar la biología del suelo, con beneficios en términos de las relaciones fúngicas esenciales para la absorción de nutrientes y la captura de carbono. Los métodos convencionales de agricultura incluyen la labranza para enterrar los residuos de cultivos, controlar las malezas y las plagas y preparar la cama de siembra. Sin embargo, la labranza convencional conlleva una serie de efectos negativos en el suelo y el medio ambiente. La labranza mínimo (también conocido como labranza de conservación o labranza reducido) significa un labranza con **menor intensidad, menor frecuencia, menor profundidad y suelo menos perturbado**. La labranza mínima se define como la labranza que deja el **30%, o más, de la superficie del suelo cubierta por residuos de cultivos**.

Proceso

Existen varios métodos de labranza mínima que dejan una cantidad sustancial de residuos de cultivos (por ejemplo, labranza en franjas, labranza en caballones o labranza de mantillo). Sin embargo, se recomienda reducir en general la frecuencia de la labranza. Al labrar, se debe reducir el número de pasadas de labranza y la profundidad. Se debe minimizar la labranza en pendientes y realizarla a lo largo de la cresta de la pendiente. Se debe evitar trabajar el suelo cuando esté húmedo. La labranza en franjas se puede utilizar en campos de cultivos en hileras y combina los beneficios de la labranza cero con los beneficios de la labranza convencional (crear un lecho de siembra cálido y seco). Solo se labra el área de la cama de siembra, mientras que el área entre las hileras se deja sin perturbar y permanece cubierta con residuos de cultivos.

Por lo tanto, se minimiza la pérdida de humedad del suelo y se reduce la erosión del suelo. En el caso del labrado en crestas, se construye una cresta sobre la cual se siembran las semillas. Este sistema es beneficioso para suelos fríos y húmedos, ya que las crestas elevadas proporcionan un mejor drenaje y un ambiente más cálido. Mientras que el labrado en franjas y en crestas solo perturban parcialmente la superficie del suelo, el labrado con acolchado cubre toda la superficie del suelo. Se utilizan sistemas de labranza con una mínima perturbación del suelo y se distribuyen los residuos de cultivos de manera uniforme sobre la superficie del suelo. Encuentre más información sobre labranza mínima [aquí](#).

Información técnica/visualización



Foto: Labranza en franjas en Suiza: maíz sembrado en pastos segados

No labranza

● Residuo ▨ Alteración



- Suelo sin disturbios, sin labranza primaria o secundaria. El cultivo se siembra/planta directamente en el suelo. Capa uniforme de residuos de cultivos en la superficie de las hileras de cultivo y entre hileras.
- Ventajas: reduce la erosión, aumenta la infiltración de agua.
- Desventajas: puede requerir más nitrógeno.

Labranza en franjas

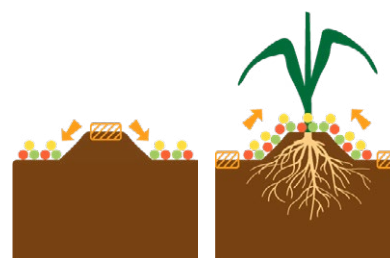


- Labranza parcial de ancho primario para cultivos en hileras, limitada a franjas separadas por suelo sin disturbios, para formar un lecho de siembra para cada hilera. La labranza en la hilera se realiza al momento de la siembra utilizando herramientas como una motocultivadora, un escarificador en la hilera u otros limpiadores de hileras.
- Ventajas: minimiza la pérdida de humedad del suelo, conserva los residuos del cultivo en la superficie del suelo.
- Desventajas: el ancho del sembrador debe coincidir con el ancho del equipo de labranza en franjas.

Labranza en lomos

Antes de plantar

Re-formación de crestas



- Labranza primaria limitada a la formación de crestas elevadas en hileras, a menudo en contorno. Las crestas se reconstruyen durante el cultivo. La siembra se realiza en/sobre las crestas.
- Ventajas: reduce la erosión, aumenta la infiltración de agua.
- Desventajas: requiere mantenimiento de las crestas, es intensivo en mano de obra.

Fuente de la infografía: [Soil health in agricultural ecosystems: Current status and future perspectives - ScienceDirect](#)

AFRONTANDO LOS DESAFÍOS

El desafío con la labranza mínima es lidiar con las malas hierbas y la compactación del suelo en suelos pesados. Las malas hierbas se pueden controlar combinando la labranza mínima con el uso de acolchado y cultivos de cobertura. Esto es lo que se practica generalmente, pero puede que no funcione de inmediato. A menos que se requiera una intervención mecánica excepcionalmente, estudie la causa raíz y discuta posibles opciones para mejorar aún más.

En cuanto a la compactación del suelo, en lugar de solo considerar opciones de labranza, considere si hay plantas de raíces profundas en su rotación de cultivos, cultivos de cobertura o cultivos intercalados que puedan ayudar a aflojar el suelo. Con frecuencia, estas plantas tienen una ventaja competitiva frente a las plantas de raíces más superficiales en dichos suelos y harán el trabajo por usted.

Caso de estudio



Inmersión regional,
Chile

En Chile, los productores de Nestlé están adoptando prácticas de agricultura regenerativa. Su retroalimentación a la fecha, en términos económicos, es que los costos de producción son iguales o menores comparados a la agricultura convencional. Nestlé soporta la transición con varios esquemas que incentivan, por ejemplo, la regeneración del suelo utilizando labranza mínima o cero labranza, y cultivos de cobertura.

Fuentes

- [Minimum Tillage \(SRUC\)](#)
- [Classification of Conservation Tillage Practices \(University of California\)](#)
- [Tillage Implements \(University of Minnesota\)](#)
- [What is Conservation Tillage?](#)

2.6

Mantillo

Introducción

El mantillo es la **colocación de una capa de material orgánico sobre la superficie del suelo**. El mantillo tiene numerosos beneficios, como mejorar la salud del suelo, mejorar su estructura y aportar nutrientes, lo que resulta en una mayor productividad con un menor impacto ambiental. Algunos ejemplos comunes de materiales utilizados para el mantillo son pajas, cáscaras, aserrín y restos de cultivos de cobertura descompuestos.

Conocimiento

El mantillo puede aportar muchos beneficios al sistema de producción lechera, incluyendo:

- Control de la temperatura y contenido de humedad del suelo.
- Reducción del crecimiento de las malas hierbas. Se recomienda utilizar una capa gruesa de mantillo orgánico, de 5 a 10 centímetros o más, para suprimir completamente el crecimiento de las malas hierbas (menos si el suelo tiene un drenaje deficiente). Si se utiliza mantillo de textura fina o doblemente triturado, se recomienda una capa de 2,5 a 5 centímetros, ya que estos materiales permiten menos entrada de oxígeno a la zona de las raíces. Sin embargo, no todos los mantillos funcionan bien para suprimir las malas hierbas. Por ejemplo, el compost es rico en nutrientes, pero si no se compostó a la temperatura adecuada y dependiendo del material del que esté hecho, puede funcionar como un banco de semillas para las malas hierbas. Si bien el compost puede tener un efecto del mantillo, se debe considerar más como un enriquecimiento del suelo que como una actividad para suprimir las malas hierbas. Exponer el compost a los elementos puede considerarse un desperdicio.
- El beneficio del mantillo en comparación con un cultivo de cobertura es que no compite por agua, pero ayuda a mantener la temperatura del suelo baja y reduce la evaporación del agua del suelo.
- Reducción de la erosión del suelo.
- Fertilizante natural y sustituto económico de los fertilizantes químicos.



Proceso

Diferencia entre los fertilizantes de amoníaco y urea:

El amoníaco es un gas a presión atmosférica, pero puede comprimirse en forma líquida, como el fertilizante de nitrógeno llamado amoníaco anhidro. Cuando se aplica el amoníaco anhidro, reacciona con el agua en el suelo y se convierte en la forma de amonio. El amonio en agua tiene la capacidad de escapar al aire libre, por lo que, al utilizarse como fertilizante de nitrógeno, debe inyectarse bajo la superficie del suelo. El amonio soluble en agua se adhiere fácilmente a las partículas de arcilla y materia orgánica, lo que evita que se lixivie. Durante la temporada de crecimiento, los microorganismos del suelo convierten el amonio en nitrato, que es la forma principal absorbida por las plantas. Las condiciones favorables del suelo para este proceso de conversión incluyen un pH del suelo de 7, una humedad del 50% de la capacidad de retención de agua del suelo y una temperatura del suelo de 27 grados Celsius. **Urea:** Este fertilizante generalmente experimenta un cambio en tres etapas antes de ser absorbido por los cultivos. Primero, las enzimas presentes en el suelo o en los residuos vegetales convierten el nitrógeno de la urea en amoníaco. A continuación, el amoníaco reacciona con el agua del suelo para formar nitrógeno amoniacal y, finalmente, el amoníaco se convierte en nitrato. La urea se disuelve y se desplaza con el agua del suelo, por lo que puede perderse por lixiviación si no se convierte en amoníaco y luego en amonio. La conversión a amoníaco ocurre en tan solo 2 a 4 días cuando la humedad y la temperatura del suelo son favorables para el crecimiento de las plantas. Las temperaturas más bajas ralentizan el proceso. Las pérdidas por lixiviación pueden ocurrir con lluvias intensas, riego, especialmente en combinación con una sobre-fertilización. Cuando se forma amoníaco a partir de urea aplicada en la superficie del suelo, parte de este puede volatilizarse, y la cantidad depende de una combinación de condiciones del suelo. Se puede esperar una mayor pérdida cuando el pH del suelo es superior a 7, la temperatura del suelo es alta y la humedad del suelo es baja. El amoníaco formado a partir de urea aplicada bajo la superficie del suelo se convierte rápidamente en amonio, que no se moverá con el agua ni se perderá al aire. La materia orgánica está compuesta por cantidades sustanciales de carbono (C) y una cantidad menor de nitrógeno (N) y puede utilizarse como un reemplazo natural de los fertilizantes químicos en las explotaciones agrícolas. La relación C:N influye en la descomposición de los residuos. La proporción de residuos orgánicos agregados al suelo es importante porque influye en la velocidad de descomposición del residuo y en la cantidad de nitrógeno reciclado a partir del residuo. Los microorganismos del compost requieren la proporción adecuada de carbono para obtener energía y nitrógeno para la producción de proteínas. La relación óptima recomendada de C:N es de 24:1. Si la relación es demasiado alta (exceso de carbono), la descomposición se ralentiza y puede



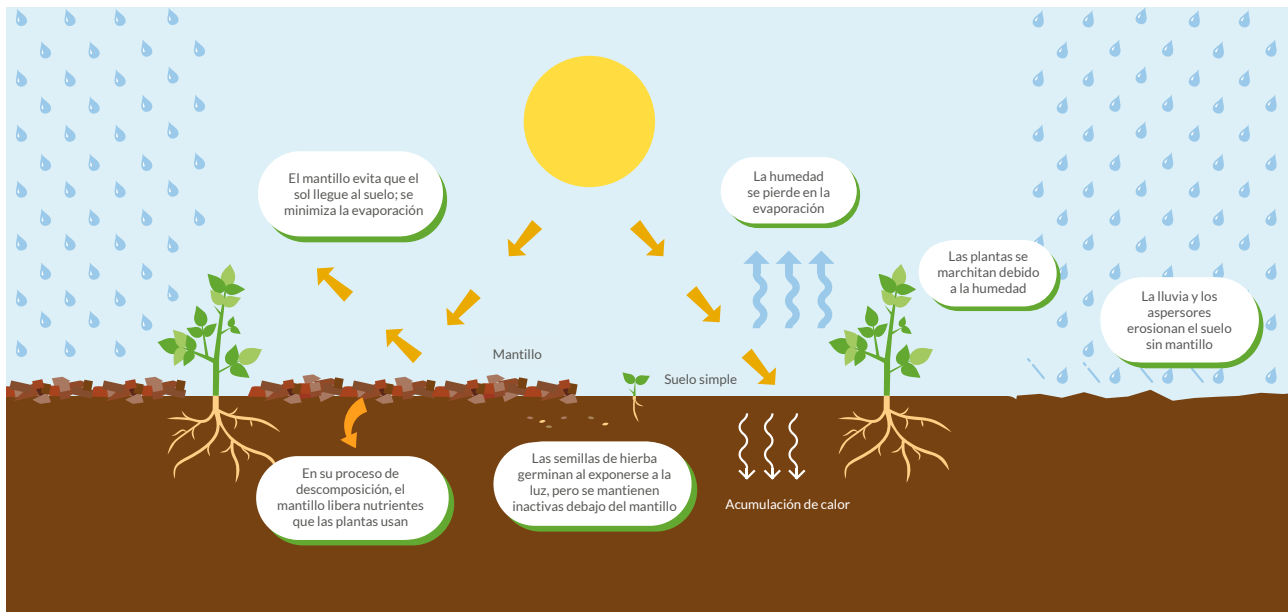
llevarse el nitrógeno necesario para el crecimiento de las plantas. Si la relación C:N es demasiado baja (exceso de nitrógeno), puede resultar en la producción de amoníaco, lo que lleva a olores o lixiviación. Las fuentes de material de acolchado pueden ser:

- Malezas o cultivos de cobertura.
- Residuos de cultivos.
- Hierba.
- Material de poda de árboles.
- Recortes de setos.
- Residuos de procesamiento agrícola o forestal.

Consideraciones para la aplicación de acolchado:

- Si es posible, el acolchado debe aplicarse antes o al comienzo de la temporada de lluvias, ya que el suelo es más vulnerable en ese momento.
- Si la capa de acolchado no es demasiado gruesa, las semillas o plántulas se pueden sembrar o plantar directamente entre el material de acolchado.
- En parcelas de cultivos hortícolas, es mejor aplicar el acolchado solo después de que las plantas jóvenes se hayan vuelto algo más resistentes, ya que pueden ser dañadas por los productos de descomposición del material de acolchado fresco.
- Si se aplica acolchado antes de la siembra o plantación, la capa de acolchado no debe ser demasiado gruesa para permitir que las plántulas la penetren.
- El acolchado también se puede aplicar en cultivos establecidos, mejor directamente después de cavar el suelo.
- Se puede aplicar entre las filas, directamente alrededor de las plantas individuales (especialmente para cultivos arbóreos) o distribuir uniformemente en el campo.

Información técnica/visualización



Fotografía: Beneficios del mantillo.

Fuente de la fotografía: [How Mulch Works: The 4 Functions of Mulch in Your Garden \(yourgreenpal.com\)](https://www.yourgreenpal.com)

Aplicar acolchado inhibe el crecimiento de las malezas de dos formas; al evitar que las semillas aterricen libremente en el suelo y germinen, y al bloquear la luz solar. La profundidad del acolchado necesaria para suprimir las malezas varía según el tipo utilizado. La siguiente información brinda más detalles sobre las mejores profundidades a utilizar para diversos tipos de acolchados.

Tipo	Descripción	Profundidad
Corteza de árbol	<ul style="list-style-type: none"> Subproducto de las industrias madereras 	5 – 10 centímetros
Recortes de césped	<ul style="list-style-type: none"> El césped fresco se descompone fácilmente y aumenta el contenido de nitrógeno. Los recortes de césped frescos no se utilizan durante la temporada de lluvias, ya que pueden desarrollar sus propios sistemas de raíces y afectar el crecimiento de los cultivos. 	5 – 7.5 centímetros
Hojas secas	<ul style="list-style-type: none"> Más adecuados como mantillo si se compostan. Coloque ramas pequeñas o corteza de madera sobre las hojas para evitar que se dispersen por el viento. 	7.5 – 10 centímetros
Paja	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de aplicar en el campo, se mantiene en su lugar y refleja la luz solar. Excelente aislante, permite la penetración del agua y controla las malezas. Propiedades inflamables si está seco. 	15 – 20 centímetros
Composta/ Estiércol	<ul style="list-style-type: none"> Aumenta el contenido de carbono y mejora la retención de agua en el suelo. 	7 – 10 centímetros
Aserrín	<ul style="list-style-type: none"> Retiene la humedad, pero carece de nutrientes. Ácido. 	2.5 – 4 centímetros

Fuentes

- [Mulch Tillage \(Ontario Federation of Agriculture\)](#)
- [Potential agricultural and environmental benefits of mulches \(Springer Open\)](#)
- [Mulching Landscape Trees \(PennState Extension\)](#)
- [Mulching in organic agriculture \(FAO\)](#)
- [Types and Uses of Nitrogen Fertilizers for Crop Production \(Purdue University\)](#)
- [Carbon-nitrogen ratio management \(Global Seafood Alliance\)](#)
- [Soil Organic Carbon: A review of 'critical' levels and practices to increase levels in tillage land in Ireland \(Teagasc\)](#)
- [TECA \(fao.org\)](#)

2.7

Cultivos forrajeros

Introducción

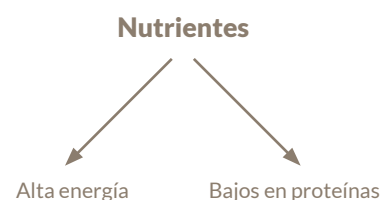
Producir forraje en la granja lechera puede disminuir los costos de alimentación y brinda al agricultor control sobre la disponibilidad del alimento y cómo se cultiva. Un enfoque planificado para cultivar cultivos forrajeros aumenta el rendimiento de los cultivos y los beneficios para toda la granja. Al tener una estimación realista del rendimiento potencial del cultivo y el nivel de alimentación deseado, se puede determinar el presupuesto de alimentación y el área de tierra adecuada requerida.

2.7.1

Maíz y Sorgo

Introducción

El maíz, también conocido como elote, es un cultivo altamente adaptable con un mayor potencial de rendimiento en comparación con otros cultivos de cereales. Debido a su adaptabilidad a diversas condiciones agroclimáticas, los agricultores lecheros eligen el maíz como un cultivo que puede ayudar a mitigar los riesgos de los cambios climáticos en todo el mundo. El sorgo puede ser cultivado como un sustituto del maíz en áreas con menor precipitación, ya que requiere la mitad de la humedad del maíz.



Fotografía:
La cosecha
de maíz
utilizando
maquinaria.





Fotografía: Sorgo

Conocimiento

Las variedades mejoradas de maíz permiten su crecimiento en climas calurosos, secos y templados. Sin embargo, solo debe ser sembrado cuando las temperaturas del suelo sean estables y estén por encima de los 10°C, ya que el maíz extrae grandes cantidades de nitrógeno y potasio del suelo. En cuanto al **sorgo**, los rendimientos más altos se obtienen cuando la temperatura media oscila entre los 24 y 27°C. Se destaca por su tolerancia a la sequía en comparación con el maíz.

Resources

- [Maize Fodder Production Under Changing Climatic Scenario For Nutritional Security of Livestock \(researchgate.net\)](#)
- [Maize is a vital crop for many New Zealand dairy farmers \(DairyNZ\)](#)
- [Forage Sorghum \(psu.edu\)](#)
- [Sorghum in Dairy Cattle Production Feeding Guide \(agrillife.org\)](#)

Proceso

Como fuente de alimentación rica en energía, el maíz se puede utilizar en diversas formas (verde, como grano, como ensilaje de grano, en copos, como ensilaje de planta completa). El ensilaje de maíz se utiliza a menudo como suplemento de pasto para garantizar alimentación durante todo el año para los rebaños lecheros. El contenido de materia seca del ensilaje de maíz generalmente varía entre el 30% y el 35%. El sorgo se destaca especialmente por su tolerancia a la sequía en comparación con el maíz. Aunque las investigaciones han demostrado que utilizar sorgo en vacas lecheras en lactancia da como resultado una producción de leche similar al maíz, el precio de mercado del sorgo es mucho más bajo que el del maíz. Esto conlleva a un ahorro de costos al cultivar sorgo como forraje en la granja debido a los menores costos de semillas.

2.7.2

Alfalfa

Introducción

La alfalfa (también conocida como lucerna), proporciona los nutrientes necesarios para las vacas lecheras de una manera altamente digestible y rentable. El cultivo forrajero perenne es una excelente fuente de proteína digestible, fibra y minerales.



Conocimiento

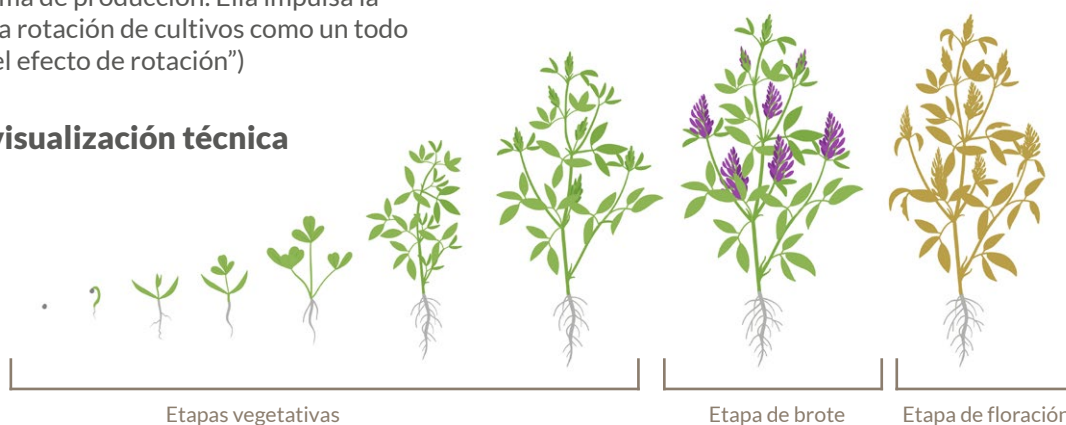
La alfalfa proporciona muchos beneficios al sistema de cultivo: tanto durante la producción de alfalfa como a los cultivos posteriores. Algunos beneficios durante la producción de alfalfa incluyen: incremento de materia orgánica, disminución de la erosión del suelo y disminución de la pérdida de nitratos por lixiviación. La alfalfa normalmente no requiere fertilizante nitrogenado, y solo algunas aplicaciones de herbicidas: como leguminosa, las plantas de alfalfa fijan su propio nitrógeno en sus raíces, usando las bacterias de la rizósfera, por lo que requieren menos fertilizantes (el suelo rico en nitrógeno puede inclusive proveer nitrógeno para los siguientes cultivos en rotación. La necesidad para insumos adicionales de control de plagas también se reducido que la alfalfa hospeda u rango de insectos (ej. catarinas y otras avispas parasitoides) que pueden controlar la población de otros insectos plaga. La alfalfa también es un valioso hábitat de vida silvestre, y fuente de néctar para abejas. Sus largas raíces la hacen resiliente a sequías, y como perenne puede proporcionar cobertura continua al suelo por varios años y contribuye a reducir la labranza. La alfalfa es reconocida por los agricultores no solo por su valor como cultivo, sino también por sus beneficios a otros cultivos en el sistema de producción. Ella impulsa la productividad de la rotación de cultivos como un todo (conocido como “el efecto de rotación”)

Proceso

Conforme la planta se va desarrollando de etapas vegetativas hacia reproductivas, el rendimiento del forraje incrementa al tiempo que los valores nutricionales y de digestibilidad, disminuyen. Para asegurar alta digestibilidad y contenido de proteína, la alfalfa normalmente es cortada en la etapa de brote para las vacas lactantes. Posterior al corte, los tallos y hojas se regeneran permitiendo múltiples cortes por temporada. Para facilitar la regeneración, se retiran recursos de los sistemas radicales lo que resulta en algunas raíces muertas. Estas raíces muertas, sin embargo, incrementan la materia orgánica del suelo, jugando un rol importante en el secuestro de carbono. Como las raíces de la alfalfa son mucho más largas que las raíces de otros cultivos, el carbono depositado a mayor profundidad del suelo está protegido de ser liberado de regreso a la atmósfera. La alfalfa puede ser alimentada como forraje o heno, silo o pellets.

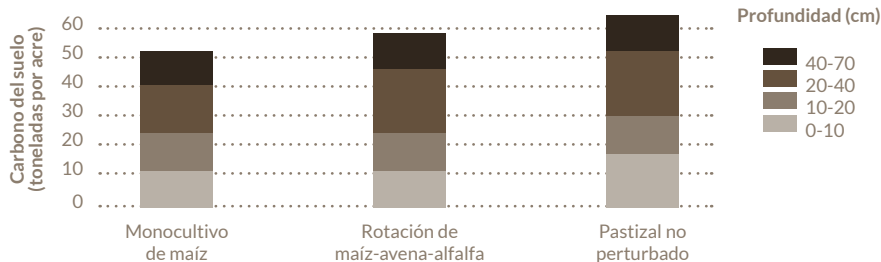
Información/ visualización técnica

Fenología de la alfalfa



El carbono del suelo y un ejemplo de rotación de cultivos. Rotar maíz con alfalfa aumenta el carbono del suelo, especialmente en mayores profundidades del suelo.

Fuente de foto: [alfalfaenvironment2.pdf](#)



Fuente:

- [Alfalfa for Dairy Cattle \(uky.edu\)](#)
- [Alfalfa, Wildlife & the Environment \(National Alfalfa and Forage Alliance\)](#)
- [Alfalfa benefits wildlife and the environment, in addition to its economic value - \(Green Blog, ucanr.edu\)](#)
- [Managing the rotation from alfalfa to corn \(University of Minnesota Extension\)](#)

2.7.3

Remolacha forrajera

Introducción

La remolacha forrajera es un cultivo principal de raíces que puede producir rendimientos sustanciales.



Conocimiento

Con rendimientos de raíces y parte superior de hasta 65-90 toneladas por hectárea de forraje de alta calidad posibles en otoño, invierno y principios de primavera (basado en clima templado), la remolacha forrajera ofrece un contenido de materia seca que varía entre 15-22%, lo que permite obtener un rendimiento sustancial de materia seca. Sus principales beneficios en los sistemas de alimentación son su alta calidad, alta utilización y bajos costos. Ofrece una oportunidad para los agricultores, ya que se reduce la cantidad de tierra necesaria para cultivar forraje de invierno. El cultivo de la remolacha forrajera reduce la necesidad de forrajes conservados y alimentos comprados, lo que aumenta la eficiencia y rentabilidad en la granja.

Algunas de las ventajas de cultivar remolacha forrajera incluyen:

- Alimentación de alta calidad con un alto potencial de rendimiento.
- Flexibilidad, ya que se puede pastorear o cosechar. Su capacidad para ser pastoreada puede reducir significativamente los costos de cosecha.
- Larga vida útil, con la posibilidad de ser almacenada durante 4 a 5 meses siempre y cuando estén sanas y no hayan sufrido daños durante la cosecha. También pueden permanecer en el suelo siempre que no ocurran heladas dañinas.
- Baja necesidad de nitrógeno, lo que reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados y disminuye el riesgo de lixiviación de nitratos.
- Capacidad para aflojar suelos compactados.

Proceso

La siembra directa puede mejorar la aptitud para la sobrevivencia en invierno al mejorar la retención de humedad en el suelo, lo cual es importante para un buen establecimiento y proporciona una superficie más firme. Un componente crítico para cultivar un cultivo de alto rendimiento es un sistema adecuado de control de malezas. La remolacha forrajera es un cultivo de establecimiento lento y el control de malezas es crucial en las primeras 8 semanas de crecimiento. Además, se considera un cultivo susceptible a la compactación del suelo (la compactación del suelo tiene consecuencias negativas como la reducción de la porosidad del suelo, disminución de la aireación, reducción de la conductividad hidráulica saturada y aumento de la resistencia del suelo a la exploración de las raíces). Bajo condiciones de disponibilidad limitada de agua, la remolacha forrajera puede mostrar signos visibles de estrés, como marchitamiento durante el día. Sin embargo, el cultivo tiene la capacidad de extraer agua de las capas profundas del suelo y, por lo tanto, puede haber oportunidades para limitar la cantidad de riego en suelos más pesados sin comprometer los rendimientos.

Fuentes

- [Fodder Beet is a Root Crop with a High Yield Potential \(DairyNZ\)](#)
- [Fodder Beet \(DLF Seeds Ireland\)](#)
- [Fodder Beet Guide \(Agricom.co.nz\)](#)
- [Why Grow Fodder Beet \(DLF\)](#)
- [Traffic effects on soil compaction and sugar beet \(Beta vulgaris L.\) taproot quality parameters \(Research Gate\)](#)

2.7.4

Multi-corte

Introducción

PASTO

El sistema de silo de pastos multi-corte es un sistema en el que se corta el silo de hierba **de manera más temprana y frecuente**, con alrededor de 4 a 6 cortes por temporada cada 28-30 días, dependiendo de las condiciones climáticas (ver tabla a continuación). Además del sistema de silo de hierba, los múltiples cortes son adecuados para la alimentación verde/fresca; el número de cortes y los intervalos entre cortes son similares a cuando se cosecha para el silo.

Conocimiento

El sistema puede ayudar a la granja a cultivar más forraje de mejor calidad y sigue los mismos principios que el pastoreo rotativo en términos de permitir que la hierba se recupere entre cortes y aprovechar al máximo el crecimiento antes de que las hojas se marchiten (las hojas mueren, pero las raíces de las plantas permanecen vivas). Los rendimientos de cada corte serán más bajos, pero a lo largo del año se conservará más materia seca por hectárea, ya que los sobrantes de hierba estarán más verdes después de cada corte y el campo fotosintetizará durante más días también. Los análisis han demostrado que el ensilaje del sistema de cortes múltiples tiene un mayor contenido de energía y una mejor proteína bruta. La hierba cosechada en el sistema de cortes múltiples tendrá un mayor contenido de proteína y menor contenido de azúcar en comparación con un corte estándar debido a los cambios durante el crecimiento de la hierba. Un aspecto importante a tener en cuenta es la relación azúcar/proteína, que debería ser de aproximadamente 2 (si es menor, entonces la materia seca debe ser mayor). La hierba más joven y con más hojas y menos tallos significa un alimento mejorado, más digestible y consistente para las vacas. La mayor utilización por hectárea también permite una mayor carga animal y una mejor calidad de leche. Otras ventajas incluyen una mejor salud ruminal y fertilidad, menores costos de alimentación comprada, cortes más pequeños que permiten aprovechar ventanas de buen clima más cortas y, si llueve, volúmenes más pequeños se pueden secar más rápidamente, y cada corte individual representa una parte menor del requerimiento total de alimento. Una posible desventaja del sistema es que el costo por acre generalmente será mayor con un sistema de cortes múltiples debido a los mayores niveles de insumos y mayores costos de cosecha. Sin embargo, estos costos pueden ser compensados por el aumento



en la producción de leche que brinda una mayor calidad de ensilaje. Por cada 5.3 MJ de energía adicional disponible a través de mejoras en la calidad del ensilaje, se puede producir un litro adicional de leche. Por ejemplo, 200 toneladas de ensilaje podrían producir 37,700 litros adicionales de leche. Cuando se utiliza fresco, se recomienda la intercalación de hierba de cortes múltiples con leguminosas. Las ventajas de esta práctica incluyen un mayor rendimiento de materia seca (contribución de la materia seca de las leguminosas), beneficios nutricionales adicionales de las leguminosas para la vaca lechera y reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados. Se recomiendan intervalos de corte más cortos para aumentar la contribución de las leguminosas a la mezcla.

Además del pasto, se pueden utilizar con éxito otras variedades de cultivos forrajeros que ofrecen un mínimo de 3 cortes por temporada en sistemas de riego pluvial y más en áreas de riego. Al igual que el pasto de múltiples cortes, el rendimiento por corte será menor, pero ofrecerá alimento de mejor calidad. Los híbridos de múltiples cortes son creados para superar muchos de los cortes únicos existentes en la producción de materia seca, contenido de proteína y energía. También tienen un rápido crecimiento posterior al pastoreo intenso y condiciones de crecimiento desfavorables, y pueden considerarse como un seguro ante el estrés para los agricultores,

recuperándose bien después de períodos de sequía y respondiendo rápidamente a cualquier humedad disponible. Otros beneficios ofrecidos son ahorros en semillas, preparación del terreno y operaciones de labranza. Es importante recordar que, aunque en regiones tropicales pueden ser posibles más cortes, las plantas forrajeras cultivadas en regiones ecuatoriales son menos digestibles que las cultivadas en regiones templadas, ya que contienen más fibra y lignina, y menos proteína. Esto significa que puede ser necesario más alimento para satisfacer los requerimientos nutricionales del animal.

Estudio de caso

Análisis detallado regional

Tipo	Intervalo de corte	Cortes anuales	Ubicación (ejemplos)
Raigrás perenne intermedio y tardío	Cada 28-30 días	4-6 cortes por temporada	Europa
Mijo perla	55 días después de la siembra para el primer corte y cada 30 días para los cortes siguientes	3-4 cortes por temporada	Sur de Asia India y Pakistán
Pasto naiper	50 días después de la siembra para el primer corte y cada 45 días para los cortes siguientes	3-8 cortes por temporada	Sureste de Asia y este de África
Pasto mott	60 días después de la siembra para el primer corte y cada 45 días para los cortes siguientes	3-6 cortes por temporada	Indonesia
Sorgo forrajero	55 días después de la siembra para el primer corte y cada 45 días para los cortes siguientes	3-6 cortes por temporada	India y Pakistán
Alfalfa pura y pastos polifiléticos*	Cada 30 días	Up to 8 cortes por temporada	Argentina

*e.g.: Pasto rescatista (*Bromus catharticus*), Ray-grass perenne (*Lolium perenne*), Ray-grass anual (*Lolium multiflorum*), Trébol rojo (*Trifolium pratense*), Trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol de hoja estrecha (*Lotus tenuis*).

Una prueba de suelo actualizada es vital para permitir el uso más efectivo y rentable de fertilizantes y abonos. Elegir el momento adecuado para las aplicaciones también es clave, ya que el pasto responde mejor al nitrógeno (N) cuando la temperatura del suelo medida a 10 cm es superior a 5,5 °C durante al menos cuatro días consecutivos. El estiércol orgánico debe aplicarse al menos seis semanas antes de hacer el ensilado para evitar la contaminación que podría ocasionar problemas de

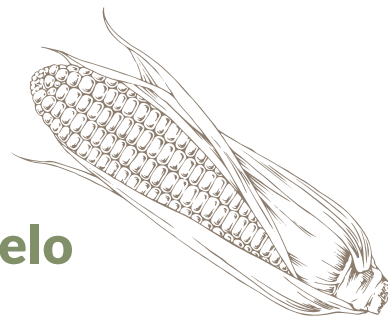
fermentación. Además, los agricultores necesitan permitir suficiente tiempo para que las plantas utilicen el nitrógeno aplicado a partir del estiércol y los fertilizantes. Los pastizales pueden utilizar 2,5 kg de N/ha/día (alrededor de 2 unidades de N/acre/día) en condiciones climáticas ideales.

Fuentes

- [Experts answer your multi-cut silage questions \(VOLAC\)](#)
- [Multicut Silage \(Farming Connect\)](#)
- [Forage Crops and Grasses \(ICAR\)](#)
- [Preparing for multi-cut systems \(AHDB\)](#)

2.8

Maíz como planta indicadora de suelo



Introducción

Las plantas indicadoras pueden ayudar a los ganaderos lecheros a determinar el uso óptimo de los recursos de la tierra para pastizales y cultivos forrajeros. Se utilizan para determinar los niveles locales del suelo y ayudar a los agricultores a elegir los cultivos más adecuados para cultivar en un campo específico y qué campos dejar para pastizales u otros fines. El maíz es un ejemplo de planta indicadora ampliamente utilizada. Al cultivar algunas plantas de maíz en campos específicos y monitorear el crecimiento de las plantas, los ganaderos lecheros pueden detectar deficiencias minerales en el suelo a través de una evaluación visual de las hojas de la planta de maíz. Es importante destacar que las deficiencias minerales también ocurren cuando los nutrientes están presentes en el suelo, pero no están disponibles para la planta (esto puede ser debido a factores como el pH o la baja actividad microbiana). Por lo tanto, la solución para las deficiencias minerales no necesariamente es la fertilización sintética.

Información técnica



Nitrógeno (N)

La deficiencia de N causa un follaje pálido de color verde-amarillento y plantas enanas que maduran temprano con rendimiento y calidad significativamente reducidos. Como el N es un nutriente móvil, se mueve primero a las hojas más nuevas, lo que significa que los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas y luego se desarrollan en las hojas más jóvenes a medida que las condiciones se vuelven más graves. Al moverse de las hojas más antiguas a las más jóvenes, los signos de amarilleo a menudo formarán un patrón en forma de "V" en la hoja de la planta.

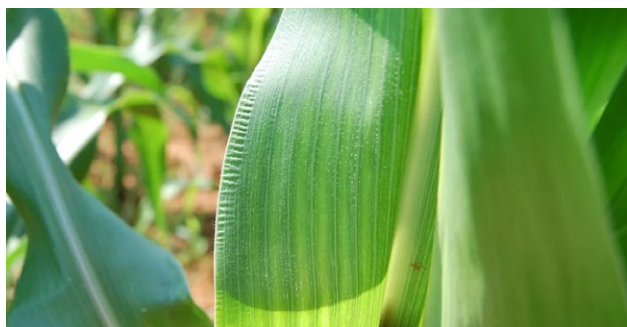
Fósforo (P)

Las plantas jóvenes que sufren deficiencia de P son raquílicas y delgadas, con hojas de color verde oscuro. Las plantas son más pequeñas y tienen un crecimiento más lento. Tienen puntas y márgenes de hojas de color rojizo o violáceo en las hojas más viejas, que incluso pueden extenderse por toda la lámina de la hoja. Esta decoloración generalmente es visible principalmente en la etapa juvenil de la vida de la planta y las hojas recién emergentes no mostrarán la coloración.



Potasio (K)

Las plantas deficientes en K muestran bordes de hojas que pueden volverse amarillos y eventualmente tornarse marrones y necróticos en el borde de las hojas más viejas, pero las hojas superiores más nuevas pueden permanecer verdes. El maíz tiende a inclinarse tarde en la temporada de crecimiento debido a una debilidad en la resistencia del tallo.



Calcio (Ca)

Las deficiencias de Ca se hacen evidentes al comienzo de la temporada de crecimiento y comienzan en las hojas más jóvenes. Las puntas de las hojas muestran manchas de color verde claro o blanquecinas o lesiones estriadas y a menudo están dobladas hacia atrás. El calcio es importante para la salud de la follaje y contribuye a mejorar la calidad del grano y aumentar los rendimientos.

Magnesio (Mg)

La deficiencia de magnesio se observa primero como bandas amarillas a blancas entre las venas de las hojas inferiores del maíz, con manchas redondas muertas que a veces siguen, lo que da la impresión de rayas perladas. Las hojas más viejas muestran tonalidades rojas y moradas que tienen un aspecto estriado, y las puntas y bordes pueden volverse necróticos si la deficiencia es severa.



Azufre (S)

Las plantas deficientes en azufre se pueden identificar por las hojas más jóvenes que muestran rayas amarillas, especialmente en el margen de la hoja. La deficiencia de azufre a menudo se confunde con la deficiencia de nitrógeno durante el desarrollo temprano de la planta, pero el amarillamiento de las hojas jóvenes superiores es más pronunciado en las plantas deficientes en azufre. El enanismo de las plantas y la madurez tardía también son síntomas.

Zinc (Zn)

La deficiencia de zinc se puede observar como rayas de color verde claro a blanco entre las venas o como bandas anchas que comienzan en la base de la hoja y se extienden hacia la punta de las hojas más nuevas. Las plantas son enanas porque los entrenudos se acortan. El zinc es relativamente inmóvil en la planta y una deficiencia severa de zinc puede resultar en hojas nuevas que son casi blancas, un efecto conocido como "yema blanca".



Fuentes

- [Magnesium Deficiency](#)
- [Nitrogen Deficiency](#)
- [Phosphorous Deficiency](#)
- [Calcium Deficiency](#)
- [Zinc Deficiency](#)
- [Sulfur Deficiency](#)
- [Potassium Deficiency](#)

2.9

Abastecimiento Responsable de Alimentos

Introducción

Cuando el alimento producido en la granja no es suficiente para alimentar al hato lechero, los agricultores pueden necesitar obtenerlo externamente. El origen del alimento es un aspecto importante a considerar, ya que esto ayuda a los agricultores a comprender el impacto que tiene el alimento obtenido en su huella de carbono. Un impacto ambiental negativo puede incluir, por ejemplo, la conversión de paisajes naturales para cultivar alimento (**cambio en el uso del suelo**). La conversión a tierras de cultivo a menudo requiere la eliminación de bosques (**deforestación**) u otros hábitats biodiversos. Esto tiene impactos negativos en el medio ambiente de muchas maneras. Los árboles capturan gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂). La deforestación reduce el almacenamiento de carbono por los árboles y aumenta las emisiones de carbono si estos árboles se queman o se consumen de alguna otra forma. Obtener alimento de **proveedores sostenibles** ayuda a reducir los impactos ambientales negativos relacionados con el cambio en el uso del suelo y la deforestación. **La cría de ganado y el cultivo de soya y aceite de palma** son los principales impulsores de la deforestación. El cultivo de soya para consumo humano y animal ha crecido rápidamente en Brasil en los últimos treinta años. La soya ocupa grandes partes del bioma del Cerrado y ahora ha llegado a la Amazonia; por lo que se han planteado preocupaciones sobre sus impactos ambientales y sociales.

Conocimiento

SOYA

Como cultivo anual, las plantas de soya solo producen un rendimiento en cada ciclo de vida y no responden a productos químicos comunes de cultivo como fertilizantes. Esto significa que, para aumentar el rendimiento y satisfacer la demanda, se debe plantar más soya, lo que requiere más tierra. En países tropicales donde se produce ampliamente la soya, esto significa que se están deforestando grandes áreas de tierra para cultivar soya. A nivel mundial, la soya es el segundo mayor impulsor agrícola de la deforestación, después de la ganadería. Acciones potenciales: Solicite a su fabricante de alimento que obtenga soya de fuentes que provengan de áreas no deforestadas. Verifique si es posible obtener suministros directamente de un grupo de agricultores en una región. Evalúe la posibilidad de reemplazar la soya con otros ingredientes de alimento proteico que sean competitivos en costos.

CERTIFICADOS

El informe del Monitor Europeo de Soya 2019 distingue dos tipos de soya certificada:



Soya responsable incluye el requisito de que la soya no se produzca en tierras que fueron deforestadas ilegalmente después de las fechas límite determinadas por la legislación nacional (por ejemplo, 2008 en el código forestal nacional de Brasil).

Soya libre de deforestación se refiere a la soya que prohíbe la eliminación de cualquier tipo de vegetación nativa, ya sea legal o no según la legislación nacional, después de una fecha límite de 2008 o mayo de 2009.

ABASTECIMIENTO DE ALIMENTO PARA GRANJAS CERCANAS

Todo comienza con la trazabilidad. Considere asegurar contratos a medio o largo plazo para la tierra utilizada para producir alimento para su granja. Esto puede ser mediante la compra, alquiler o la celebración de acuerdos de suministro con los

agricultores que cultivan el alimento para usted. Llévelos en el mismo camino de la Agricultura Regenerativa en el que usted se encuentra. Comience de manera pequeña y eficiente, y cuando tenga éxito, aumente la escala. Esto ayudará a garantizar que su granja tenga un suministro asegurado en el futuro.

Información técnica / visualización

ALTERNATIVAS

Una de las formas más sencillas en las que los agricultores podrían reducir su dependencia de la soja o el aceite de palma es revisando su plan de alimentación para optimizar las raciones de alimento y excluir fuentes de alimentación de alto riesgo, como la harina de soja vinculada a la deforestación. Los productores de leche pueden buscar reemplazar la dependencia de la soja y el aceite de palma insostenibles utilizando alternativas:

La melaza es un subproducto del proceso de extracción de azúcar de la remolacha azucarera y la caña de azúcar. El líquido residual es una excelente fuente de energía para las vacas lecheras. La melaza es principalmente un suplemento energético y tiene deficiencia de proteínas. Sin embargo, cuando se combina con nutrientes clave, la melaza se convierte en un excelente suplemento para el hato lechero.



Fotografía: Pastel de melaza

Harina de semillas oleaginosas en particular el aceite de colza (también conocido como aceite de canola), es rico en proteínas y ofrece una calidad de proteína y perfil de aminoácidos similar al de un alimento de soya.



Fotografía: alimento de canola

Los **granos residuales de una cervecería** son el residuo que se obtiene de la producción de cerveza a base de trigo, cebada, maíz y otros cereales. Es un ingrediente alimentario altamente apetitoso, húmedo, de proteína a bajo costo, que también es rico en lípidos y fibra. Tiene un bajo contenido de energía y requiere una fuente de nitrógeno para proporcionar el conjunto completo de aminoácidos necesarios para las vacas. También contiene un alto nivel de minerales y vitaminas.



Fotografía: Granos de cervecería

Algunas otras alternativas como los alimentos para insectos, la proteína de células individuales y la lenteja de agua carecen de producción a gran escala para ser competitivas en costos, pero son fuentes emergentes de alimentación.

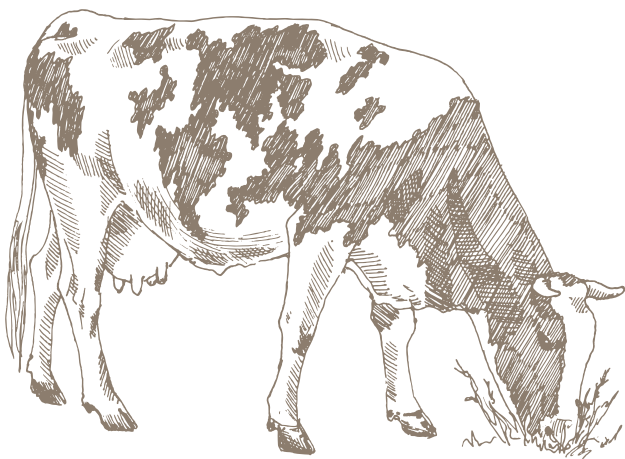
Fuentes

- [State of the World's Forests 2020 \(fao.org\)](#)
- [Feeding the Dairy Cow \(Teagasc | Agriculture and Food Development Authority\)](#)
- [Soy: food, feed, and land use change \(TABLE\)](#)
- [A Comparison of Leading Palm Oil Certification Standards \(Forest Peoples Programme\)](#)
- [Deforestation and the social impacts of soy for biodiesel: Perspectives of farmers in the South Brazilian Amazon \(CIFOR\)](#)

3

PASTIZALES



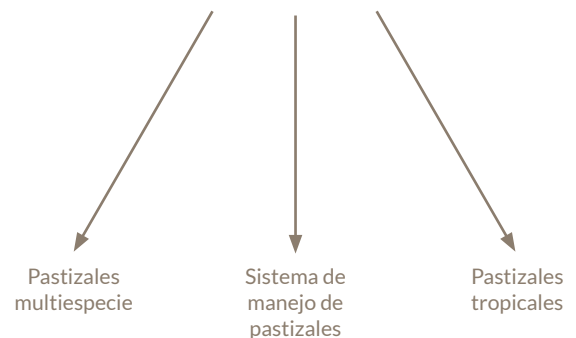


Introducción

Esta sección proporciona información sobre cómo se ve un sistema de agricultura lechera regenerativa basado en pastoreo. Con frecuencia, los sistemas basados en pastoreo pueden convertirse en una ventaja competitiva al reducir los costos de producción en comparación con otros sistemas de producción lechera. Sin embargo, el pastoreo solo puede ser una ventaja competitiva si se maneja adecuadamente. Es necesario planificar, establecer y mantener bien el pasto. Esto ayuda a que las vacas sean productivas y las granjas sean rentables. Esta sección "Agostaderos" revisa los elementos clave de los agostaderos regenerativos con un enfoque en los principios clave de agostaderos multiespecie y sistemas de manejo de agostaderos, como el pastoreo en grupo y el pastoreo rotativo. También se incluyen enfoques de prácticas regenerativas en sistemas de agostaderos en regiones templadas y tropicales.



Pastizales regenerativos para el manejo de la granja, la salud animal y los beneficios ambientales.

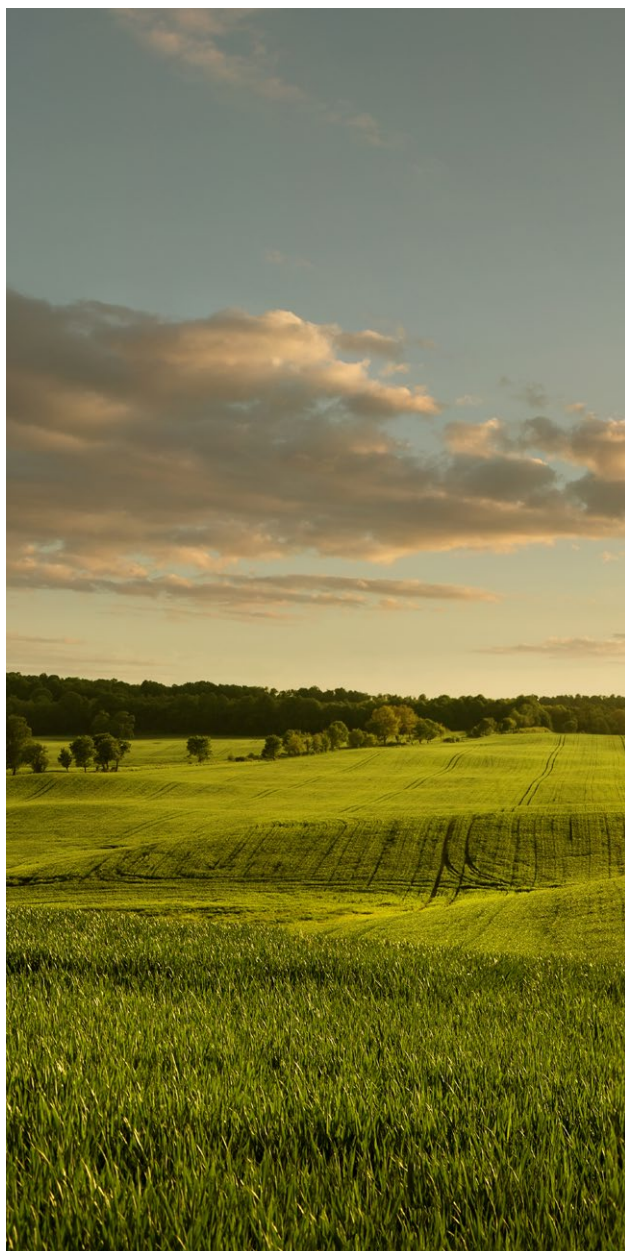


3.1

Selección y planeación de pastizales

Introducción

La selección y manejo del pastizal es uno de los factores más importantes a considerar cuando se trata de la salud y productividad de las vacas en lactancia. El valor nutricional de un pastizal tiene el mayor impacto en la calidad y volumen de leche producida, lo que afecta directamente los ingresos de la granja. Los pastizales deben adaptarse a los suelos y condiciones climáticas locales. La mezcla de pastos también tiene en cuenta los requisitos nutricionales del rebaño y la vida útil asociada de una gramínea, hoja ancha o leguminosa (tiempo de establecimiento, período más productivo y ciclos de reemplazo). Al mismo tiempo, los pastizales de especies múltiples pueden proporcionar un gran hábitat para la biodiversidad y generar beneficios para la salud del suelo.



Conocimiento

Es importante seleccionar especies de forraje que se adapten bien al clima local y que sean adecuadas para el tipo de suelo de la finca. La mejor estrategia es plantar una mezcla diversa de especies en un pastizal, ya que estas suelen ser más resistentes a condiciones climáticas extremas y pueden soportar la variabilidad en los suelos y en la gestión del pastoreo, al tiempo que mejoran la biodiversidad en la finca. También se deben tener en cuenta otros factores para garantizar una mezcla saludable y un perfil nutricional de calidad. Por ejemplo, los pastizales que contienen una alta proporción de alfalfa y tréboles pueden causar hinchazón en el ganado bajo ciertas condiciones. Este tema se explora más a fondo en el apartado de pastizales de especies múltiples. La resiembra es otro componente esencial en la planificación de pastizales. La resiembra puede aumentar el valor nutricional del pastizal, erradicar las malezas, proporcionar una cobertura vegetal más uniforme y mejorar la hierba después de problemas de enfermedades o una gestión deficiente. Hay muchas consideraciones que se deben tener en cuenta al hacer la resiembra, como qué especies utilizar (como se explica en el apartado de pastizales de especies múltiples), los tipos de agostaderos (como se explica en el apartado de Sistemas de Manejo de Pastizales), así como objetivos de crecimiento acorde con el clima y los tipos de suelo. La resiembra puede proporcionar muchos beneficios en términos de mejora de la productividad, especialmente cuando se reemplazan pasturas viejas con pasturas recién sembradas. También se deben tener en cuenta la madurez del forraje al momento del pastoreo. A medida que el forraje madura, su contenido de energía y proteína disminuye, mientras que el contenido de fibra aumenta. El ganado con menor demanda de energía, como las vacas secas, puede satisfacer sus requerimientos nutricionales consumiendo este forraje, mientras que los animales en lactancia se adaptarán mejor a forrajes en estado vegetativo, ya que están en su máximo nivel de calidad nutricional.

Esto es importante para la salud y el bienestar del rebaño y debe ser una consideración central al desarrollar un plan de manejo de pasturas o pastoreo. La **tasa de carga animal**, junto con el método de carga y la calidad/manejo del forraje, es otro factor a tener en cuenta en la planificación del manejo de pastizales. Si la carga animal es demasiado alta, las vacas sobrepastorearán la pastura, lo que puede llevar a la erosión del suelo y tomará más tiempo para que la pastura se recupere. Si la carga animal es demasiado baja, los animales pueden seleccionar el pasto más dulce, lo que llevará a una disminución en la calidad de la pastura. Finalmente, los árboles pueden tener un impacto significativo en el manejo de las fincas. Introducir y mantener árboles puede

proporcionar sombra con beneficios directos para la salud y productividad animal, especialmente en climas calurosos, mejorar la biodiversidad, secuestrar carbono e introducir flujos de ingresos adicionales a la finca. Se discuten diferentes métodos de introducción de árboles y su impacto posterior a lo largo de esta sección y más adelante en la Sección 4, Acciones en el Paisaje. La selección y planificación de las pasturas afecta todas las áreas del negocio de la finca y desempeña un papel esencial dentro de la agricultura regenerativa. Adoptar un enfoque regenerativo en el manejo de pasturas puede ayudar a que los ingresos de la finca sean más resilientes mientras se salvaguarda la productividad de la tierra para las generaciones futuras.

Glosario de conceptos

Capacidad de carga

Medición (real o estimada) de cuánto forraje puede producir una unidad o área de terreno en un año promedio.

Tasa de utilización

La tasa de utilización determina cuánto forraje se utiliza o se pierde debido al pastoreo, el pisoteo, los insectos y la fauna silvestre.

Ingesta de materia seca

La palatabilidad, el perfil de nutrientes y la disponibilidad del alimento determinarán la ingesta de forraje. En promedio, una vaca consumirá entre el 1.5% y el 3.5% de su peso corporal al día en base a materia seca (MS)

Unidad Diaria de Consumo

Es cuanto alimento consumirán 453 kg de vaca en un día al 2.5% de su peso corporal. Es aproximadamente 12.5 kg por vaca.

Tasa de carga

La tasa de carga es la cantidad de unidades animales que se decide mantener en los pastizales.

Fuentes

- [Pasture Species Selection by Animal Group \(PennState Extension\)](#)
- [Guidelines for Reseeding Pasture \(UMass\)](#)

3.2

Pastizales de especies múltiples

Introducción

Un pastizal multiespecies es aquel que consiste de una mezcla de tres o más especies cuyas características de crecimiento son complementarias, lo que resulta en una mejor productividad y resiliencia sistémica. Mejorar la productividad e incrementar la resiliencia del pastizal ayuda a proteger y eventualmente mejorar los ingresos de la granja, incluso durante períodos de condiciones climáticas severas, tal como sequías o lluvias densas. Las especies usadas típicamente provienen de tres

grupos de plantas: gramíneas, leguminosas y de hojas anchas, ya que cada una aporta diferentes beneficios al pastizal. Las gramíneas proveen energía, proteína y fibra. Las leguminosas (i.e. alfalfa) contienen una gran cantidad de proteína ruminal no digerible de alta calidad mientras que corrigen el nitrógeno en la tierra. Las plantas de hojas anchas o herbáceas proveen varios beneficios dependiendo de la planta, tal como suavizar la tierra o reduciendo la lixiviación del nitrógeno. (i.e. banano).

Conocimiento

LOS BENEFICIOS DE LAS PASTURAS MULTIESPECIES

Las pasturas multiespecies pueden mejorar la producción y calidad mientras que reducen el ritmo de uso de fertilizantes nitrogenados. Este tipo de pastizales tienen muchos beneficios ambientales, que incluyen:

- Reducción de emisiones GEI y menor lixiviación de nitratos gracias al incremento mejorado de nutrientes y la consecuente reducción en el uso de fertilizantes.
- Mayor velocidad en el secuestro de carbono debido al mejor desarrollo de la biomasa subterránea (i.e. más especies de raíces grandes tales como hierbas como la achicoria y el llantén).
- Biodiversidad mejorada, particularmente por los polinizadores alimentándose de diferentes variedades en un pastizal de especies mixtas, y en consecuencia una menor presión de plagas debido al alto número de depredadores y parásitos.
- Mayor cantidad de lombrices y filtración de agua a través del suelo mejorada.
- Reducción potencial de emisiones de metano producto de rumiantes.

Así como estos, hay evidencia para apoyar una serie de beneficios en la gestión de granjas al introducir pasturas multiespecies en los terrenos. Estos incluyen:

- La producción de materia seca similar al rendimiento de las praderas de raigrás en tasas significativamente más bajas de aplicación de nitrógeno, debido a la sinergia entre los gramíneas y las leguminosas, reduciendo así los costos.
- Especies como la achicoria, el llantén y el timoteo aseguran una producción sólida en verano y proveen protección contra sequías.
- Mejora en apetecibilidad y ganancia de peso diaria para el ganado lechero en consecuencia.
- Las hierbas y leguminosas proveen a los animales con una dieta más balanceada (i.e. mejor relación Ca/P) que pasturas de puras gramíneas.
- Mejor control de malezas.
- Especies distintas usan diferentes nutrientes de la tierra, resultando en una complementación ecológica y mejorando la salud y la productividad de la vaca

Las pasturas multiespecies pueden llegar a tener una serie de impactos positivos en las granjas, mientras que al mismo tiempo proveen a los animales con un forraje altamente digerible y con muchas proteínas, lo que mantiene la calidad a través de la temporada de cría. Introducir múltiples especies a los pastizales ha mostrado ahorrar en costos e incrementa la resiliencia de las granjas en caso de sufrir eventos adversos (i.e. sequías).

Proceso

ESTABLECER Y GESTIONAR UN PASTIZAL

Uno de los factores más importantes para considerar cuando se siembra una pastura multiespecie es elegir la mezcla correcta de especies para la granja. Por ejemplo, al elegir diferentes especies, los apacentadores pueden adecuarse a diferentes tipos de terreno (secos o en humedales).

Especies distintas tienen diferentes perfiles nutricionales y digestibilidad, lo que sólo son algunos de los factores que tienen que considerarse. Esas características diversas les permiten a las pasturas multiespecies prosperar y sobrevivir en condiciones variadas a lo largo del año.

Información técnica / Visualización

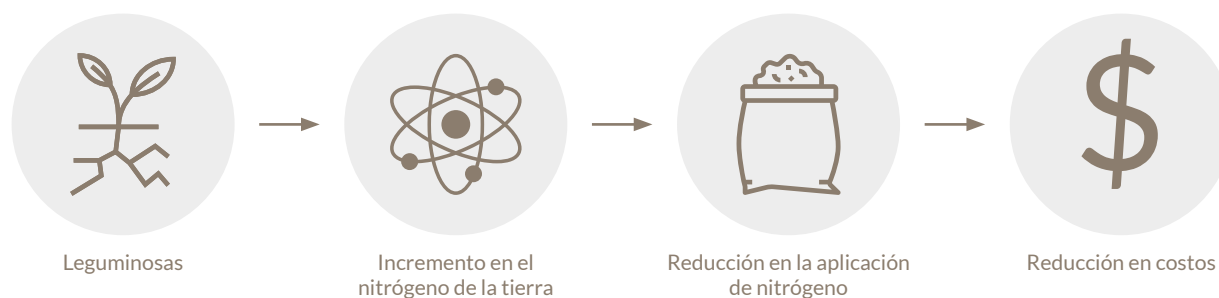
La tabla de abajo muestra ejemplos de diferentes plantas que pueden usarse como parte de una pastura multiespecie en diferentes regiones.

Nombre	Tipo	Región	Descripción	Beneficios
Raigrás	Gramínea	Templada	Buen rendimiento en primavera, muy competitivo con otras especies, pero poca tolerancia a la sequía	Rendimiento alto, excelente para ensilaje y heno.
Hierba de huerto	Gramínea	Templada	Perenne de temporadas frías, que se adapta bien al nivel del mar en el norte, y hasta las grandes alturas en el sur.	Rendimiento alto y mucho contenido de azúcar, de sabor agradable. Excelente para pastar y hacer heno.
Festuca alta	Gramínea	Templada	Manejo de hierba perenne de larga vida en temporadas frías. Adaptada para los ambientes húmedos.	Buen rendimiento en primavera. Se adapta para pastar antes del alargamiento del tallo.
Trébol blanco	Leguminosa	Templada	Rendimiento sólido durante el verano, pero no en primavera.	Robusto, resiliente y competitivo. Excelente para pastar.
Timoteo	Gramínea	Templada	Buen crecimiento en tierras húmedas, pesadas o pobres, pero es difícil de contar con su crecimiento regular.	Resistente al frío y a las sequías. Ideal para hacer heno.
Alfalfa	Leguminosa	Templada	Buena fuente de nutrientes para los animales, pero requiere un clima cálido para su crecimiento.	Excelente para pastar, bueno para ensilaje, pero al hacerse heno puede causar grandes pérdidas debido a la pérdida de hojas durante el proceso.
Braquiaria	Gramínea	Tropical	Producción de grandes cantidades de materia seca y resistente al anegamiento.	Contenido proteico mejorado y tolerancia a sequías mejorada.

Barbas de indio	Gramínea	Tropical	Buena tolerancia a la sequía y puede soportar inundaciones estacionales.	Anegamiento, suprime las hierbas y crece relativamente rápido después de pastar.
Stylo de tallo fino	Leguminosa	Tropical	Colonizador persistente y fuerte en tierras de poca fertilidad. Puede tolerar que se paste repetidamente debido al bajo punto de crecimiento y es muy tolerante a la sequía.	Provee pienso de alta calidad cuando otras leguminosas son congeladas o inactivas. Buen sabor.
Guajillo	Leguminosa	Tropical	Extremadamente tolerante a las sequías, al calor y al congelamiento y de buen sabor con poco riesgo de hinchado.	Potencial para reducir las emisiones de metano. Bueno para pastar.

Para mayor información consulte:

https://www.researchgate.net/figure/Characteristics-of-forage-grasses-and-legumes_tbl1_265307104



Hay muchos beneficios administrativos al usar pasturas multiespecies, uno de los cuáles consiste en reducir la aplicación de fertilizante durante diferentes épocas del año, ya que el nitrógeno producido por las leguminosas en la mezcla compensa esto, como se discutió en la sección de alimento. Aunque no se puede aplicar herbicidas en pasturas multiespecies (debido a la falta de resistencia), los estudios han mostrado claramente que las pasturas multiespecies son muy efectivos al resistir la presión de las hierbas. Un problema que hay

que tener en cuenta es el riesgo del hinchamiento al cambiar los animales directamente de una dieta al pastar solamente gramíneas a hacerlo con alto contenido de tréboles. Sin embargo, la presencia de llantén puede reducir este riesgo. Puede encontrarse más información en cómo establecer y gestionar un agostadero templado aquí, y hay disponibles más detalles adicionales en especies de apacentadores tropicales y templados aquí.

Fuentes

- [Multispecies Grazing: A Primer on Diversity \(NACT\)](#)
- [Pasture species and varieties \(NSW Government\)](#)
- [Grassland re-seeding: how to establish multi-species swards \(Teagasc.ie\)](#)
- [Effect of Increasing Species Diversity and Grazing Management on Pasture Productivity \(NIH, National Library of Medicine\)](#)

Estudio de caso

Puede encontrarse información detallada en las variedades recomendadas de plantas de forraje en climas templados en la siguiente liga: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/en/home/topics/plant-production/forage-grassland-grazing-systems/samenmischungen-sortenpruefung/sortenlisten.html>

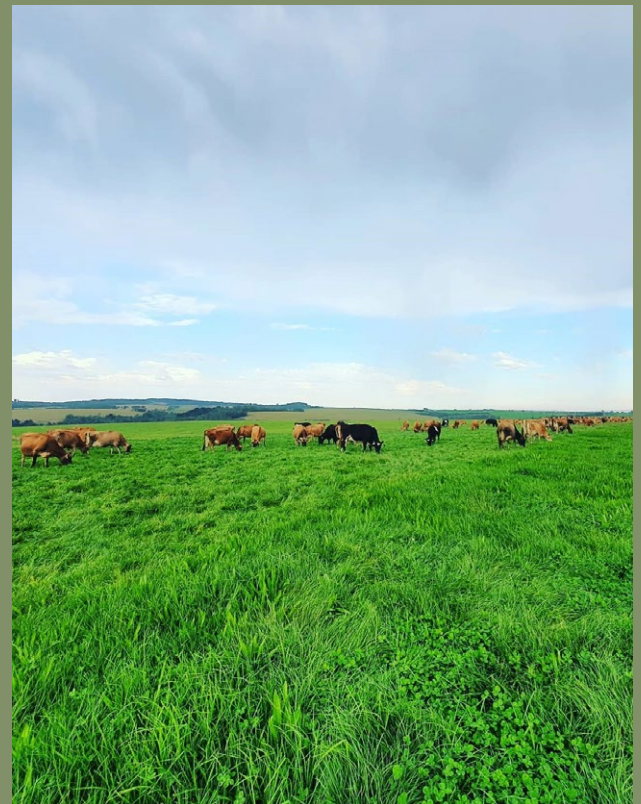
Teagasc también publicó recomendaciones para los granjeros que desean establecer pasturas multiespecies. Pueden encontrarse más detalles aquí: <https://www.teagasc.ie/publications/2022/establishing-multi-species-swards-on-your-farm.php>

Además, los beneficios del ganado alimentado con un sistema de pastura multiespecies ha sido evaluado en el siguiente artículo: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.544984>



Análisis Detallado Regional en Sudáfrica

El llantén es una hierba perenne comúnmente usada en los pastizales para el ganado. Es altamente adaptable a diferentes tipos de tierra y clima debido a su sistema de raíces profundas, lo que también significa que tiene un impacto positivo en la producción de leche cuando la calidad del gramíneas se reduce durante el verano. La investigación ha mostrado que cuando se incluye raigrás, los rendimientos netos de leche incrementan en un 19%. El llantén también reduce la cantidad de nitrógeno urinario dejado por las vacas, y limita la lixiviación del suelo. Nestlé en Sudáfrica está investigando actualmente con mayor detalle las mejores maneras de incorporar llantén a los pastizales, ya que puede ser difícil mantener el 40% necesario de llantén para obtener los mejores beneficios.



Fotografía: Apacentaderos de leguminosas multiespecies en una granja Nestlé en Sudáfrica

3.3

Selección y planeación de un pastizal

Introducción

Las prácticas de pastoreo regenerativo como parte de los sistemas administrativos del pastizal son un componente esencial de la agricultura regenerativa. **Usa el poder de pastar con el ganado para reconstruir la salud de la tierra.** Estos sistemas son benéficos al ambiente y se caracterizan típicamente por:

- Una alta diversidad de vida vegetal, animal y microbiana
- Densidades de almacenamiento altas, rotaciones frecuentes y períodos de recuperación largos para potreros
- Poco uso de insumos sintéticos y de labranza
- Generación de flujos de ingresos sustentables

El pastoreo rotacional y pastoreo colectivo / pastoreo adaptativo multi-parcelas son dos ejemplos de sistemas de pastoreo regenerativos. La implementación efectiva de estos sistemas de pastoreo puede incrementar la eficiencia en términos del uso del pastizal, mientras que también beneficia a la salud del rebaño, como se explica más adelante.



3.4

Pastoreo rotacional

Introducción

El pastoreo rotacional es un sistema donde una gran porción del pastizal está dividida en muchos potreros pequeños, para que el ganado pueda ser trasladado fácilmente de un potrero a otro. El ganado es pastado en un potrero por unos cuantos días antes de moverse al siguiente, permitiendo al pastizal un período de descanso con que rehabiliten su forraje. Los potreros pueden ser cercados permanentemente pueden colocarse adaptativamente usando cercados eléctricos o virtuales.

Conocimiento

LAS VENTAJAS DEL PASTOREO ROTACIONAL



Con el pastoreo rotacional, a los potreros se les concede un período de descanso entre períodos de pastado. Este período de descanso significa que la pastura puede iniciar el crecimiento de nuevo, renovar el almacén de carbohidratos y mejorar su rendimiento y persistencia, logrando así una mayor productividad del forraje para el granjero. Además, introducir este método de pastado ha mostrado mejorar la productividad y la producción de leche por acre, mejorando así los ingresos netas de las granjas. Finalmente, el pastoreo rotacional puede también reducir los costos asociados con maquinaria, combustible y alimentación suplementaria, así como minimizar el forraje desperdiciado.



En un nivel medio ambiental, este método rinde una mejor distribución del estiércol a través de los potreros, reduce la escorrentía, incrementa la eficiencia del nitrógeno en la tierra, mejora la salud de la tierra, disminuye las emisiones GEI y trae beneficios de biodiversidad durante el período de descanso.

Proceso

CÓMO IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE PASTOREO ROTACIONAL

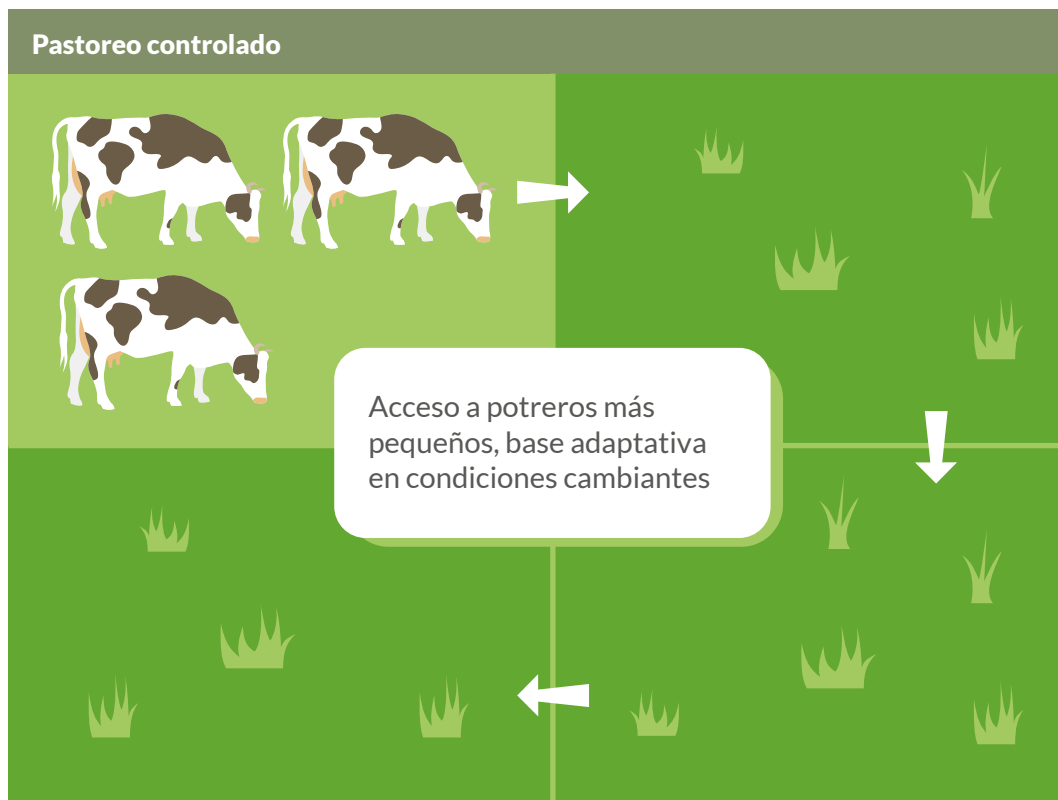
Aunque el pastoreo rotacional puede tomar cierto número de horas de trabajo para implementarse debido a los esfuerzos de cercado, es relativamente sencillo de implementar. A continuación, hay algunas consideraciones para probar un sistema de pastoreo rotacional por primera vez.

- Comienza con un pastizal y divídelo en partes iguales donde los animales pasten durante 5-7 días y tengan acceso a la sombra y al agua.
- Si se nota la mejora, estos potreros pueden luego ser divididos a la mitad, y el ganado puede mantenerse en cada uno de estos potreros por un tiempo más corto.
- Considera usar materiales de cercado temporales y canales portátiles de agua para experimentar con diferentes tamaños y sistemas. Es importante mantener la paciencia ya que puede tomar varios años determinar cuáles son los métodos más apropiados para la granja.
- Aunque el pastoreo rotacional es más tardado y laborioso que el pastoreo continuo, los beneficios económicos y ambientales que traen a la granja son numerosos.

Información técnica/Visualización



- ✗ Menor hábitat para la fauna silvestre
- ✗ Más tierra expuesta
- ✗ Diversidad de forraje reducida
- ✗ Animales menos sanos
- ✗ Aumento del escurrimiento de lluvia
- ✗ Más parásitos



- ✓ Mayor hábitat para la fauna silvestre
- ✓ Más diversidad microbiana
- ✓ Incremento de absorción de agua de lluvia
- ✓ Más secuestro de carbono
- ✓ Animales más sanos
- ✓ Menos parásitos

Fuente de la imagen: Sacred_Cow_Infographic_J_2.9-01_480x480.png (480x480) (shopify.com)

Fuentes

- [Pastures for profit: A guide to rotational grazing \(USDA\)](#)
- [Rotational vs. Continuous Grazing \(UK College of Agriculture Food and Environment\)](#)
- [Grazing Benefits \(Pasture Project- Wallace Centre\)](#)

3.5

Pastoreo colectivo / Pastoreo adaptativo multiparcelas

Introducción

El pastoreo colectivo es similar al rotacional; sin embargo, este se distingue en que los potreros se **hacen descansar por mucho más tiempo** y luego son **pastados en densidades mucho más altas de ganado**. Este método ha incrementado su popularidad ya que los granjeros buscan métodos que mejoren la salud de la tierra de sus granjas. Es un sistema rotacional intensivo donde altas densidades de ganado se mueven regularmente, i.e., cada uno o tres días. Hay dos tipos de pastoreo colectivo para considerarse:

① Pastoreo colectivo selectivo: donde el objetivo es dividir el pastizal de forma regular de manera que un tercio es pastado, un tercio es pisoteado, y un tercio se deja descansar

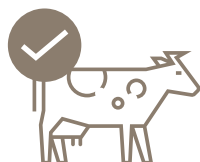
② Pastoreo no selectivo: donde los animales consumen todo el forraje disponible del área

El pastoreo adaptativo multi-parcelas incluye ajustar los tamaños de los potreros y la frecuencia de pastado para reflejar la variabilidad estacional en el pastizal y las condiciones climatológicas.

Calculadora para el grado de concentración: [Cómo estimar el inventario \(pasturemap.com\)](http://pasturemap.com)

Conocimiento

LOS BENEFICIOS DEL SISTEMA DE PASTOREO COLECTIVO



Los pastizales se **regeneran más rápidamente** cuando se les permite descansar. Como las plantas tienen un período más largo para crecer, pueden construir reservas de raíces más profundas que les ayudan a soportar climas más desafiantes. Las pasturas con raíces más profundas también mejoran la estructura de la tierra y permiten períodos de pastoreo extendidos. Gracias a los períodos de fotosíntesis más grandes, las reservas de azúcar en las raíces construyen materia orgánica y carbono en la tierra. Adicionalmente, las exudaciones de las raíces, que en parte son ricas en azúcares, alimentan a los microorganismos de la tierra, mejorando la biodiversidad. Además de estos beneficios ambientales, hay beneficios en la salud animal que provienen del pastoreo colectivo. Los requisitos de desparasitación se reducen, ya que el consumo de gramíneas más largas reduce el riesgo de ingerir larvas, previniendo el ciclo parasitario.

Proceso

CÓMO IMPLEMENTAR EL PASTOREO COLECTIVO

Los sistemas de pastoreo colectivo deberían ser implementados al igual que el pastoreo rotacional estándar, pero permiten mayores períodos de descanso para el pastizal. Idealmente, el ganado debe ser movido **una o dos veces al día**, pero se alcanzan resultados razonables si se mueven al menos una vez cada tres días. El tamaño de los potreros también es importante: si un potrero es demasiado grande, los animales pueden consumir el forraje más dulce selectivamente, lo que resulta en que las gramíneas más duras dominen y eventualmente el pastizal disminuirá la diversidad y la calidad. Si los potreros son demasiado pequeños, los animales consumirán de más, y la pastura tardará más tiempo en recuperarse. También tendrá implicaciones negativas para los animales, ya que serán obligados a comer gramíneas de menor calidad y pasto sucio, mientras que los beneficios de cargas parasitarias reducidas serán limitadas. El tamaño de los potreros y el tiempo de pastado debe ser ajustado basados en el ritmo de crecimiento y la estacionalidad.



Fotografía: Pastoreo colectivo en Brasil

Información técnica/Visualización:

	Manada rotativa	Producción de forraje aumentada	Biodiversidad	Beneficios en salud animal	Incremento de reservas de carbono	Carga parasitaria reducida
Rotacional	++	+++	++	+++	++	+
Colectivo	+++	+++	+++	+++	+++	++

+++ Excelente ++ Bueno + Positivo

Fuentes

- [Four things I've learned from mob grazing](#) (Noble Research Institute)
- [A Masterclass on Mob Grazing at Groundswell 2018](#) (Organic Trust)
- [A guide to mob grazing livestock](#) (Farmers Weekly)
- [How to Estimate Pasture Inventory](#) (pasturemap.com)

3.6

Pastura en los trópicos

Introducción

Las pasturas en los trópicos difieren en las necesidades de manejo a aquellos en zonas templadas, debido al desafío climático. Los climas tropicales se caracterizan por patrones de temperatura predecibles con pequeña variación temporal, y la lluvia que es mucho más impredecible y varía mucho de año a año. Es importante que las especies de plantas, que conforman la pastura, sean resilientes a este clima y cualquier evento climático que genere, para poder mantener la productividad de las vacas a lo largo del año.



Conocimiento

En los trópicos húmedos donde la lluvia prevalece más y existe una temporada seca corta, de 2 a 4 meses, la producción de leche basada en pasturas es limitada por la calidad de la pastura y los efectos del clima en los animales más productivos. En los trópicos semi húmedos, como el Cerrado en Brasil, una temporada seca mas larga de 5 a 7 meses, limita seriamente la producción y calidad de la pastura. En estos escenarios es esencial manejar efectivamente las pasturas para maximizar la calidad de la producción de forraje introduciendo especies de pastos tolerantes a la sequía. Fuentes de alimento suplementario (concentrados, ensilados, etc) también se requieren para mantener las dietas de las vacas durante periodos de crecimiento limitado.



Las **leguminosas forrajeras** pueden desempeñar un papel vital en el sustento de los pastizales en regiones tropicales, especialmente cuando faltan fertilizantes nitrogenados sintéticos, pero su uso en los trópicos está rezagado en comparación con las áreas templadas. Se pueden utilizar para mejorar los suelos degradados, lo cual puede ser especialmente benéfico para los agricultores de pequeña escala. Por lo tanto, las leguminosas forrajeras tienen tanto beneficios económicos como ambientales para el agricultor. La investigación también ha encontrado que las leguminosas forrajeras tropicales son una alternativa rentable al uso de harina de soya y al ensilado de sorgo en la alimentación de vacas lecheras, al tiempo que apoyan y mantienen la producción de leche. La reducción de los costos de alimentación aumenta los ingresos de la granja, todo ello manteniendo la salud del suelo.



En muchas partes de los trópicos se ha llevado a cabo una **remoción a gran escala de la selva tropical**, lo que ha resultado en una enorme pérdida de **biodiversidad** y la interrupción de los servicios del ecosistema. Esta pérdida de biodiversidad tiene un impacto negativo en cascada sobre la agricultura. Una solución a este problema es que los agricultores en los trópicos incorporen o conserven una mezcla diversa de árboles dentro de sus pastizales y fomenten la regeneración natural de los árboles. Estos árboles pueden desempeñar una variedad de funciones que se exploran en un capítulo posterior sobre la selección y siembra de árboles.



Fuentes

- [Tropical perennial grasses \(NSW- Department of Industry and Investment\)](#)
- [Milk production systems based on pastures in the tropics \(FAO\)](#)
- [To Save The Planet, Give Cows Better Pasture \(NPR\)](#)
- [Tropical Pasture Guide \(AUS West Seeds\)](#)

Información técnica/Visualización:

A continuación, se muestra una tabla de algunas especies diferentes de gramíneas y leguminosas tropicales y sus características.

Nombre	Tipo	Características	Lluvia	Tipo de suelo
Brachiaria (Brachiaria brizantha, decumbens)	Gramínea	<ul style="list-style-type: none"> • Tolerante al encharcamiento • Puede producir altas cantidades de materia seca 	700mm+	Ligero-Pesado
Barbas de indio (Digitaria eriantha)	Gramínea	<ul style="list-style-type: none"> • Buena tolerancia a la sequía • Puede resistir inundaciones estacionales 	600-2000mm	Pesado
Zacate carricillo (Panicum maximum)	Gramínea	<ul style="list-style-type: none"> • Puede resistir inundaciones y sequías • Tolerancia a suelos salinos 	600mm+	Ligero-Medio
Zacate Rhodes (Chloris gayana)	Gramínea	<ul style="list-style-type: none"> • Persistencia baja en suelos de baja fertilidad • Tolerancia moderada a la salinidad y la acidez 	600mm+	Ligero-Pesado
Zacate temprano (Setaria sphacelata)	Gramínea	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptado a varios tipos de suelo • Tolera inundaciones estacionales • Adecuado para pastoreo rotativo y producción de heno 	800-1000mm	Arcillas medianas-pesadas
Guisante mariposa (Centrosema pubescens)	Leguminosa	<ul style="list-style-type: none"> • Puede tolerar pastoreo intenso • Tolerancia moderada a la sequía y puede resistir inundaciones estacionales 	800-1000mm	Suelos pesados, bien drenados
Guajillo (Desmanthusvirgathus, depressus)	Leguminosa	<ul style="list-style-type: none"> • Palatabilidad alta y con bajo riesgo de hinchazón • Muy tolerante a sequías y heladas • Comúnmente utilizado como leguminosa en pastizales perennes tropicales 	400mm+	Amplio rango de suelos de drenaje
Casia de hoja redonda (Chamaecrista rotundifolia)	Leguminosa	<ul style="list-style-type: none"> • Tolera pastoreo intenso • Buena tolerancia a la sequía • Palatabilidad moderada y los animales pastarán selectivamente otras especies • No produce hinchazón por ingesta 	650mm+	Suelos ácidos, de baja fertilidad y textura ligera
Trébol Egipcio (Trifolium alexandrinum)	Leguminosa	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser cultivado en situaciones de tierras secas • Tolerancia moderada a la salinidad • Tolera períodos cortos de encharcamiento 	600mm+	Suelos fértiles de pH neutro

4

ACCIONES AL PAISAJE





Introducción

Esta sección describe varias opciones para que los ganaderos lecheros utilicen sus tierras en armonía con el ecosistema circundante para mejorar la biodiversidad, proteger la calidad del agua y generar ingresos adicionales. Mediante una gestión eficaz de la salud del suelo y la biodiversidad, los agricultores pueden mejorar la eficiencia de sus operaciones y proteger los ingresos futuros de la granja. Para que un ecosistema local natural sea exitoso, es importante planificar las intervenciones de manera interconectada. Esto permitirá que la vida silvestre navegue dentro del paisaje.

Conocimiento

La gestión regenerativa del paisaje considera la interconexión de la naturaleza. Apoya la restauración del medio ambiente, fomenta la sostenibilidad a largo plazo, aumenta la biodiversidad y fortalece la resiliencia. Un paisaje regenerativo bien diseñado contribuirá a proteger los ecosistemas terrestres circundantes y a crear armonía con los espacios vecinos. Algunos beneficios de los paisajes regenerativos incluyen la creación de hábitats lo suficientemente grandes para especies animales y vegetales, el aumento de la biodiversidad, la reducción del uso de productos químicos agrícolas al proporcionar espacio vital para los depredadores naturales, la prevención de la erosión y la mejora de las condiciones del suelo gracias al uso de plantas nativas.



Plantación de árboles para brindar salud animal

- Silvopastoreo
- Selección y plantación de árboles



Barreras naturales y restauración de tierras marginales para beneficios de biodiversidad y calidad del agua

- Franjas ribereñas
- Barreras vegetativas
- Cercado de cuerpos de agua



4.1

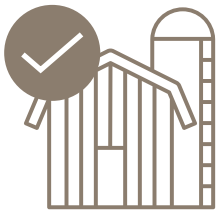
Zonas de amortiguamiento ribereñas

Introducción

Las franjas ribereñas son franjas de vegetación que incluyen gramíneas, arbustos o árboles plantados para separar las tierras de cultivo de los flujos de agua adyacentes. Se usan para proporcionar beneficios de conservación. Protegen los arroyos de los desechos agrícolas y, por lo tanto, mejoran la calidad del agua al evitar el escurrimiento de contaminantes tanto en la superficie como en el flujo subterráneo hacia el ecosistema acuático, además de estabilizar las orillas de los ríos y arroyos. Esta vegetación también puede proporcionar hábitats naturales para diversas especies, ayudando a mejorar la biodiversidad, al tiempo que limita la vulnerabilidad de las inundaciones y proporciona un mayor secuestro de carbono en el suelo y en los bosques. Aunque pueden estar compuestas por cualquier tipo de vegetación, se recomienda principalmente usar áreas enselvadas como el método más efectivo para la protección del agua. Idealmente, las mezclas de especies deben basarse en la vegetación nativa representativa.

Conocimiento

LOS BENEFICIOS DE LAS ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO RIBEREÑAS



Las zonas de amortiguamiento o franjas ribereñas tienen una serie de beneficios ambientales y también pueden proporcionar beneficios económicos. Los beneficios ambientales incluyen:

- Filtración de nutrientes y pesticidas producto del escurrimiento de tierras agrícolas.
- Filtración de sedimentos producto del escurrimiento.
- Prevención de la erosión de las orillas y control de las inundaciones.
- Proporcionan sombra, refugio y alimento para organismos acuáticos.
- Proporcionan hábitat para la vida silvestre.
- Crean hábitats para especies polinizadoras.
- Mejoran el secuestro de carbono.
- Protegen las tierras de cultivo y las comunidades acuáticas de los daños causados por las inundaciones.

Los beneficios para la gestión de la explotación agrícola incluyen la mejora de la calidad de las tierras frecuentemente inundadas y de bajo rendimiento, proporcionan sombra al ganado y previenen la erosión del suelo, todo lo cual tiene un impacto directo en la productividad de la explotación y, por lo tanto, en los ingresos. Los ingresos del propietario de la tierra también pueden diversificarse mediante la introducción de árboles frutales o de nueces gestionados (como se muestra a continuación), que se pueden vender en mercados minoristas o mayoristas. El diagrama muestra un escenario ideal; sin embargo, es importante tener en cuenta que las franjas más estrechas de menos de 4-5 metros (15 pies) también pueden tener un impacto positivo en algunas ubicaciones. También es necesario considerar que, para establecer franjas ribereñas, puede ser necesario sacar algunas tierras de producción y se requieren inversiones en términos de dinero y tiempo. Antes de decidir por las franjas ribereñas, los agricultores deben considerar los costos de inversión y la pérdida de algunas tierras productivas.

Proceso

ESTABLECER, GESTIONAR Y RESTAURAR FRANJAS RIBEREÑAS

Existen varios factores a considerar al introducir una franja ribereña en la explotación agrícola. La ubicación y el ancho de la franja son importantes, ya que diferentes ubicaciones dictarán la función de la franja. Por ejemplo, la eliminación de nitrógeno puede ser más efectiva junto al cuerpo de agua, mientras que la eliminación de fósforo puede ser más efectiva con la vegetación situada lejos del agua. El tamaño, la forma y la estructura de la vegetación también determinan la efectividad de la franja. Además, el ancho de la franja es un factor que controla la efectividad de la eliminación de nitrógeno hacia los cuerpos de agua adyacentes. Existen varias consideraciones clave de diseño para cada objetivo de la franja.

Económico

El carbono secuestrado en los árboles se puede reclamar como una reducción y puede reducir la huella de carbono de los productos vendidos en la explotación agrícola.

Ubicar las franjas ribereñas en tierras marginales y relativamente poco productivas; introducción de cultivos alternativos.

La plantación de árboles frutales y de nueces gestionados dentro de las franjas ribereñas puede introducir otra fuente de ingresos para la explotación agrícola.



Calidad del agua

Para que los suelos funcionen de manera más efectiva para proteger los cuerpos de agua, las siguientes características afectan su utilidad:

Los suelos deben estar húmedos y deben ser ricos en materia orgánica.

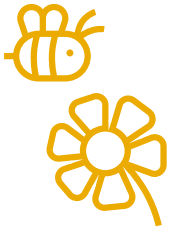
Los suelos deben tener una permeabilidad moderada para fomentar la infiltración, pero también deben estar mal drenados para crear condiciones anaeróbicas.

Las bajas temperaturas y los suelos ácidos limitarán la desnitrificación. Otras funciones de la franja ribereña son:

Las franjas ribereñas retienen químicos tóxicos (como los pesticidas) que pueden ser dañinos para los organismos acuáticos fuera del agua.

Las franjas ribereñas también ayudan a estabilizar las orillas del río que rodea el cuerpo acuático. Esto es importante, ya que la erosión del suelo es otro problema importante en la agricultura. ¡En ocasiones, estas orillas del río pueden perderse si no se protegen!

La erosión puede llevar a la sedimentación de lagos río abajo, embalses y estanques. El proceso de sedimentación puede reducir significativamente la vida marina en presas y embalses.



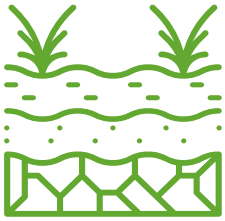
Biodiversidad

La adición de nueva vegetación esencialmente aumenta la biodiversidad. Establece corredores entre hábitats naturales que permiten que la vida silvestre regrese y se desplace de manera segura de un hábitat a otro.

Los árboles y arbustos proporcionan la mayor sombra y refugio, pero las hierbas largas también pueden ayudar a estabilizar la capa superior del suelo.

Se debe minimizar la perturbación de la vegetación natural.

Se deben introducir especies nativas y limitar la propagación de especies no nativas.



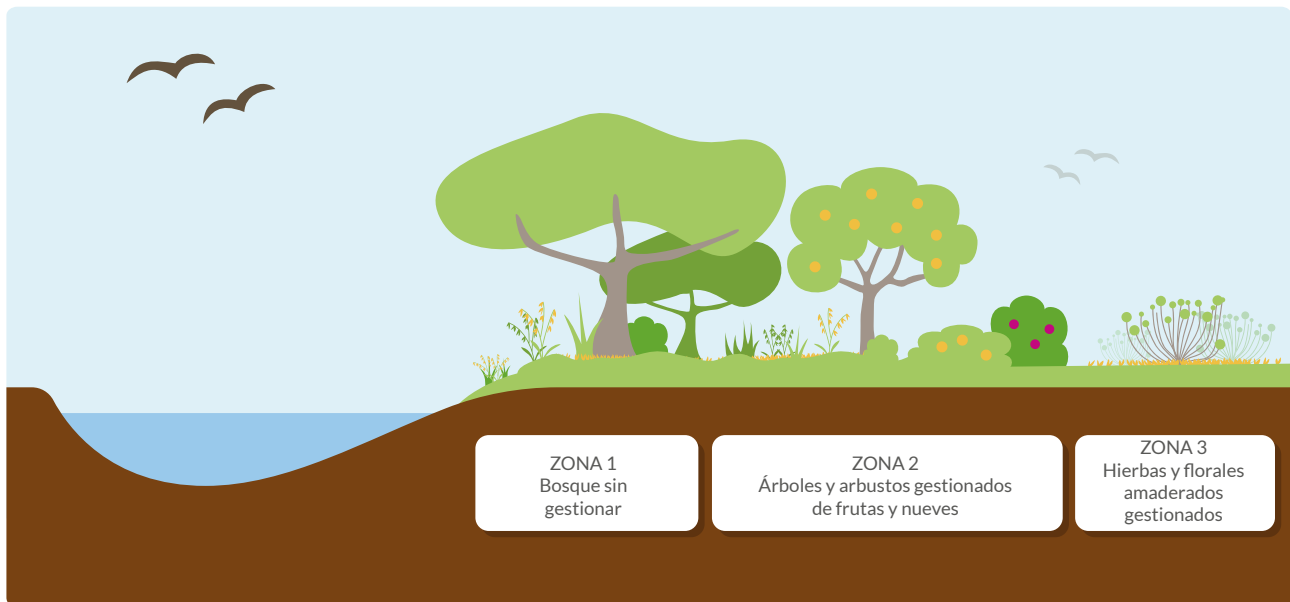
Salud del suelo

Para limitar la erosión del viento, se deben plantar filas de árboles en ángulo recto con respecto al viento predominante.

Utilice especies de gramíneas de tallos rígidos para ayudar con la deposición de sedimentos.

Visualización

Franja ribereña de productos forestales no maderables



Fuente: USDA National Agroforestry Center 2015

Fuentes

- [Conservation buffers \(USDA\)](#)
- [Riparian Forest Buffers \(USDA\)](#)
- [Establishment and restoration of riparian buffers \(Climate ADAPT\)](#)
- [Review of Current Science and Regulations on riparian buffers \(EPA\)](#)

4.2

Barreras vegetativas

Introducción

Las barreras vegetativas, o setos vivos, son franjas perennes de vegetación fuerte, erecta y condensada plantadas a lo largo del contorno de los campos, pendientes dentro de los campos o filas a través de canales de drenaje o concentradas en áreas de flujo general que permiten una agricultura conveniente. Es un método alternativo de conservación del suelo utilizado para reducir la erosión laminar y en surcos, reduce la erosión efímera, disminuye la formación de barrancos clásicos, reduce la velocidad del flujo del agua y ayuda a filtrar sedimentos y nutrientes en exceso que pueden contaminar áreas de cultivo (Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Abril de 2003). Las barreras vegetativas son beneficiosas para tierras de cultivo, pastizales y áreas que pueden adaptarse fácilmente a la vegetación perenne.

Proceso

INTRODUCCIÓN DE BARRERAS VEGETATIVAS

Las barreras vegetativas se plantan paralelas entre sí, sobre o cerca de una línea de contorno en ángulos convenientes para la agricultura que cortan las áreas de flujo concentrado. Con el tiempo, las

áreas entre las barreras se vuelven más planas gracias a la actividad que ocurre en la tierra.

La vegetación plantada debe tener una densidad de al menos 50 tallos por pie cuadrado y la barrera en sí debe tener al menos 1 metro (3 pies) de ancho. El espaciado requerido entre las barreras está dictado por la pendiente del terreno, donde una pendiente más pronunciada indica la necesidad de barreras más frecuentemente espaciadas. Las especies utilizadas en las barreras vegetativas deben ser perennes y producir una abundancia de tallos rígidos que sean resistentes al flujo de agua y tolerantes a la deposición de sedimentos. La festuca alta es un ejemplo de una especie perenne de tallos rígidos que, debido a su naturaleza áspera, no es deseable para el ganado.

Si se van a plantar barreras vegetativas en pastizales donde pasta el ganado, es importante que cualquier especie seleccionada tenga tiempo para establecerse antes de que los animales tengan acceso al área. Como se mencionó en el caso de la festuca alta, las especies seleccionadas no deben ser adecuadas para el ganado de tal modo que cuando se les da la opción, pastarán

Conocimiento

LOS BENEFICIOS DE PLANTAR BARRERAS VEGETATIVAS



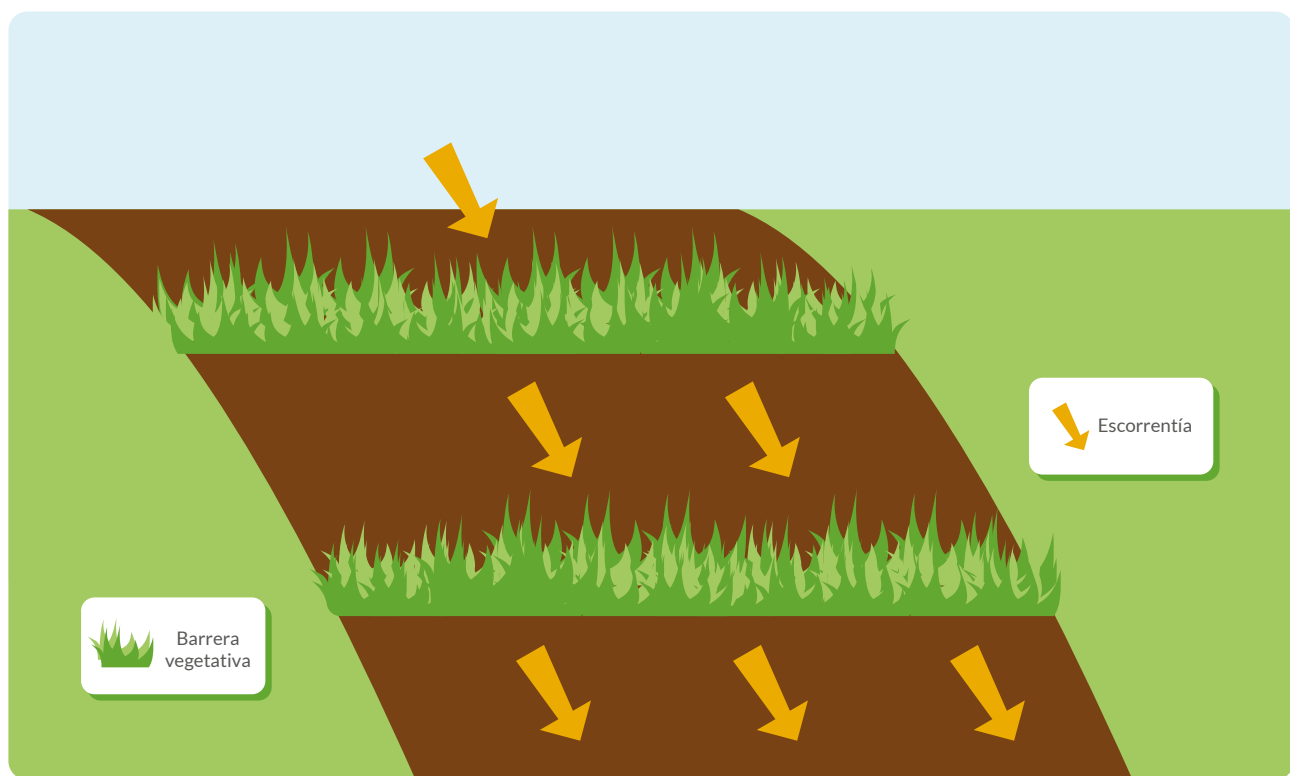
El objetivo principal de la introducción de barreras vegetativas es retardar y reducir el escurrimiento superficial, y así disminuir la erosión del suelo. Estas barreras también previenen el desarrollo de barrancos efímeros (causados por el agua corriente que erosiona bruscamente el suelo) al dispersar los flujos concentrados de agua. Un beneficio adicional es que crean un hábitat para la vida silvestre, mejorando la biodiversidad, al tiempo que actúan como franja ribereña de productos forestales no maderables como corredores que conectan áreas de vida silvestre y proporcionan refugio dentro del campo. Este beneficio es más notable cuando se utilizan especies nativas en la vegetación. Por último, las barreras vegetativas también pueden prevenir y retardar el desplazamiento del suelo, al crear terrazas a lo largo de la pendiente. El mantenimiento de la calidad del suelo garantiza la futura productividad de la tierra, asegurando los ingresos agrícolas.

selectivamente las gramíneas y leguminosas en el pastizal, dejando que la barrera prospere. Obviamente, esto no es un problema cuando el pastizal se utiliza para la producción de heno, ensilado u otros cultivos. Antes de introducir barreras vegetativas, el agricultor debe evaluar los siguientes criterios:

- El establecimiento de barreras vegetativas implica costos adicionales por los materiales de plantación, mano de obra y mantenimiento.
- Las barreras vegetativas pueden ser problemáticas de establecer y mantener en suelos con deficiencia de nutrientes y en regiones con climas áridos o semiáridos.
- Las barreras vegetativas reducen el espacio de cultivo y el potencial de ganancias de los cultivos.
- Las barreras vegetativas pueden atraer plagas o vida silvestre que podría afectar la producción de cultivos

Información técnica/Visualización

Diagrama de barrera vegetativa



Fuentes

- [Vegetative barriers \(TNAU agritech portal\)](#)
- [Vegetative Barriers For Erosion Control \(USDA\)](#)
- [Vegetative Barriers for Protecting Topsoil \(USDA NRCS\)](#)

4.3

Setos

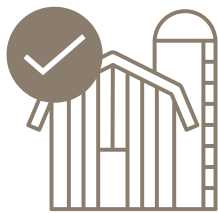
Introducción

Un seto vivo es una franja de vegetación densamente plantada (árboles, arbustos, gramíneas perennes y otras plantas) que forma un borde a lo largo de los campos agrícolas. Los setos vivos son cercas vivas que brindan el hábitat ideal para muchas especies, desde animales hasta plantas y hongos, contribuyendo a una mejor biodiversidad. Estos son hábitats importantes que apoyan un equilibrio ecológico en el campo. Los setos vivos también pueden servir como rompevientos y funcionar tanto por encima como por debajo del suelo como almacenamiento de carbono.

Conocimiento

BENEFICIOS DE LOS SETOS VIVOS

Plantar arbustos o árboles de seto aporta más que sólo valor estético. Los setos vivos son invaluable para la vida silvestre y pueden ayudar a los agricultores a ahorrar tiempo y dinero al ayudar en el manejo de cultivos, agua, suelo y ganado. Ofrecen ventajas clave en las siguientes áreas:

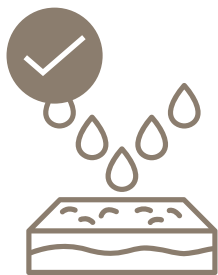


Cultivos

ROMPEVIENTOS: Los setos vivos diseñados correctamente pueden reducir la velocidad del viento hasta en un 75%. Estos fuertes vientos fríos perturban los esfuerzos de polinización y causan estrés a las plantas, lo que reduce los rendimientos de los cultivos. En áreas ventosas, las plantas invierten más energía en crecer tallos y ramas fuertes, lo que significa que se destina menos energía a la producción de flores o frutos. Los setos vivos ayudan a proporcionar una barrera contra el viento y aumentan los rendimientos de los cultivos al reducir los daños causados por los vientos fuertes y vivos.

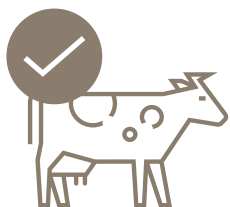
POLINIZADORES: Los setos vivos ayudan a mantener una diversidad de polinizadores, que son esenciales para la polinización y rendimiento de los cultivos. Un seto vivo diverso puede proporcionar alimento para los polinizadores durante todo el año cuando los cultivos no están en flor, así como lugares para anidar.

REDUCCIÓN DEL USO DE PESTICIDAS: Los setos vivos ayudan a aumentar las poblaciones de especies depredadoras y parasitarias, que son los enemigos naturales de las plagas de los cultivos. Las aves de las tierras de cultivo y los invertebrados depredadores como arañas y escarabajos se alimentan de estas especies de plagas, manteniendo sus niveles bajos y reduciendo en gran medida la necesidad de la intervención del agricultor y de pesticidas.



Agua y Suelo

Los setos vivos desempeñan un papel importante en asegurar que los suelos se mantengan saludables y reducen los impactos de la sequía y las inundaciones. Durante períodos de fuertes lluvias, el suelo fértil de las tierras de cultivo puede ser arrastrado. Sin embargo, los setos vivos actúan como barreras en los márgenes de los campos agrícolas para evitar la pérdida de este suelo. Además, al mantener la tierra cubierta con los doseles de setos vivos y los árboles, los agricultores pueden reducir el impacto que las lluvias directas tienen en la tierra. Las estructuras de raíces profundas de los setos vivos y los árboles en las tierras de cultivo también ayudan a mantener el suelo firmemente en su lugar, reduciendo el riesgo de que sea arrastrado y erosionado durante los meses secos y los fuertes vientos.



Ganado

Los setos vivos reducen el efecto del viento frío para el ganado. También proporcionan sombra durante los calurosos meses de verano, lo que reduce el estrés por calor en los animales. El estrés por calor puede afectar la producción de leche, las tasas de crecimiento y la fertilidad. La alimentación complementaria con diferentes hojas y gramíneas que se encuentran en los setos vivos nativos puede aumentar la diversidad microbiana en el intestino del ganado, mejorar la conversión de alimento y ayudar a su función inmunológica.



Clima

La diversa gama de plantas en los setos vivos también ayuda a combatir el cambio climático al almacenar carbono en su vegetación. La madera de los setos vivos es muy eficaz para capturar carbono. Los setos vivos también pueden ayudar a contrarrestar algunos de los impactos anticipados del cambio climático al proporcionar sombra y refugio contra los climas extremos. También actúan como barrera física para reducir la cantidad de fertilizantes, pesticidas y sedimentos que llegan a los flujos de agua, y mejoran la calidad del aire al capturar las partículas contaminantes.

Proceso

ESTABLECER UN SETO VIVO

Hay muchos componentes clave para considerar al diseñar un seto multifuncional. El primer paso es observar el sitio donde se plantará el seto y tener en cuenta las condiciones ecológicas y ambientales. Estos elementos influyen en la ubicación, el diseño, la selección de plantas y el tamaño del área a plantar. Realice una evaluación simple de los límites del campo. Evalúe las especies existentes e identifique las áreas que se pueden mejorar en función de los objetivos del potrero. Cuatro o más filas de plantas son óptimas para cortavientos, la conservación del agua y el suelo, hábitat de vida silvestre y para la biodiversidad en general. Las plantas utilizadas deben ser nativas del entorno. Para obtener información más detallada sobre los tipos de plantas adecuadas, se recomienda consultar con expertos locales o viveros para obtener los mejores resultados.



Fotografía: Franja que contiene trébol de Alejandría, trigo sarraceno, rábano, facelia y vezas.



Fotografía: Múltiples setos dividiendo los campos, franjas de amortiguamiento para insectos y bancos de semillas para alimentar a las aves durante los meses de invierno.



Fotografía: Cresta de escarabajos estercoleros (a la izquierda) junto al campo con pasto después del trigo.



Foto: Banco de semillas como alimento para pájaros durante el invierno.

Fuentes

- [Hedgerows and Pollinator Habitat \(California State University CHICO\)](#)
- [Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural landscape \(ELSEVIER\)](#)
- [A Guide to Hedgerows \(Oregon State University\)](#)
- [Hedgerows \(Game & Wildlife Conservation Trust\)](#)

Estudio de caso



Análisis detallado regional en Reino Unido

Se analizaron 26 setos y sus existencias de carbono orgánico del suelo (SOC, por sus siglas en inglés) en 5 granjas lecheras en Inglaterra, para comprender el potencial de secuestro de carbono en el suelo de los setos. Se midieron las existencias de SOC en los 50 cm superiores del suelo debajo de los setos y en los campos de praderas adyacentes. El SOC debajo de los setos fue en promedio un 31.3% mayor que en los campos y aumenta a medida que los setos son más antiguos: un 3.3% para setos de 2-4 años, un 14.4% para los de 10 años, un 45.2% para los de 37 años y un 57.2% para los setos más antiguos. Al aumentar la longitud de los setos en Inglaterra en un 40% durante más de 40 años, se pueden capturar y almacenar 6.3 Tg (teragramos) de dióxido de carbono atmosférico (CO₂) en el suelo debajo de los setos. Esto puede compensar entre el 4.7% y el 6.4% de las emisiones actuales de CO₂ en la agricultura.

Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722000573>

4.4

Cercado de cuerpos acuíferos

Introducción

El cercado de cuerpos de agua implica la construcción de una cerca a cierta distancia de un cuerpo de agua con el fin de **evitar el acceso de ciertos animales a dicho cuerpo de agua**. Esta es una práctica importante para los ganaderos lecheros, ya que cuando los animales tienen acceso a los arroyos, esto conduce al **enriquecimiento de nutrientes** y a la **contaminación del cuerpo de agua**.

Conocimiento

El cercado de cuerpos de agua mejora la calidad del agua ya que **evita que el estiércol entre directamente en el agua**, previniendo así el riesgo de eutrofización. La **eutrofización** tiene graves implicaciones para la calidad del agua y la biodiversidad, ya que provoca la proliferación de algas y la muerte de peces. Se estima que el ganado altamente productivo produce alrededor de 23 kg de materia fecal al día. Si se les permite acceder a un cuerpo de agua, el ganado depositaría entre un 7-10% de su peso en el agua en forma de heces. A lo largo de una temporada de pastoreo, esto podría sumar hasta 100 kg por vaca. Este es estiércol que debería fertilizar la tierra. El ganado también perturba los sedimentos en las orillas del agua, lo cual tiene un impacto significativo en los insectos de agua dulce. Los beneficios de cercar las zonas ribereñas incluyen:

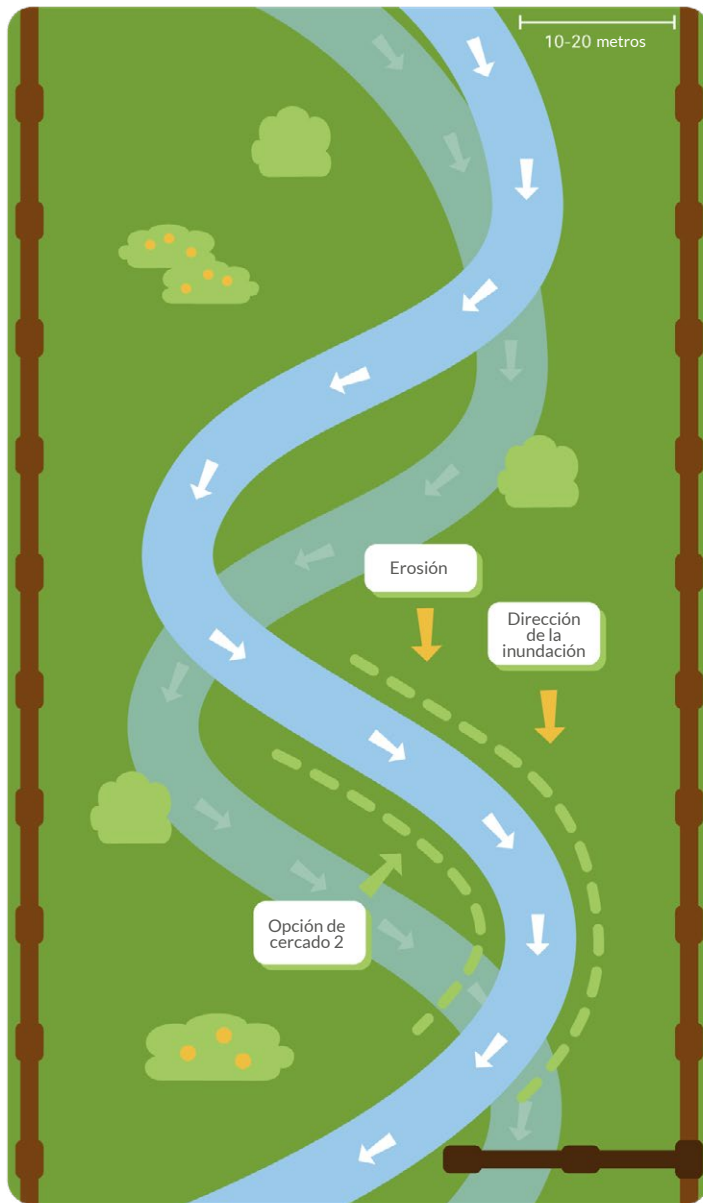
- Mejora de la salud y productividad animal.
- Mejores hábitats para peces y otras especies acuáticas.
- Mejora la calidad del agua al reducir la contaminación fecal y de sedimentos.
- Mejora la estabilidad de las orillas al limitar la erosión.
- Reducción de la pérdida de animales debido al embarrancamiento o ahogamiento.
- Mejora de las cualidades estéticas de la granja.
- Reduce la pérdida de nutrientes valiosos al evitar la deposición de estiércol en los cuerpos de agua.

Proceso

Dependiendo del objetivo, existen diferentes formas de construir una cerca ribereña. Se recomienda que las cercas se ubiquen al menos a **1.5 metros de la orilla del agua**. Sin embargo, para cuerpos de agua más grandes o para maximizar los beneficios, se recomiendan distancias mayores. Estas recomendaciones incluyen establecerla entre 10 - 20 metros desde el borde del agua, de manera que la cerca pueda ser más recta, requiera menos material y tiempo para su construcción, y aumente los beneficios ambientales. Si el propósito de la cerca es maximizar la biodiversidad y los hábitats de vida silvestre, se recomienda una distancia más amplia de 30 - 50 metros. El diagrama muestra los beneficios de permitir una mayor distancia entre la cerca y el cuerpo de agua. Esta práctica garantiza que, en caso de un cambio en el curso del río, la cerca siga siendo viable y efectiva. Esto se aplica especialmente a los ríos en comparación con los arroyos más pequeños, que tienen menos probabilidades de inundarse y cambiar de curso. Si el área se inunda con frecuencia, tener una mayor distancia entre la cerca y el cuerpo de agua aumentará las posibilidades de supervivencia de la cerca y será muy beneficioso para el ecosistema acuático. Se pueden encontrar más detalles sobre cercas ribereñas, las diferentes opciones y recomendaciones aquí.

Información técnica/Visualización

	10 vacas con acceso al agua	100 vacas con acceso al agua
Materia fecal/vaca	23kg	23kg
% en el cuerpo acuático	7-10%	7-10%
Depósitos/día	16.1 - 23kg	161 - 230kg
Depósitos/temporada de pastoreo (por ejemplo, 50 días con acceso al agua)	805 - 1,150kg	8,050 - 11,500kg



- Flujo
- Opción de cerca 1
- Barda colapsable
- Flujo de río original
- Flujo de río alterado

Fuentes

- [Fencing riparian zones \(Department of Primary Industries- NSW\)](#)
- [Fencing Water Courses \(Glanbia Connect\)](#)
- [Streamside Livestock Exclusion: A tool for increasing farm income and improving water quality \(DCR Virginia\)](#)
- [Effectiveness of Livestock Exclusion in a Pasture of Central North Carolina \(Wiley Online Library\)](#)

4.5

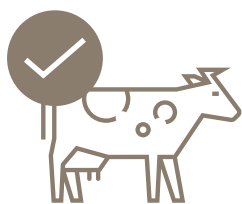
Sistemas silvopastoriles

Introducción

La silvopastura es la **integración deliberada de ganado en pastoreo con árboles** en la misma parcela de tierra. Estos sistemas son gestionados de manera intensiva y se pueden utilizar para producir tanto fuentes de ingresos a corto como a largo plazo, a través del pastoreo del ganado en el pasto como forraje y la cosecha de los árboles, respectivamente. El sistema se puede establecer tanto en áreas boscosas existentes como introduciendo árboles en pastizales de pastoreo. La silvopastura busca generar ganancias económicas al mismo tiempo que crea un sistema sostenible con beneficios ambientales.

Conocimiento

LOS BENEFICIOS DEL SILVOPASTOREO



Los sistemas de silvopastoreo ofrecen numerosos beneficios para la **salud animal, la gestión de la granja** y el medio ambiente. A través de la silvopastura, se proporciona pastoreo saludable para el ganado, al tiempo que se pueden obtener beneficios a largo plazo mediante la producción de madera. La sombra proporcionada por los árboles beneficia a los animales, especialmente durante los meses más cálidos, reduciendo el estrés por calor entre los animales, y algunas hierbas también crecen mejor con algo de sombra. En áreas más frías, los árboles brindan refugio a las vacas.



El pastoreo puede **mejorar el crecimiento** de los árboles al reducir la competencia por la humedad, los nutrientes y la luz solar, al tiempo que controla las malas hierbas y mantiene el cortafuegos. Los fertilizantes no utilizados por el pasto son absorbidos por los árboles, y el estiércol del ganado también se recicla a través del pasto y los árboles. Otro beneficio es que el **manejo de la madera es mínimo**, solo se requieren algunas podas antes de que los árboles maduren, alrededor de 25 años dependiendo de la especie.



Los árboles también proporcionan un refugio para la vida silvestre, mejorando la biodiversidad, y también pueden actuar como una barrera si la granja se encuentra en o cerca de cursos de agua. La salud del suelo también mejora, ya que se protege de la erosión por agua y viento, y se beneficia de un mayor contenido de materia orgánica cuando los árboles pierden sus hojas. El sistema de silvopastoreo proporciona aportes razonables de nutrientes y leguminosas fijadoras de nitrógeno para fomentar la fertilidad del suelo. Por último, en algunos casos, la silvopastura también puede incorporar cultivos comerciales (por ejemplo, frutas y nueces) en la ganadería, lo que significa que los agricultores obtienen ingresos adicionales anuales de sus tierras. Investigaciones recientes también sugieren que la silvopastura puede enfriar los microclimas locales, lo que conduce a condiciones más cómodas para las personas en los trópicos húmedos.

Proceso

ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA SILVOPASTORAL

Como se mencionó, la silvopastura se puede establecer tanto en bosques existentes como introduciendo árboles en pastizales. Sin embargo, hay algunas áreas donde se debe evitar la silvopastura, como áreas sensibles como humedales o bosques maduros de maderas duras. Si el agricultor desea establecer silvopastoreo en un bosque existente, el primer paso es modificar la ecología reduciendo el número de árboles. Esto es para facilitar la introducción de forraje que puede incluir pasto, leguminosas, hierbas, arbustos y árboles destinados al consumo del ganado. Los árboles también pueden producir frutas o nueces que sirven como alimento para el ganado una vez que caen al suelo. En el caso de los pastizales, los árboles

deben agregarse sin bloquear demasiada luz, para que el pasto debajo pueda prosperar. Los métodos de plantación pueden incluir filas, grupos o una distribución uniforme similar a un huerto. Algunas especies de crecimiento rápido ofrecen la ventaja de crecer rápidamente fuera del alcance de los animales, lo que significa que los animales de pastoreo se pueden integrar antes. Otros aspectos importantes a considerar son combinar adecuadamente las vacas con la tierra y asegurarse de que siempre estén en rotación. Los árboles también deben adaptarse al tipo de suelo y microclima, y ofrecer múltiples funciones dentro del sistema. Para obtener más detalles sobre estas medidas, se puede consultar aquí.

Visualización



Fotografía: (Arriba) Agrosilvicultura en un proveedor de Nestlé en Indonesia.
Fotografía: (Abajo) Agrosilvicultura en un proveedor de Nestlé en Brasil.



El elefante, pasto ruzi, el zacate elefante (odot), brachiaria, pasto king grass y otras especies de pasto se utilizan en Indonesia junto con el bosque para cultivar alimento para las vacas. El pasto se corta y se lleva a los establos.

Fuentes

- [Six Key Principles for a Successful Silvopasture \(Cornell CALS\)](#)
- [Silvopasture \(USDA\)](#)
- [Silvopasture: the Benefits of Integrating Trees with Livestock \(USDA\)](#)
- [Silvopasture \(California State University, CHICO\)](#)

4.6

Selección de árboles y plantación

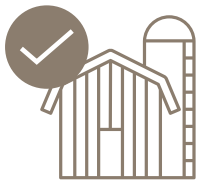


Introducción

Los árboles cumplen diversas funciones en las explotaciones lecheras, ya sea como parte de barreras ribereñas, para proporcionar sombra a los animales o dentro de un sistema agrosilvopastoril. Los árboles pueden utilizarse para proporcionar forraje al ganado, mejorar la biodiversidad y también pueden ser una inversión a largo plazo que se puede vender para la fabricación de muebles, por ejemplo. La introducción de árboles puede tener muchos beneficios económicos y ambientales para la explotación. Sin embargo, también es importante reconocer que los árboles agroforestales pueden influir negativamente en la producción de cultivos, en particular si no se seleccionan y manejan adecuadamente, debido a la competencia por agua, luz solar y nutrientes. Grupos de agricultores y cooperativas pueden colaborar con viveros para obtener árboles e información, como lo han hecho los agricultores de Nestlé en Chile.

Conocimiento

ÁRBOLES FORRAJEROS



Los árboles forrajeros son un **método alternativo de alimentación para el ganado en pastoreo**. Ofrecen ventajas distintas en comparación con el pasto, ya que pueden ayudar a satisfacer las deficiencias de producción en tiempos de condiciones climáticas severas como la sequía. Los árboles son fáciles de cultivar, requieren poco terreno, mano de obra y/o capital, tienen muchos subproductos y a menudo proporcionan alimento en un año desde su plantación. También proporcionan sombra al ganado, aumentan los hábitats para la vida silvestre, mejoran la biodiversidad y el secuestro de carbono. Algunos **ejemplos** de árboles forrajeros comúnmente utilizados en ubicaciones tropicales incluyen *Calliandra calothyrsus*, nativo de América Central pero ampliamente utilizado en Asia, *Moringa oleifera*, que crece rápido y es resistente a la sequía y nativo del subcontinente indio, *Sesbania sesban*, *Glyricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, nativos del sur de México, pero también ampliamente utilizados en climas tropicales y Asia. Al proporcionar forraje durante períodos de sequía, los árboles forrajeros pueden ayudar a los agricultores a ahorrar dinero al reducir la necesidad de comprar alimento durante períodos de crecimiento limitado del pasto.

Proceso

ÁRBOLES PARA LA BIODIVERSIDAD Y SOMBRA/REFUGIO



Mejorar la **biodiversidad** requiere destinar porciones de **terreno para que los árboles crezcan** y establezcan hábitats para la vida silvestre a largo plazo. La ubicación de la plantación es importante. Por ejemplo, plantar árboles cerca o conectar humedales probablemente tendrá un mayor impacto, ya que estos son puntos calientes de biodiversidad. Es importante pensar en el futuro y tener una visión de cómo se verá la explotación en los próximos años. Hay más detalles sobre cómo gestionar los árboles para la biodiversidad disponibles aquí. El **estrés por calor** puede afectar al ganado durante los días calurosos y la forma más efectiva de prevenirlo mientras se contribuye positivamente al bienestar animal es proporcionando sombra a través de los árboles. Como se ha mencionado, los árboles pueden proporcionar sombra de diversas formas, ya sea a través de franjas ribereñas, sistemas de silvopastoreo o árboles forrajeros. Los animales de campo adquieren calor no sólo de fuentes externas como el sol, sino que los animales rumiantes también generan una gran cantidad de calor internamente que necesita disiparse mediante la respiración. El estrés por calor ocurre con frecuencia a temperaturas superiores a los 20°C o cuando la humedad supera el 75%. Los árboles pueden marcar una gran diferencia al interceptar más del 50% de la radiación solar y pueden reducir las temperaturas ambientales hasta 10°C durante el verano.

Más información sobre los árboles para proporcionar sombra puede consultarse aquí. Los árboles también pueden ofrecer **refugio** contra el viento y la lluvia, mejorando así el bienestar de los animales.

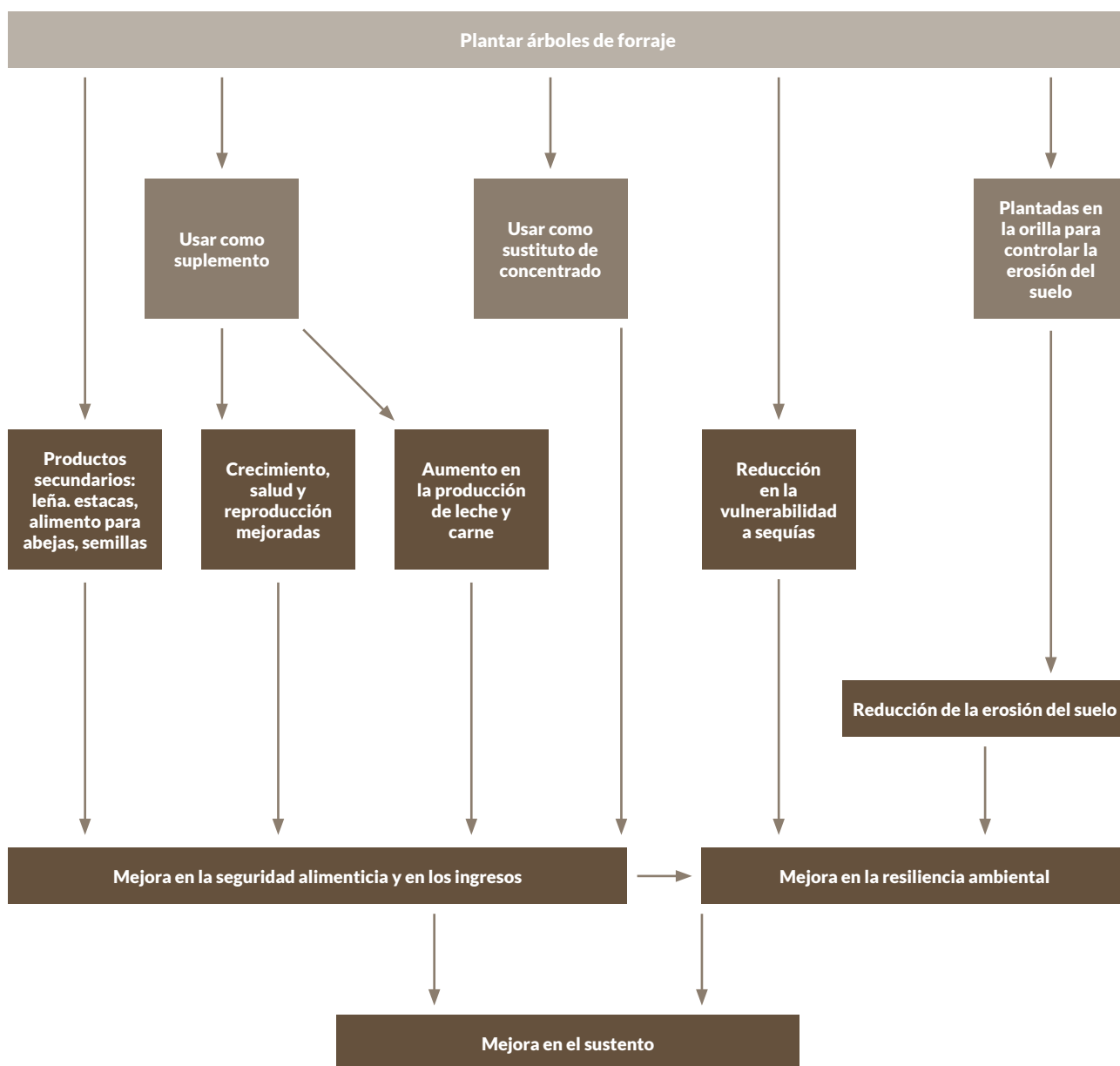
LOS ÁRBOLES COMO UN CULTIVO COMERCIAL PARA MUEBLES

Los árboles plantados como cultivos comerciales para la producción de muebles son una **inversión a largo plazo** y generan un **ingreso adicional** para la granja. Si se gestionan correctamente, pueden tener muchos beneficios adicionales, como proporcionar sombra,

mejorar el suelo y servir como hábitat para la vida silvestre, todos los cuales se discuten en varias secciones de este manual. Estos árboles pueden aprovechar terrenos marginales y relativamente poco productivos para generar un ingreso adicional para la granja, al mismo tiempo que brindan beneficios ambientales que son fundamentales para la agricultura regenerativa.

Un ejemplo de árbol que se puede cultivar como cultivo comercial es el árbol de teca. Hay muchos factores a tener en cuenta al plantar el área forestal, y se pueden encontrar más detalles en este enlace.

Información técnica/Visualización



Fuentes

- [Trees on farms Growing trees for timber \(Dairynz.co.nz\)](#)
- [Trees on farms Planting for biodiversity \(Dairynz.co.nz\)](#)

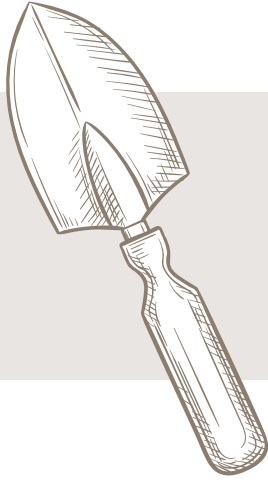


Fotografía: Agroforestería en un proveedor de Nestlé en Colombia.

5

MANEJO DE ESTIÉRCOL





Introducción

Esta sección guía a los agricultores en las prácticas regenerativas para el manejo del estiércol en el establo, almacenamiento y aplicación en el campo.



Conocimiento

El sistema de manejo regenerativo del estiércol enfatiza que el estiércol en las granjas lecheras no es un desperdicio, sino un recurso valioso. Asegura que los agricultores utilicen el estiércol como una fuente importante de nutrientes para apoyar el crecimiento de las plantas, materia orgánica para aumentar el carbono en el suelo, y se puede aprovechar para obtener beneficios adicionales, como la producción de gas natural. El reciclaje del estiércol en la tierra agrícola permite que sus nutrientes se utilicen para mejorar el crecimiento de los cultivos y mantener o mejorar la fertilidad del suelo, lo que generalmente resulta en ahorros si se compara con el uso exclusivo de fertilizantes inorgánicos. Además, el estiércol almacenado en condiciones anaeróbicas mejora la producción de metano que genera biogás, una fuente de energía renovable a la puerta de la granja lechera. La energía generada se puede utilizar para abastecer de energía a la granja, lo que evita costos de energía en la propia granja, y potencialmente crea una fuente de ingresos adicional para el agricultor si se vende como energía o calefacción para viviendas cercanas.



Conservación de los recursos hídricos

- Reducción de la contaminación y contaminantes del agua
- Ahorro de agua mediante reciclaje y filtración en el tratamiento del estiércol

Mejora de la estructura del suelo

- El uso eficiente de la materia orgánica del estiércol permite una mejor aireación y retención de agua en el suelo

Salud animal

- Menor riesgo de enfermedades en los animales y deterioro de la calidad de la leche

Producción de energía

- Energía adicional para uso de la granja de la producción de biogás
- Ahorro en costos de energía

Apoyo al crecimiento de las plantas

- Una gestión eficaz de los nutrientes proporciona un equilibrio en la entrada de nitrógeno y fósforo para los cultivos

Operaciones eficientes en la granja

- Beneficios económicos del estiércol reciclado
- Ahorro en costos

5.1

Manejo regenerativo del estiércol

Introducción

La gestión del estiércol regenerativo enfatiza el manejo del estiércol desde el establo hasta su aplicación en el campo para mejorar la productividad de la granja y el medio ambiente. La transición hacia la agricultura regenerativa debe centrarse en conservar el valor de los nutrientes del estiércol, mejorar el contenido de materia orgánica y prevenir la contaminación de los ecosistemas. El manejo del estiércol puede mejorarse siguiendo diversas prácticas que se detallan en las secciones siguientes. La aplicación del estiércol de acuerdo con las necesidades agronómicas de los cultivos mejora la productividad y la eficiencia al reducir la necesidad de fertilizantes comerciales y, por lo tanto, reduciendo costos para el agricultor.

Sin embargo, si se maneja incorrectamente, el estiércol puede generar emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminar el suelo, el agua y el aire, lo cual tiene un impacto directo en las operaciones agrícolas y en el público en general. La **aplicación excesiva** de nutrientes del estiércol en tierras de cultivo aumenta el riesgo de lixiviación de nutrientes y escorrentía hacia los cursos de agua, lo cual promueve la contaminación de las aguas subterráneas, el crecimiento excesivo de algas y la **eutrofización**. La eutrofización a menudo resulta en proliferaciones de algas nocivas y zonas hipóxicas (con bajo nivel de oxígeno), lo cual puede destruir la vida acuática y perturbar gravemente los ecosistemas acuáticos.

Conocimiento

Debido al alto contenido de nutrientes del estiércol, existe una gran oportunidad de crear un sistema circular de nutrientes dentro de las granjas. Los agricultores pueden obtener beneficios económicos utilizando el estiércol como fertilizante en sus granjas o convirtiéndolo en materiales valiosos (como lecho para animales, enmiendas del suelo, biogás). Cuando no se utiliza en la granja, se puede vender y proporcionar un ingreso adicional.

El manejo sostenible del estiércol conduce a ahorros económicos para el agricultor al reutilizar el estiércol en la granja y/o crear nuevas fuentes de ingresos. El papel principal de los agricultores en el contexto del manejo del estiércol es lograr un **uso optimizado de los nutrientes** naturalmente presentes en el estiércol por parte de los **cultivos**, al tiempo que se **limitan las pérdidas de nutrientes** hacia los cuerpos de agua y las emisiones de gases de efecto invernadero. Seguir esta estrategia finalmente dará como resultado altos rendimientos y una mejor calidad del agua, el suelo y el aire.

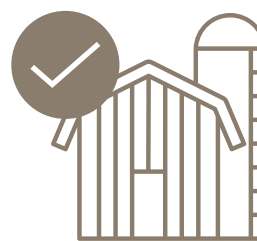
El manejo sostenible del estiércol conduce a:



Ganancias mejoradas y ahorros económicos



Mejor calidad ambiental



Operaciones en la granja más eficientes y sostenibles

También hay otras sustancias presentes en el estiércol, como el carbono y el agua, que, además del nitrógeno, dan lugar a una serie de reacciones que generan emisiones de **amoníaco, óxido nitroso y metano**. Estas emisiones, si no se manejan correctamente, pueden tener un impacto negativo en los seres humanos, los animales y el medio ambiente.

Proceso

BENEFICIOS DEL ESTIÉRCOL RECICLADO

La composición natural del estiércol permite el reciclaje de nutrientes, y existen diversos usos para cada componente del estiércol, como se muestra en la tabla a continuación.

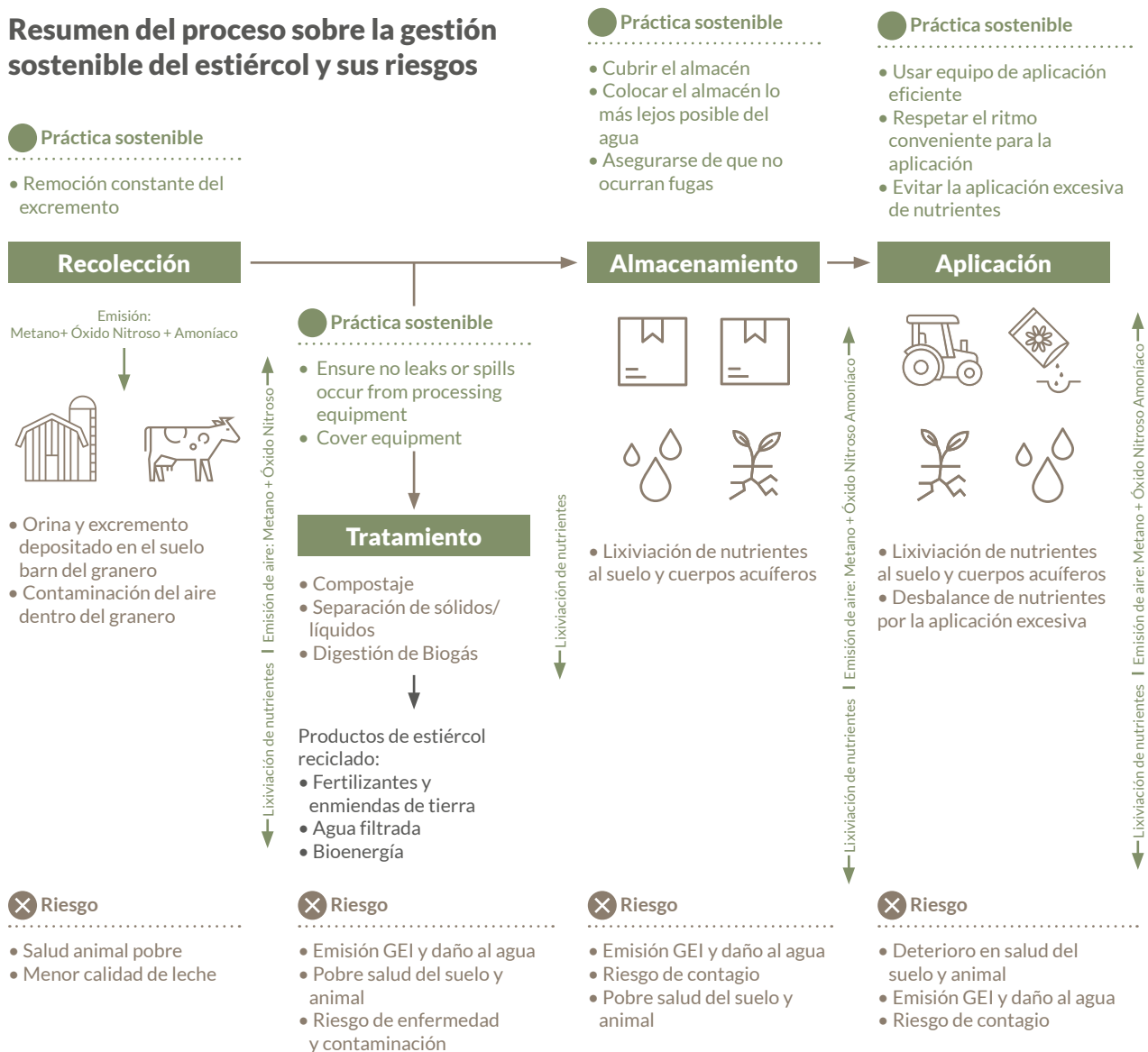
Fuentes

- [Manure Management \(Virtual farm dairy\)](#)
- [What Does Manure Collection and Storage Look Like? \(USDA\)](#)
- [Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options \(Oxford Academy\)](#)

Información técnica/Visualización

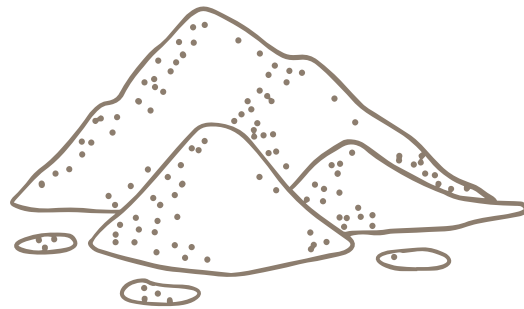
Componentes del Estiércol	Usos benéficos	Ventajas
Nutrientes	Composta, fertilizante	Ahorros en fertilizante
Materia orgánica	Enmiendas des suelo	Mejora la estructura del suelo
Sólidos	Material para lecho, fertilizante	Ahorro en costos de lechos
Energía	Biogás	Energía suplementaria para la granja
Fibra	Material para lecho	Ahorro en costos de lechos

Resumen del proceso sobre la gestión sostenible del estiércol y sus riesgos



5.2

Almacenamiento de estiércol



Introducción

El almacenamiento de estiércol es la práctica de guardar el estiércol hasta que pueda ser procesado, retirado y utilizado durante la temporada de crecimiento. El almacenamiento también es un método de tratamiento porque mejora los períodos de tiempo y la conveniencia de su aplicación.

Conocimiento

El tamaño de un almacenamiento de estiércol requerido depende de muchos factores, siendo los más importantes el número de ganado, la edad, la alimentación animal y las condiciones climáticas. El almacenamiento de estiércol es un tema importante y varía considerablemente entre diferentes países y granjas lecheras. En muchas granjas pequeñas, la falta del terreno suficiente y el equipo para almacenar el estiércol obliga a tener menos tiempo de almacenamiento. El estiércol se aplica diariamente en los campos. Las grandes granjas lecheras almacenan el estiércol ya que tienen dificultades para desechar grandes volúmenes de estiércol, o la aplicación de estiércol en los campos está restringida por ley durante ciertos períodos del año.

- Al elegir el sistema de almacenamiento de estiércol adecuado, se deben tener en cuenta el volumen de estiércol producido, la disponibilidad de terreno para construir instalaciones de almacenamiento y las regulaciones nacionales o regionales que limitan la contaminación del agua y la tierra.

En general, el almacenamiento de estiércol permite el uso optimizado del estiércol en relación con las necesidades de nutrientes del cultivo y previene la deposición excesiva y la lixiviación de nutrientes.

Proceso - Tipos de Almacenamiento de Estiércol

1—Pilas de estiércol seco

Introducción

El apilamiento en seco del estiércol implica compilar el estiércol seco en un espacio semiabierto rodeado por tres muros. Un apilamiento en seco debe tener un piso de concreto vertido, ligeramente inclinado para el drenaje, que capture el escurrimiento y lo devuelva al sistema. Los muros deben tener la altura y estabilidad suficientes para contener el estiércol y evitar una deposición excesiva y lixiviación de nutrientes.

Conocimiento

- El apilamiento en seco es un enfoque benéfico para almacenar el estiércol debido a su bajo costo y la facilidad de su implementación. Puede adaptarse a un espacio pequeño y servir como solución de almacenamiento.

Sin embargo, existen múltiples riesgos y preocupaciones asociados con los apilamientos en seco, no se recomiendan:

- No están cubiertos, lo que aumenta el potencial de escorrentía, especialmente después de la lluvia, puede causar contaminación del agua
- El estiércol puede perder nutrientes si no se almacena/cubre de manera segura
- Mayor potencial de olor en comparación con otras técnicas de almacenamiento.



Fotografía: Almacenamiento de estiércol en granjas - Comunidad de Aprendizaje Ambiental de Ganado y Aves de Corral
Fuente: [Storing Manure on Small Farms – Livestock and Poultry Environmental Learning Community \(lpelc.org\)](https://www.lpelc.org/)

2—Tanques/Lagunas

Introducción

Una laguna tiene una estructura similar a una piscina o estanque y debe diseñarse de manera que favorezca la descomposición biológica del estiércol mediante la descomposición de la materia orgánica. Por lo tanto, una laguna sirve tanto para **almacenar como para tratar** el estiércol.

Conocimiento

Los estanques son comúnmente utilizados por los agricultores lecheros para almacenar purines o estiércol líquido. Los agricultores también pueden aplicar directamente el estiércol en sus campos mediante el uso de tuberías conectadas para liberar el purín desde los estanques. Los estanques pueden estar cubiertos o descubiertos. Las estructuras de almacenamiento de estiércol dependen del volumen de estiércol y de la duración del “período cerrado” para la aplicación de estiércol en los campos. En algunos países, el “período cerrado” está definido por ley, lo que restringe el momento de la aplicación de estiércol. Esto, para evitar que el nitrógeno disponible en el cultivo se pulverice en los campos en relación con

el período de crecimiento del cultivo, evitando así la pérdida de NO_3^- por lixiviación. Por ejemplo, el estiércol aplicado en otoño perderá gran parte o todo su nitrógeno disponible para el cultivo por lixiviación, mientras que el estiércol aplicado en primavera no lo hará. El aspecto clave en los estanques es asegurar que no haya riesgo de filtración de estiércol en los cuerpos de agua. Esto se logra mediante la monitorización para evitar riesgos de derrames y filtraciones.

Beneficios de usar lagunas:

- Reduce olores cuando cubiertas y selladas
- Almacenamiento de largo plazo
- Puede almacenar cantidades grandes

Información técnica/visualización

Tipos de lagunas



Lagunas sin cubierta

Estanque con estructura de revestimiento en una granja de Nestlé - China

Problemas principales

Para los estanques sin separación de sólidos, los sólidos del estiércol forman una capa separada y natural en la parte superior del estanque, lo cual atrapa los olores y libera gases de óxido nitroso.

Acción recomendada

El uso de agitadores o aditivos de estiércol ayuda a mantener el estiércol en movimiento y evitar la formación de cualquier tipo de costra. Es recomendable utilizar un separador de sólidos en este caso. Además, se debe ubicar el almacenamiento de estiércol lejos de cuerpos de agua e infraestructuras públicas



Lagunas cubiertas

Producción de biogás utilizando cobertura de geomembrana de HDPE

Riesgos de derrames o fugas de estiércol. El biogás producido es inflamable, explosivo y corrosivo

Ubique el almacenamiento de estiércol lejos de los cursos de agua e infraestructuras públicas. Permite capturar y/o quemar el metano

Fuentes

- [Storing manure on small farms – deciding on a storage option \(Michigan State University\)](#)
- [Manure Storage and Treatment Systems \(University of Georgia uga.edu\)](#)
- [Manure Storage for Dairy Operations \(University of Massachusetts\)](#)
- [Manure storage: small scale solutions for your farm \(NRCS\)](#)

5.3

Tratamiento del estiércol

Introducción

El tratamiento del estiércol se realiza para **reducir la masa, controlar patógenos, concentrar o reducir nutrientes, o producir subproductos como material de lechos o energía.**

Conocimiento

El estiércol contiene diferentes concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), además de bacterias dañinas (patógenos), fibra y materia orgánica. Al tratar el estiércol, los agricultores pueden controlar estos patógenos, equilibrar las

proporciones de nutrientes, reducir la masa de estiércol y crear subproductos. El procesamiento del estiércol puede generar resultados altamente beneficiosos para el agricultor, el medio ambiente y el público general.

Beneficios asociados



Económicos

- Ahorra en costos de fertilizante
- Permite el reciclaje
- Valor económico aumentado



Ambientales

- Previene pérdida de nutrientes
- Disponibilidad de nutrientes para cultivos incrementada
- Minimiza los riesgos de contaminación del agua asociados con el desperdicio
- Mejora la fertilidad de la tierra



Gestión de la granja

- El estiércol tratado es más fácil de almacenar
- Permite el reciclaje de líquidos
- Reduce los olores

Desafíos generales

- Requiere espacio
- Algunas técnicas de tratamiento requieren conocimiento técnico
- Costos adicionales para granjeros

Proceso - Tipos de tratamiento del estiércol

1 - Separación sólido-líquido

Introducción

La separación sólido-líquido es un proceso que **divide el estiércol en dos: fracciones sólidas y líquidas.**

Conocimiento

La separación de fracciones reduce la cantidad de material orgánico en los purines y, por lo tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero y los olores. Los métodos comunes de separación sólido-líquido incluyen el proceso de sedimentación, la separación mecánica o la separación química. Los agricultores pueden seleccionar las técnicas de procesamiento más adecuadas según la escala de la granja, la disponibilidad de equipos y el clima

geográfico de la región donde se encuentra la granja. El proceso de separación permite una gestión efectiva del estiércol de los animales y un uso más eficiente del estiércol líquido y sólido por separado. Diferentes estudios piloto han demostrado que los agricultores lecheros pueden tener un mayor control sobre el estiércol de las vacas una vez que implementan la práctica de separación sólido-líquido. Beneficios de la separación:

- El estiércol sólido y líquido se pueden utilizar por separado, lo que ocupa menos espacio y facilita el transporte a granjas remotas. La parte sólida se puede secar y convertir en subproductos como gránulos

2— Sistemas de gravedad/ Sedimentación

Los depósitos de sedimentación y estanques permiten la separación por gravedad a través de la sedimentación. Esta técnica es sencilla, no requiere maquinaria sofisticada, sino de baja tecnología y bajo costo para los agricultores, ya que permite que la separación ocurra de forma natural. El flujo de estiércol se limita para permitir que parte de los sólidos se asienten. Los líquidos y algunos sólidos se drenan gradualmente hacia un estanque de retención o una laguna de tratamiento. Los sólidos que

quedan en el depósito se dejan secar y luego se retiran. El líquido se puede bombear o drenar hacia otros estanques de retención, lagunas u otras estructuras de almacenamiento, y los sólidos se pueden mantener en el estanque para que se sequen antes de ser retirados. Esto es especialmente útil para la separación y recuperación de arena en sistemas de cama de arena, para ser secados y convertidos en subproductos como gránulos.

3— Separación mecánica

Los separadores mecánicos son sistemas que involucran el uso de equipos mecánicos como separadores de pantalla, centrifugadoras e hidrociclones, y prensas de banda o tornillo. Estos separadores tienen diferentes eficiencias de separación en relación a la concentración de nutrientes y producen fracciones líquidas y

sólidas. Las ventajas de la separación mecánica incluyen un bajo mantenimiento de los equipos y requisitos de mano de obra en comparación con los sistemas de gravedad, diseños eficientes y compactos de los procesadores y superficies más pequeñas de terreno requeridas para las instalaciones.

Technical information/Visualization



Fotografía: Prensa de estiércol en una granja proveedora de Nestlé - Sudáfrica



Fotografía: Estiércol seco separado en una granja proveedora de Nestlé - China

4— Tratamiento químico

Los procesos de coagulación y floculación de partículas mediante el uso de productos químicos se utilizan para separar los sólidos de los líquidos en el estiércol animal. La coagulación es un proceso que reúne los sólidos suspendidos en un líquido para formar partículas que pueden asentarse. La floculación es un proceso que convierte las partículas coaguladas en grandes masas que se asientan rápidamente, también llamadas flóculos. Los

productos químicos más comunes utilizados para coagular y flocular los sólidos en el estiércol animal y las aguas residuales son polímeros orgánicos como el poliacrilamida (PAM), y sales metálicas como el cloruro férrico (FeCl_3), el alumbre ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) y la cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Se requieren diseños de procesadores y superficies más pequeñas de terreno para las instalaciones.

5—Composta

La composta de estiércol es un proceso natural que involucra a los microorganismos que consumen oxígeno (bacterias y hongos) para facilitar la fermentación o descomposición aeróbica del estiércol. este proceso requiere de aereación regular para estimular los microorganismos que se alimentan de componentes orgánicos y convertir la materia orgánica en composta. El proceso produce una corrección del suelo ambientalmente estable que es rico en materia orgánica pueden ser

usados para mejorar la calidad del suelo. Los beneficios de la composta:

- Proceso rápido, fácil y de bajo costo.
- Concentración de nutrientes estabilizada
- Reduce la humedad y masa del estiércol.
- Reduce insectos, patógenos y olores
- Uso óptimo de los residuos de la granja
- Fácil de transportar y podría ser vendido.

La tabla debajo resume las técnicas de compostaje, desafíos y beneficios asociados:

Información/ Visualización técnica

Técnicas de compostaje	Descripción	Ventajas	Desafíos
<p>Compostaje de montículos</p> 	<p>Esta técnica de compostaje a gran escala es la mas simple de los 4 métodos presentados. Involucra el compilar el estiércol en largos montículos angostos. Los montículos necesitan ser volteados periódicamente basados en los requerimientos de temperatura y oxígeno. Esto puede ser realizado manual o mecánicamente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la estructura del suelo • Limita la erosión del suelo • Adecuado para climas fríos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere una superficie grande. • La distribución heterogénea del calor en los montículos crea el riesgo de sobrevivencia de los patógenos. • Composteo incompleto, particularmente en la parte superior de montículo.
<p>Pilas estáticas aereadas</p> 	<p>En este sistema, los residuos orgánicos se mezclan en una pila larga. Para aerear la pila, capas de agentes de carga (chips de madera, pedazos de papel y cartón) se añaden para que el aire pueda pasar desde el fondo hasta la cima de la pila. Las pilas también pueden ser sobre una estructura de tubos que entreguen aire. Los sopladores de aire podrían ser activados por un timer o un sensor de temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El manejo de las pilas toma menos tiempo. • Produce composta rápido (2 a 6 meses) • Necesita menos espacio que el método de montículos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos de energía • Mantenimiento de tubería • Requiere una inversión inicial mas alta y asistencia técnica • Requiere monitoreo cercano para asegurar la distribución del calor
<p>Composteo en contenedores</p> 	<p>El composteo en contenedores asegura un ambiente cerrado en el que las condiciones ambientales (como temperatura, humedad y flujo del aire) pueden ser controlados. El estiércol se coloca dentro de un contenedor y mezclado mecánicamente para asegurar la aereación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere poco espacio • Diferentes tamaños y capacidades disponibles • Olores controlados • El composteo ocurre a una tasa más acelerada debido a la aereación constante 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos iniciales altos • Se requiere experiencia técnica • Aplicable generalmente a granjas mas grandes

Vermicompostaje



Un proceso de compostaje que depende de las lombrices y microorganismos para convertir la materia orgánica del estiércol en valiosos fertilizantes de compost. El método de vermicompostaje se puede utilizar tanto para grandes como pequeñas cantidades de estiércol, ya que el procesamiento se puede realizar con sistemas avanzados totalmente automatizados, así como técnicas manuales tradicionales.

- Mejora la estructura del suelo
- Limita la erosión del suelo
- Aumenta la humedad del suelo
- Costo efectivo
- Método simple
- Se puede utilizar tanto para el procesamiento de estiércol a pequeña como a gran escala

- Es necesario separar los sólidos.
- Sensible a los cambios climáticos.
- Las lombrices son sensibles a la exposición directa al sol.
- Requiere una buena circulación de aire

Camas de composta para vacas lecheras



Las estructuras de estabulación con lecho de compost son un sistema alternativo de alojamiento suelto para vacas lecheras, donde las vacas tienen un área de descanso abierta en lugar de establos individuales. Los sistemas de compostaje exitosos cuentan con un área de descanso con cama de composta. Un establo de compost proporciona a las vacas más espacio para moverse que los establos de atado o los establos libres. Estos establos también pueden reducir los costos y el espacio de almacenamiento de estiércol, así como ahorrar mano de obra y manejo de estiércol. Para obtener más información, por favor consulte aquí.

- Tiene el potencial de mejorar el bienestar animal.
- Puede reducir los costos y el espacio de almacenamiento de estiércol, así como ahorrar en mano de obra y manejo de estiércol

- Requiere agitación mecánica profunda y una instalación diseñada para la ventilación.
- Requiere una gran área por vaca.
- Puede ser necesario un gran volumen de material de cama en condiciones frías y húmedas.
- Se ha demostrado que el lecho de compost contiene altas concentraciones de bacterias



Fuentes

- [Methods for Treatment of Animal Manures to Reduce Nutrient Pollution Prior to Soil Application \(Springer\)](#)
- [On-Farm Composting in Pennsylvania: Compost Bedded Pack \(Capital RC&D\)](#)
- [Compost-bedded pack barns for dairy cows \(University of Minnesota\)](#)
- [Guide to composting animal manure \(North Dakota State University\)](#)

5.4

Biodigestores

Introducción

Los compuestos del estiércol se degradan sin oxígeno a una temperatura estable y por periodos definidos por bacterias anaeróbicas que producen biogás (CH₄) que puede ser usado como energía renovable para producir energía calórica y eléctrica.

Conocimiento

Un biodigestor es un sistema que digiere biológicamente material orgánico sin oxígeno. Microbios y otras bacterias rompen los materiales orgánicos dentro del biodigestor. Los principales componentes del biogás son metano (55-60%), dióxido de carbono (35- 40%), hidrógeno (2-7%), sulfuro de hidrógeno (2%) y restos de otros gases. El proceso para convertir estiércol en biogás, tiene los siguientes pasos:

- El estiércol se mezcla con una cantidad igual de agua en el tanque mezclador. Esto forma el slurry. El slurry ingresa al digestor a través de la cámara de entrada.
- Cuando el digestor es parcialmente llenado con el slurry, el ingreso de slurry se para y la planta se deja sin usar por cerca de dos meses.
- Durante esos dos meses, las bacterias anaeróbicas presentes en el slurry fermentan la biomasa en la presencia del agua.
- Como resultado de la fermentación anaeróbica, se genera el biogás, que se acumula en el domo del digestor.
- Mientras mas biogás genera el digestor, la presión ejercida por el biogás forza el slurry gastado hacia la salida de la cámara.
- Desde la cámara de salida, el slurry gastado fluye hacia al tanque de desbordamiento.
- EL slurry gastado se remueve manualmente del tanque de desbordamiento y utilizado como nutrientes para las plantas.
- La válvula de gas conectada al sistema de tuberías se abre cuando se requiere suministrar el biogás hacia las operaciones de la granja.
- Para obtener un suministro constante de biogás, una planta funcional puedes ser alimentada continuamente con el slurry preparado.

Caso de estudio



Inmersión regional
Ejemplo de reciclaje completo de estiércol en una granja de Letonia

AS Ziedi JP, una granja lechera de 4,000 hectáreas en Letonia, demuestra un caso exitoso de producción de biogás dentro de la granja. Utilizando el slurry generado por 1,000 vacas lecheras, la granja ha podido producir biogás y generar 45 MWH de energía por día. El estiércol residual de la producción de biogás es posteriormente usado como fertilizante, mientras que cualquier exceso de energía es transportado a una granja acuícola cercana en forma de agua caliente, para usarse dentro de su proceso.

Fuente: <https://www.lighthousefarmnetwork.com/lighthouse-farms/as-ziedi-jp>

En cualquier unidad de biogás, la temperatura es un factor clave en la tasa de producción de estas. La digestión es más rápida en climas cálidos, por lo que, en las regiones tropicales, las lagunas pueden ser más pequeñas y experimentar menos variación en la producción estacional de gas. A temperaturas más bajas, dicha producción de metano se reduce sustancialmente a menos que se caliente. Es importante que el operador de una laguna anaeróbica ajuste la alimentación de materia orgánica según sea necesario, al igual que la ración de alimento de una vaca.

En climas fríos, se deben disminuir la frecuencia en la carga de lodo y se debe aumentar el tiempo de retención hidráulica (HRT) para tener suficiente producción de metano. El biogás tiene un uso multifacético en el contexto de la gestión del estiércol. Aunque se utilizan principalmente como equipo de tratamiento, también pueden servir como almacenamiento de estiércol. El tratamiento del

estiércol a través de digestores de biogás puede generar varios productos, como sólidos separados, agua filtrada, combustible, fertilizantes y bioenergía. La generación de biogás a partir del estiércol da como resultado la producción de un combustible renovable que se puede utilizar para la producción de calor y electricidad, lo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero al capturarlo y utilizarlo de manera efectiva. El digestato se puede volver a aplicar a los campos como fertilizantes orgánicos de alta calidad, que son más fáciles de aplicar ya que es más líquido que el purín y no se adhiere a las hojas. El agricultor que desee instalar una planta de biogás debe considerar cuidadosamente los altos costos de inversión y gestión. Elegir el tamaño del digestor es crucial, ya que los biodigestores sobredimensionados o demasiado pequeños no pueden ser efectivos para satisfacer la producción de biogás.

Información técnica/ visualización

Cómo funciona un digestor anaeróbico

El estiércol se envía a los tanques, donde se cocina y comprime y se recoge el gas. El sistema extrae líquidos para los cultivos. Los sólidos restantes se reducen a compost inodoro y libre de bacterias y lecho para las vacas.

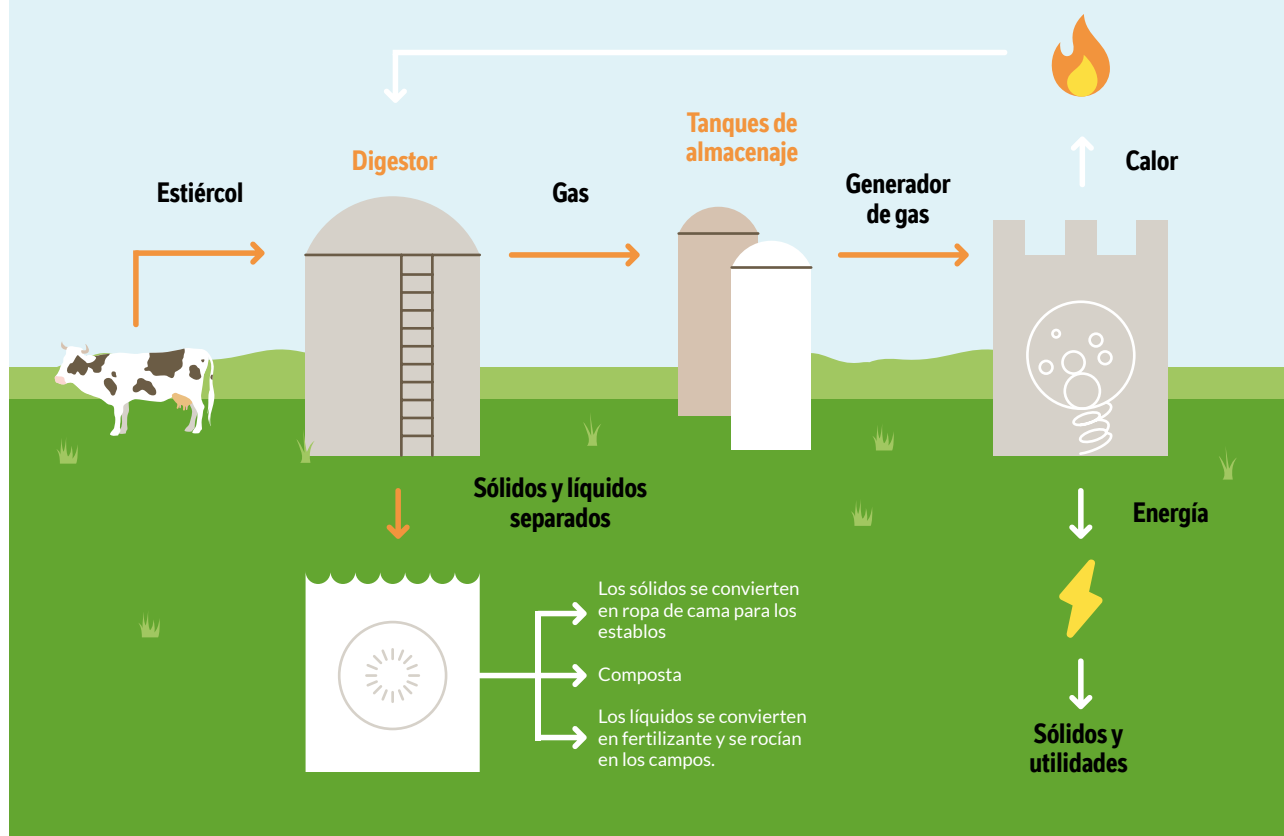


Foto Digestor de biogás en la granja

Fotos: [Biogas digester at Oregon's Lochmead Farms turns manure and methane into power - oregonlive.com](https://oregonlive.com)

Los digestores anaeróbicos están disponibles desde pequeña escala que se adapta a pequeñas granjas lecheras hasta unidades a gran escala. Estos son algunos ejemplos de los distritos de abastecimiento de leche de Nestlé que destacan la existencia y el funcionamiento de digestores anaeróbicos de pequeña a gran escala.

Tipos de digestores de biogás

1— Digestores de biogás a pequeña escala

Para las granjas que manejan bajos volúmenes de estiércol, existe la posibilidad de invertir en tipos más pequeños de digestores que pueden ser de bajo costo y fáciles de implementar. Estos digestores pueden estar hechos de pequeñas cámaras de concreto o del tipo globo flexible.



Unidad de biogás en una granja proveedora de Nestlé – Tailandia



Foto: Grifo de operación de bioenergía en una granja de un proveedor de Nestlé – Tailandia

2— Planta de Biogás de Mediana Escala



Foto Planta de biogás en granja proveedora de Nestlé – Pakistán

3— Planta de biogás a gran escala

A partir de digestores de biogás a gran escala, existe la posibilidad de convertir el biogás para alimentar la red como energía renovable y utilizarlo como combustible. Debido a su tamaño, varios agricultores, así como otras fuentes de biomasa (p. ej., desechos de alimentos de la fabricación de alimentos, aguas residuales de los municipios cercanos) abastecen una planta de biogás a gran escala.



Fotografía: Planta de biogás a gran escala

4— Lagunas Anaeróbicas

Las lagunas de estiércol descubiertas se transforman en digestores de biogás cubriéndolas. Esto se hace simplemente colocando un domo o cubierta encima de la laguna y conectándolo a una línea de gas.

Conocimiento

El proceso es similar a un biodigestor de tipo continuo. La laguna cubierta no es difícil de implementar ni costosa a diferencia del biodigestor. Es necesario implementar un diseño cuidadoso para tener una recuperación de biogás eficiente, y es probable que se requieran precauciones de seguridad y de extinción de llama.



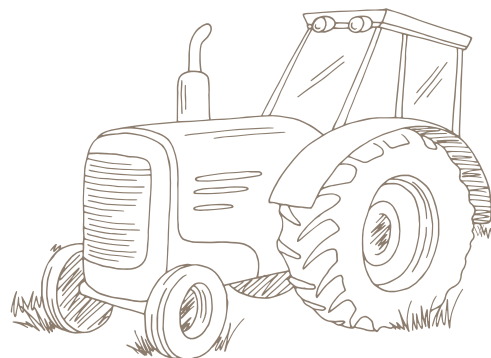
Fotografía: Producción de biogás de laguna anaeróbica

Fuentes

- Biogas from Manure (Pennsylvania State University)
- Micro-Biogas Digester (Smart Rural Areas)
- Anaerobic Digestion (Large-Scale) (Sustainable Sanitation and Water Management)

5.5

Aplicación de estiércol



Introducción

El estiércol se usa como un fertilizante natural con el fin de nutrir la biología del suelo y la salud y productividad de los cultivos que crecen en esas tierras. La aplicación de estiércol y el manejo adecuado son extremadamente importantes para los sistemas de agricultura regenerativa, ya que contienen nutrientes vitales que alimentan el suelo y pueden ayudar a mejorar la calidad de este, en adición al rendimiento de los cultivos. Sin embargo, si la aplicación no se planifica con cuidado, se pueden perder nutrientes valiosos, lo que podría generar preocupaciones ambientales y la utilización ineficiente de nutrientes conducirá a la compra de fertilizantes adicionales. Además, los gases de efecto invernadero pueden escapar a la atmósfera a través del proceso de aplicación. Al aplicar estiércol de manera sustentable, el agricultor puede reducir las pérdidas de nutrientes y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Conocimiento

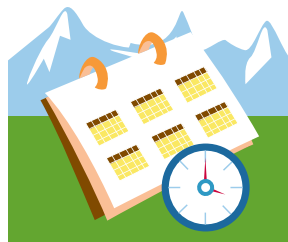
El estiércol es una buena fuente de importantes nutrientes para los cultivos, incluyendo nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). La aplicación de estiércol a los cultivos de campo para satisfacer las necesidades de N sobre aplicará P, y posiblemente K. Para aplicar la regeneración de estiércol, se debe seguir la administración de nutrientes 4R. 4R se refiere al uso de la fuente correcta de nutrientes con la frecuencia correcta y en el momento correcto en el lugar correcto. Los principios de la Administración de nutrientes 4R se desarrollaron para aplicar nutrientes para apoyar la sostenibilidad económica, social y ambiental.



La fuente correcta
Coincide con el tipo de fertilizante para las necesidades de cultivo



La frecuencia correcta
coincide con la cantidad de fertilizante que necesita el cultivo



El momento correcto
Hace que los nutrientes estén disponibles cuando los cultivos los requieran



Lugar correcto
Mantenga los nutrientes donde los cultivos puedan absorberlos

Fuente: <https://nutrientstewardship.org/4rs/>

La frecuencia de aplicación de estiércol es importante para los sistemas regenerativos. La frecuencia de aplicación debe estimarse y planificarse bien antes de una temporada de cultivo mediante la evaluación de las pruebas de suelo, los requisitos del cultivo y el análisis del estiércol.

Con una adecuada planificación del manejo de los nutrientes del estiércol, es posible maximizar la productividad de los cultivos mientras se protege la calidad del agua.

Un lugar adecuado para la aplicación del estiércol debe considerarse cuidadosamente y debe ser “uno vulnerable a los nutrientes” y cerca de regiones sensibles. Para evitar la posibilidad de cualquier contaminación causada por el esparcimiento de estiércol, se deben seguir las consideraciones ambientales para la aplicación de este en el campo, según lo especificado por la legislación local. Algunas consideraciones básicas son no esparcir estiércol a menos de 30 metros de un flujo de agua superficial/fuente de agua potable activa para evitar contaminaciones ambientales. En realidad, el “principio 4R” para la aplicación de estiércol es un desafío para los agricultores, considerando los siguientes escenarios:

- Si la composición del estiércol no se constituyó de acuerdo con una mezcla de fertilizante personalizada, la frecuencia de aplicación fácilmente puede generar un exceso, o insuficiencia de nitrógeno o fósforo.
- Cuando se imponen periodos de veda, en algunos países para evitar la lixiviación de nitratos y la contaminación del agua, la mayoría de las granjas necesitan aplicar estiércol a finales del otoño o durante la primavera para administrar el almacenamiento limitado en invierno. A veces, esto puede conducir a la fertilización excesiva de las granjas, ya que los agricultores tienen la urgencia de vaciar la laguna para garantizar la capacidad de almacenamiento de estiércol durante los siguientes 3 a 6 meses.

Proceso

MOMENTO DE APLICACIÓN

Elegir el momento adecuado de aplicación también contribuirá a reducir las pérdidas de nutrientes. El momento adecuado de aplicación variará dependiendo de la granja, ya que la decisión está influenciada por el clima, las características del suelo y la logística disponible para cada granja. Estudios han demostrado que, en climas templados, la aplicación de estiércol en la primavera causa el menor impacto ambiental.

Durante la primavera, los cultivos requieren nutrientes para comenzar a prepararse para la temporada de crecimiento. Por lo tanto, el potencial de pérdida de nutrientes se minimiza ya que los cultivos están listos para absorber los nutrientes necesarios. Se debe evitar la aplicación de estiércol en suelos húmedos ya que la maquinaria causa compactación y existe un mayor riesgo de lixiviación. Dado que los nutrientes del estiércol no pueden filtrarse en los suelos congelados y, por lo tanto, causar grandes pérdidas de nutrientes y problemas ambientales, se debe evitar la aplicación de invierno. En los casos necesarios, solo se deben aplicar pequeñas cantidades de estiércol y preferiblemente en los campos con menor pendiente.

PLAN DE FERTILIZACIÓN CON ESTIÉRCOL

Muy a menudo, el estiércol puede tener los mismos resultados fertilizantes que los fertilizantes sintéticos comerciales. Incluso hay beneficios adicionales al elegir estiércol en lugar de fertilizantes inorgánicos, como una mejor estructura del suelo, aireación y capacidad de retención de agua a través de materias orgánicas. Sin embargo, el desafío radica en proporcionar una cantidad suficiente de nutrientes sin arriesgar el crecimiento de las plantas, lo que requiere una buena planificación en torno a los requisitos de nutrientes de un cultivo. Un plan de manejo de nutrientes garantizará que se proporcione a los cultivos un aporte equilibrado de nutrientes clave (nitrógeno, fósforo, potasio). Debe abordar la absorción por cultivos/pastos y el reemplazo de nutrientes a través de la reutilización responsable del estiércol y fertilizantes suplementarios cuando sea necesario. Un plan de manejo de nutrientes indicará si los agricultores tienen exceso de estiércol, lo que dictará la necesidad de transportar el estiércol fuera de la granja. Se basará en los resultados de las pruebas de estiércol (para contenido de nutrientes), pruebas de suelo y el uso de plantas indicadoras de suelo para determinar la frecuencia de aplicación y el momento apropiados. Algunas consideraciones adicionales importantes en la planificación de la fertilización con estiércol se relacionan con las prácticas de aplicación anteriores en términos del tipo de métodos y momento adecuado de aplicación.

Fuentes

- [Manure timing \(University of Minnesota\)](#)
- [Nutrient and Fertiliser Management \(Teagasc\)](#)
- [Using manure as a fertilizer for crop production \(EPA\)](#)

5.6

Sistemas para la aplicación de estiércol

Introducción

Existen diferentes sistemas a la disposición de los agricultores para la aplicación de estiércol. Sin embargo, es importante comprender el impacto de cada método de aplicación en el medio ambiente, la ubicación y la retención de nutrientes.

Conocimiento

La aplicación de estiércol en el campo es responsable de las altas emisiones de amoníaco, con alrededor de un tercio de estas emisiones liberadas en la aplicación. Proceso: Los gases de amoníaco están directamente relacionados con los olores del estiércol que pueden causar problemas a los agricultores y a la población en general. El manejo de las emisiones de amoníaco y los olores de la aplicación de estiércol requiere que los agricultores consideren la adopción de métodos específicos de aplicación, asegurando el momento adecuado de aplicación y creando un estiércol personalizado. Plan de fertilización.

Las consideraciones principales para limitar las emisiones de amoníaco (NH₃) en la aplicación de estiércol incluyen:

- Garantizar que la aplicación se planifique lo más cerca posible de la temporada de crecimiento de las plantas.
- Evitar la aplicación en condiciones de viento, ya que esto hará que los fluidos se escapen del equipo de aplicación y liberen gases de amoníaco.

- Limitar la aplicación excesiva de fertilizantes, ya que las plantas pueden ser muy sensibles a grandes cantidades de nutrientes
 - Uso de equipo de aplicación sostenible
- Beneficios de la aplicación de estiércol sostenible:

- Mejora la eficiencia de los nutrientes utilizados en cada granja
- Reducir la pérdida de nitrógeno y las emisiones de amoníaco
- Reduce los riesgos de contaminación del agua, por ejemplo, reduce la escorrentía de fosfato
- Brinda mayor flexibilidad a los agricultores en planificar su plan de fertilización con estiércol

Hay muchos beneficios asociados con la elección del equipo adecuado para la aplicación de estiércol, tales como:

- Mayor eficiencia en la producción agrícola
- Mejora de la calidad del suelo
- Reducción de la erosión del suelo y la lixiviación de nitratos
- Mayor concentración de carbono en el suelo

Proceso

ESPARCIMIENTO CON INCORPORACIÓN

También hay algunas desventajas significativas. Desde el punto de vista nutricional, se puede perder una cantidad sustancial de nitrógeno a los pocos días de la aplicación. Esto sucede cuando el amonio (inorgánico, N disponible para las plantas) se convierte en gas amoníaco, un proceso llamado volatilización. Sin embargo, el N orgánico no se pierde y parte de este puede estar disponible más adelante en la temporada de crecimiento. Otras preocupaciones son los olores y la posibilidad de escorrentía de nutrientes o patógenos en caso de fuertes lluvias o deshielo. Esparcir estiércol sobre las superficies del campo es la técnica principal utilizada para aplicar estiércol sólido. Esta técnica también se puede utilizar para la aplicación de purines o estiércol líquido. Para la esparsión de estiércol líquido, los agricultores pueden utilizar varias técnicas, como sistemas de riego y difusión de superficie líquida con o sin incorporación. Sin embargo, la esparsión puede provocar la **acumulación de fósforo** en los suelos superficiales, lo que exacerba los riesgos de contaminación del agua. Para evitar grandes pérdidas de nutrientes, los agricultores deben incorporar el estiércol al suelo después de la aplicación o reducir la superficie expuesta al aire antes de esparcir el estiércol.



Foto Estiércol líquido al voleo

ZAPATA TRASERA / APLICADOR EN BANDAS

Esta técnica implica la separación de cultivos con sistemas mecánicos avanzados para permitir que el estiércol se deposite directamente sobre la superficie del suelo y debajo del dosel del cultivo para una aplicación eficiente. Reduce las pérdidas y el olor de amoníaco.



Foto Zapata trasera para la esparsión de purín licuado

INYECCIÓN DIRECTA

Estudios han demostrado que la aplicación de estiércol líquido mediante inyección puede reducir las emisiones de amoníaco hasta en un 90% en comparación con la esparsión. Esto se debe a que el estiércol líquido se coloca debajo de la superficie del suelo, lo que ayuda a reducir la escorrentía del estiércol a los suelos inclinados y limita los efectos de la volatilización del amoníaco y el olor. Este método se basa en el uso de equipos mecánicos como camiones cisterna conectados a barras de herramientas de inyección o sistemas de dragas que reducen la compactación del suelo. Con la inyección de estiércol, los nutrientes pueden permanecer en el suelo por más tiempo y hay más plantas disponibles. La frecuencia y el momento de aplicación del purín deben hacerse en función del tipo de suelo y los requisitos de las plantas para evitar la pérdida de nutrientes.



Foto Inyección de estiércol líquido

FERTIRRIGACION

La fertirrigación integra la aplicación de fertilizantes con el riego. Se enfoca en las deficiencias de nutrientes de los cultivos y permite que se entreguen concentraciones equilibradas de nutrientes a los cultivos. Un método de fertirrigación adecuado para pastizales y cultivos es la fertirrigación con dragalinas. Debido a sus características facilitan una aplicación eficiente y precisa, este método proporciona algunas ventajas significativas sobre otros métodos de aplicación. Con la fertirrigación, los nutrientes solo se aplican a la superficie húmeda donde los cultivos estarán más activos y donde las hojas de las plantas permanecen secas, lo que reduce los riesgos de plagas y enfermedades. Además, los olores se minimizan y las condiciones de viento no tienen ningún efecto sobre el escape de nutrientes. La fertilización de precisión es una característica adicional, ya que los cultivos no siempre requieren una frecuencia y un momento de fertilización uniformes debido, por ejemplo, a las propiedades del suelo, la ubicación física y la exposición al sol. Los esparcidores de fertilizante de tasa variable utilizan un sistema GPS para aplicar fertilizante de acuerdo con las necesidades de una posición.



Foto: Riego y fertilización, fertirrigación. Fotos tomadas del distrito lechero de Nestlé en México.

Información técnica/Visualización

Resumen del proceso para la aplicación de estiércol



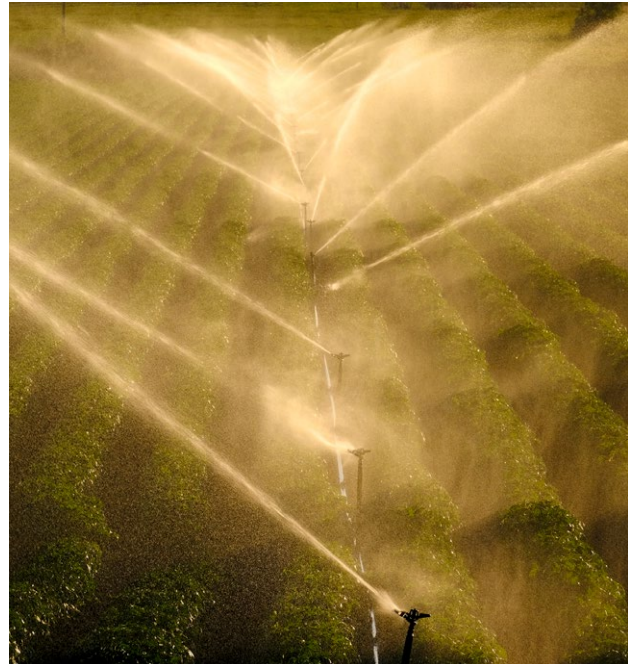
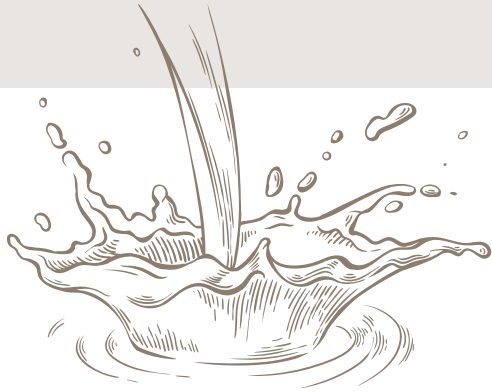
Fuentes

- [Manure application methods and nitrogen losses | UMN Extension](#)
- [Manure injection can make a big improvement \(Farm and Dairy\)](#)
- [Trailing shoes can reduce chemical fertiliser use and smell \(nidirect- GOV.UK\)](#)
- [Fertigation \(Science Direct\)](#)
- [Events - Kleinman - 2003 - Journal of Environmental Quality - Wiley Online Library](#)
- [Application methods during field application of manure to reduce odors and emissions \(Iowa State University\)](#)

6

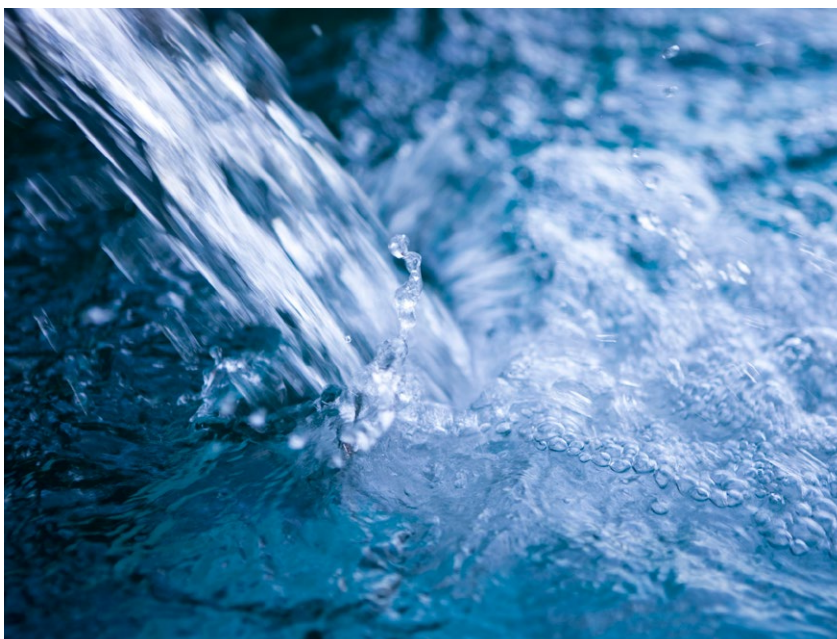
GESTIÓN DEL AGUA





Introducción

El agua es el nutriente más importante y clave para la operación de la granja lechera con volúmenes significativos utilizados diariamente. La falta o el exceso de agua puede generar problemas operativos, económicos o ambientales. Por esta razón, una planificación adecuada de los recursos hídricos y una evaluación de los riesgos asociados a ellos pueden ayudar al agricultor a tener éxito económico sin dañar el medio ambiente. Esta sección guía a los agricultores a poder administrar eficientemente el agua en su granja lechera y su sistema agrícola. En particular, se tratan las prácticas sostenibles para el uso del agua en la explotación (riego inteligente, reducción del calor) y la reutilización del agua (reciclado de aguas residuales). Una vaca lechera en ordeño requiere entre 110 y 160 litros de agua por día, según la dieta y el sistema de cría y esto puede duplicarse durante los períodos de estrés por calor. Además del consumo animal, el agua se utiliza en las granjas lecheras para limpiar los equipos de enfriamiento, la sala de ordeño, para enfriar las vacas, regar los cultivos, mover el estiércol y la limpieza de graneros.



Conservación del agua a través de:

- Minimizar el uso y las pérdidas de agua
- Mejorar la eficiencia en el uso de agua
- Reciclaje de aguas residuales
- Sistema de riego inteligente

Mejora de la salud, el bienestar y la productividad de los animales mediante la reducción del calor

Prevención de la contaminación minimizando los lixiviados de ensilado

Fuentes

- [Water use on dairy farms \(Michigan State University-MSU\)](#)
- [Water Conservation and Use on Dairy and Livestock Farms \(University of New Hampshire Cooperative Extension\)](#)
- [Drinking water for dairy cattle \(Michigan State University-MSU\)](#)

6.1

Agua y suelo

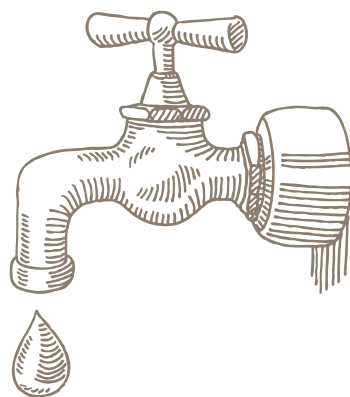
Introducción

El suelo en la superficie de la Tierra almacena dos tercios de toda el agua dulce y es el mayor reservorio de agua terrestre. En un sistema agrícola es fundamental mantener el equilibrio adecuado entre el agua y aire que se encuentra en el suelo, es decir, su grado de porosidad, para asegurarse de que los cultivos crezcan fuertes y sanos. Por un lado, una mala estructura del suelo puede dar lugar a una difícil infiltración del agua, y esto podría causar erosión y escorrentía de nutrientes, como el fósforo. En consecuencia, esto provoca la contaminación de los cursos de agua con efectos devastadores en el ecosistema y el medio ambiente. Por otro lado, cuando el suelo está saturado de agua, el riesgo de lixiviación de nutrientes solubles, como el nitrógeno, aumenta exponencialmente; además, los microorganismos anaeróbicos toman el control, lo que lleva a mayores emisiones de N_2O , un GEI muy poderoso. En cambio, cuando hay escasez de agua, los cultivos tienen **menor capacidad para absorber los nutrientes**, ya que el agua es el medio principal

para transportar los nutrientes a las plantas. Un aumento en la temperatura del suelo y el secado de este probablemente afectarían la tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo y aumentarían la **liberación de dióxido de carbono**. Se liberan nitratos adicionales en el sistema del suelo, que las plantas no puede utilizar ya que el agua es el principal conducto a la planta. Esto tiene un **impacto directo en el rendimiento** de los cultivos. Para evitar suelos secos y bajos rendimientos, el riego puede ser necesario en algunas regiones. Para asegurarse de que siempre haya el equilibrio correcto de agua en el suelo, es necesario que este tenga una buena estructura, la que se puede lograr cuando la capa superior del suelo alcanza un carbono orgánico del suelo con una proporción de arcilla igual a 1:8, la cual se genera mediante la aplicación de estiércol, composta, cultivos de cobertura y reducción de la labranza. Esto mejora la infiltración de agua en el suelo, reduce la escorrentía de agua, la erosión del suelo y ayuda a recargar el acuífero.

6.2

Sistema de riego inteligente



A raíz del cambio climático, esperamos condiciones climáticas más erráticas y con un mayor riesgo de clima cálido, sequía e inundaciones repentinas. La frecuencia y la gravedad de las sequías aumentan en la mayor parte del mundo y ejercen más presión sobre las fuentes de agua dulce, por lo que es imperativo que los agricultores utilicen adecuadamente sus recursos, en particular el agua de riego, para reducir las potenciales pérdidas de agua al cultivar alimentos para las vacas lecheras. El uso de sistemas de riego inteligentes, basados en controladores que monitorean el clima, las condiciones del suelo, la evaporación y el uso del agua de las plantas para ajustar automáticamente el programa de riego a las condiciones reales del sitio, puede maximizar la eficiencia en el uso del agua y proporcionar a los cultivos la humedad del suelo más idónea. En la agricultura, existen diferentes sistemas de riego según el contexto local y la disponibilidad de agua. Suelen clasificarse en función de cómo se distribuye el agua por todo el campo. Algunos de los sistemas de riego más comunes son:



RIEGO POR INUNDACIÓN

Es uno de los métodos más antiguos de riego donde el agua se distribuye sobre la superficie del suelo por gravedad. Este sistema requiere mucha agua y casi la mitad se puede perder por lixiviación y escorrentía, lo que aumenta el riesgo de pérdida de nutrientes. Es muy ineficiente y por esta razón no se recomienda, pero no requiere inversiones particulares.

RIEGO CON ASPERSORES

El agua se distribuye mediante rociadores aéreos de alta o baja presión desde una ubicación central en el campo o con aspersores en plataformas móviles. Cuando este se mueve en un patrón circular, esto se llama riego de pivote central. Generalmente, los aspersores de baja presión son más eficientes energéticamente que los de alta presión. El riego por aspersión requiere una inversión inicial sustancial, pero reduce la carga de trabajo del agricultor durante la estación seca. La eficiencia en el uso del agua con este sistema es mejor que el riego por inundación, sin embargo, hay una pérdida de agua del 25%, principalmente debido a la evaporación.



Fotografía Riego por pivote en una granja de un proveedor de Nestlé ubicado en México

RIEGO POR GOTEO

Sistema de rociadores aéreos que tiene líneas o mangueras de goteo en lugar de cabezales con aspersores. Las tuberías de riego se colocan en el suelo y las gotas de agua se depositan en o cerca de la raíz de las plantas. Con este sistema de riego, la evaporación y la escorrentía se minimizan, lo que resulta en menos de un 10% en pérdida de agua. La inversión inicial suele ser menor que el riego por aspersión, pero requiere costos operativos más altos debido al reemplazo de las líneas de goteo que normalmente se llevan a cabo cada año.



Foto Riego por goteo en una granja de un proveedor de Nestlé ubicado en México

RIEGO SUBTERRÁNEO

Las líneas de goteo se colocan en el suelo a diferentes profundidades según el tipo de suelo y los cultivos. Es el sistema más eficiente donde las pérdidas de agua son inferiores al 5%. Sin embargo, este sistema requiere una inversión inicial sustancial y solo permite una labranza mínima. Además, el mantenimiento de las líneas de goteo puede ser problemático ya que se encuentran bajo tierra y deben reemplazarse después de algunas décadas.



Los sistemas de riego inteligentes dependen en gran medida de los sensores de humedad del suelo. Estos pueden ayudar a los agricultores a maximizar la eficiencia en el uso del agua y aumentar la productividad a través de una programación de riego adecuada. Según una encuesta del Departamento de Agricultura de los EE. UU., solo el 12% de las granjas en los Estados Unidos han adoptado esta tecnología. Los sensores están enterrados en el suelo y, al detectar la humedad adecuada del suelo, pueden pasar por alto los programas de riego, evitando así el riego insuficiente o excesivo, reduciendo el desperdicio de agua y evitando la pérdida de nutrientes. Si se usa correctamente, se puede lograr una reducción significativa en el uso de agua en todos los sistemas de riego.



Fotografía Sensor de humedad del suelo aplicado en maíz y alfalfa – Pakistán

Conocimiento

LOS BENEFICIOS DE AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL RIEGO



El uso de sistemas de riego inteligentes y sensores de humedad del suelo tiene beneficios tanto económicos como ambientales: ahorran costos para los agricultores, mejoran la eficiencia del uso del agua de riego al ahorrar miles de litros cada año y garantizan la disponibilidad de agua para las comunidades locales.

Estos beneficios incluyen:

- Optimización de los rendimientos al maximizar la eficiencia del uso del agua y minimizar los costos de energía y mano de obra
- Conservación del agua y reducción en la lixiviación de nutrientes del suelo
- Prevención del exceso de riego, la pérdida de nutrientes y la consiguiente mejora del rendimiento y calidad de los cultivos
- Reducción de las emisiones de GEI y mayor aislamiento de carbono orgánico del suelo con efectos positivos directos sobre la estructura y la salud del suelo
- Reducción del riesgo de salinización (en las regiones donde el agua de riego es rica en sal, existe el riesgo de acumulación de sal en el suelo, lo que lleva a la fertilidad del suelo y al agotamiento de la estructura)

Proceso

CÓMO FUNCIONAN LOS SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO

Los sensores de humedad del suelo miden el contenido de agua en el suelo y recopilan datos que ayudan a los agricultores a tomar las mejores decisiones de riego, o se comunican directamente con el sistema inteligente que ajusta el plan de riego de acuerdo al grado de humedad del suelo.

Hay diferentes tipos de sensores de humedad del suelo y los agricultores pueden elegir el que mejor se adapte a su granja, sistema de riego, tipo de suelo, tipo y necesidades de su cultivo.

Los más comunes son:

Sensores de tensión de agua en el suelo (e. g. tensiómetros)

Estos son mejores para suelos que tienen una humedad moderada. Los tensiómetros miden la tensión entre las partículas del suelo y las moléculas de agua y deben insertarse en el suelo a la profundidad recomendada. Por lo general, son económicos y fáciles de operar; sin embargo, generalmente requieren un mantenimiento frecuente y es posible que no puedan soportar las bajas temperaturas. (enlace a acres de nieve)

Sensores volumétricos de contenido de agua (p. ej., sensores TDR)

Estos miden la cantidad de agua en el suelo y las lecturas son más o menos precisas según el tipo de sensor. Los sensores de reflectometría en el dominio del tiempo (TDR) son muy precisos, pero también costosos. Los sensores TDR también son bastante complicados de instalar, ya que estos deben ser calibrados para el tipo de suelo en el que van a operar.

Fuentes

- [How Drought Affects Soil Health \(Iowa State University\)](#)
- [Soil Moisture-Sensing Systems for Improving Irrigation Scheduling \(Oklahoma State University\)](#)
- [Guide to soil moisture sensors: Why use them and the options \(My Farmers Weekly\)](#)
- [3 Types of Soil Moisture Sensors - Which is Best For You? \(Trellis\)](#)

Caso de estudio



Inmersión regional
Paquistán



Nestlé ha desarrollado sensores de humedad de suelo accesibles que están siendo distribuidos en los mercados alrededor del mundo. Estos sensores demostraron ser extremadamente efectivos durante las pruebas en campo, con ahorros de agua de riego del 12 al 17% y en algunos casos hasta del 40%. Esto ayuda a ahorrar dinero en la granja, al tiempo que previene que el agua sea desperdiciada, que es especialmente importante en lugares donde la escasez de agua es un problema cada vez mayor. La retención de la humedad de agua en el suelo también coadyuva en el secuestro y almacenamiento de carbono en el suelo. Descubre más de esta tecnología [aquí](#).



Foto: Sensor de humedad del suelo en un campo de Nestlé en Pakistán

6.3

Eficiencia en el uso del agua

Introducción



Como ya se mencionó en este capítulo, el agua es un recurso extremadamente valioso, especialmente en la producción lechera, y su uso debe planificarse y monitorearse para minimizar las pérdidas y el desperdicio. Estudios globales estima que 1.020 litros (600-1.500 litros) de agua se requieren para producir un kilogramo de leche. Gran parte de esta agua se destina a la producción de alimentos para las vacas lecheras. Reducir el uso de agua, especialmente para la producción de cultivos forrajeros, ayuda a los agricultores a ahorrar en costos operativos y producir la misma cantidad de leche con menos insumos.

Conocimiento

LOS IMPACTOS DE LA PÉRDIDA DE AGUA



Los estudios en el Reino Unido mostraron que, para una granja lechera promedio, el costo del suministro de agua representa un estimado de \$38/vaca al año (en algunas granjas hasta \$120/vaca al año), mientras que la eliminación de aguas residuales cuesta un promedio de \$1,23/m³. Minimizar la pérdida de agua puede presentar oportunidades para ahorros de costos significativos para los agricultores.

Dado que el cambio climático representa una amenaza para los recursos hídricos, reducir el uso del agua y minimizar las pérdidas puede ayudar a reducir la presión sobre las fuentes de agua y aumentar la resiliencia de los agricultores.

Proceso

MÉTODOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA



Existen varias estrategias de conservación de agua que se pueden adoptar para minimizar las pérdidas de agua en una granja lechera. El primer paso es instalar un medidor de flujo para medir la cantidad de agua que usa la granja. Esto tiene muchos beneficios, crea conciencia de uso, puede indicar si hay una fuga o una bomba rota, ayuda a reducir el uso de agua e indica si hay problemas con la salud del rebaño cuando hay falta de consumo de agua. Otras medidas para mejorar la eficiencia en el uso del agua incluyen:

1—Reparación y reducción de fugas en tuberías, depósitos y sistemas dispensadores

Se estima que se pierden diariamente 38 litros de agua por grifos y tuberías que gotean en las granjas de los Estados Unidos. Identificarlos y solucionarlos ahorrará a las granjas lecheras miles de litros de agua al año, además de los ahorros en costos de eliminación de agua si el agua filtrada termina en el sistema de purines o aguas residuales.

2—Almacenamiento de agua

Los abrevaderos y tanques de agua pueden llenarse en exceso accidentalmente, lo que provoca un desbordamiento de agua. La pérdida de agua por tanques sobrelLENADOS en una granja lechera promedio puede alcanzar hasta 19 litros por minuto si se llena con una manguera. Monitorear cuidadosamente esta actividad o instalar válvulas flotantes con un cierre para eliminar el sobrelLENADO logrará ahorros significativos de agua. Además, el agua de lluvia puede almacenarse y usarse para lavar las instalaciones o tratarse y usarse como agua potable para las vacas en regiones con mucha lluvia. La construcción de instalaciones de almacenamiento para la recolección de agua representará el costo más alto, pero en general, se ha confirmado que la recolección eficiente de agua de lluvia ahorra a las granjas lecheras promedio en el Reino Unido más de 4300 m³ de agua, lo que representa un ahorro de costos de hasta \$12 300 al año.

3—Limpieza

La limpieza manual de los pisos de la sala de ordeño antes del lavado contribuye a la reducción del uso de agua. Limpiar con manguera los pisos de la sala y el patio de recolección requiere un promedio de 5 a 50 litros de agua/vaca/día y limpiar los pisos con una escobilla de goma antes del lavado puede reducir significativamente la cantidad total de agua utilizada y conducir a un uso más eficiente del agua. También es importante utilizar una boquilla de manguera ahorradora de agua. La instalación de una boquilla de gatillo en la manguera ayudará a ahorrar agua. Las mangueras de volumen generalmente tienen una tasa de flujo más alta y consumirán 10 veces más agua que una manguera de presión, lo que genera mayores costos de agua para el agricultor. Las mangueras de presión también pueden ser más efectivas en la limpieza, especialmente para pisos cubiertos con lodo seco.

Fuentes

- [Water for Dairy Production \(University of Nebraska-Lincoln\)](#)
- [The hidden water resource use behind meat and dairy \(Twente Water Centre, University of Twente\)](#)
- [Effective Use Of Water On Dairy Farms \(Milk Development Council\)](#)
- [Water Conservation and Use on Dairy and Livestock Farms \(University of New Hampshire Cooperative Extension\)](#)

Estudio de caso

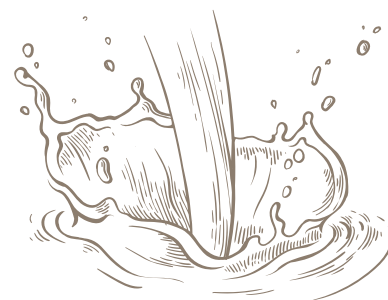


Análisis detallado regional en Brasil

El Programa de Buenas Prácticas de Agua, desarrollado por Nestlé en colaboración con Embrapa, generó ahorros de 56.841 millones de litros de agua en la producción de leche. Este fue el volumen que más de 1.400 granjas lecheras participantes (frente a las 20 granjas en 2016) dejaron de consumir en 2021, en comparación con 2020. Se redujo en un 18% la cantidad de agua utilizada en la producción por litro de leche. Las cifras se calcularon utilizando medidores de agua instalados en estas granjas. En una propiedad, en Silvânia (GO), entre 2020 y 2021, hubo una reducción del 10% en el consumo de agua, incluso con un aumento significativo en la producción de leche (19% de crecimiento) y en el promedio diario de vacas lactantes (aumento de 15%). El resultado de la evaluación del programa mostró que solo monitorear el consumo fue suficiente para proporcionar ganancias en la eficiencia del agua en estas propiedades. Sin embargo, el objetivo del programa es ir más allá y lograr que los productores implementen las buenas prácticas hídricas en el día a día. Por eso, en 2022, fueron seleccionadas veinte granjas para las cuales Embrapa desarrolló un plan de gestión ambiental – acciones para reducir el consumo de agua y gestión de residuos – adaptado de acuerdo a la realidad de cada granja. Incluso la alimentación de los animales influye en el consumo de agua. Así, el plan prevé que el agricultor ajuste la dietas según las características productivas de las vacas. Las dietas mal formuladas, por ejemplo, con exceso de proteínas o minerales, pueden suponer un mayor consumo de agua. Los bebederos también deben revisarse siempre para identificar y corregir fugas como las causadas por la rotura de boyas. Al limpiar, si es posible, reutilice el agua para otros usos, como lavar pisos.

6.4

Reciclaje de aguas residuales: Salas de ordeño.



Introducción

En las últimas décadas, los estándares de limpieza, higiene y seguridad alimentaria han mejorado significativamente en la industria láctea mundial. Esto es de vital importancia para la salud de los consumidores. Sin embargo, también ha contribuido a un mayor uso de energía y agua dentro de las salas de ordeño. El uso promedio de agua en las salas de ordeño varía en todo el mundo (55 L día/vaca en Irlanda y 58 L día/vaca en Nueva Zelanda) e incluso el tipo de sala juega un papel en la frecuencia del uso de agua, ya que las salas rotativas generalmente exigen un mayor uso de agua que las de espiga. Cada litro de agua utilizado en la sala para limpieza o enfriamiento es un costo operativo para el productor lechero, por esto existe la necesidad de minimizar el uso de agua en la sala y maximizar el reciclaje del agua.

Conocimiento

LA IMPORTANCIA DEL RECICLAJE DE LAS AGUAS RESIDUALES

- El uso del agua en las salas de ordeño puede representar un costo significativo para los productores lecheros, por lo que maximizar la eficiencia del agua puede tener un impacto directo en los beneficios y la rentabilidad económica.
- Las aguas residuales de las salas de ordeño suelen contener una amplia gama de contaminantes, como orina y estiércol, así como detergentes, leche derramada y mucosidad. Cuando no se gestionan adecuadamente, estas aguas residuales pueden causar eutrofización y contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. En cambio, si las aguas residuales se reciclan adecuadamente, los contaminantes pueden considerarse nutrientes que pueden devolverse al campo.
- El agua es un recurso escaso con altos costos en muchos países y regiones del mundo, lo que resulta en escasez para algunos agricultores. La implementación del reciclaje de agua en las operaciones puede ayudar a minimizar los efectos de la escasez de agua tanto como sea posible.

Proceso

Reutilizar y reciclar el agua supone un gran ahorro económico. En los EE. UU., las prácticas para administrar el uso del agua permiten a los productores lecheros utilizar un 65 % menos de agua de la que necesitaban hace 60 años para producir la misma cantidad de leche. En la producción de lácteos, el agua se puede utilizar varias veces en los siguientes procesos:

- 1 Refrigeración de la leche mediante el uso de un sistema de reciclaje de agua con placa de refrigeración.
.....
- 2 El agua reciclada usada en la refrigeración de la leche se utiliza como agua potable para las vacas y, si es necesario, para enfriar a estas.
.....
- 3 El agua se captura, almacena y usa varias veces para limpiar los pisos del establo.
.....
- 4 El agua rica en nutrientes se usa luego para regar pastos y cultivos.
.....

Puede encontrar más información aquí.

Técnicas de reciclaje de aguas residuales

Hay varias opciones cuando se trata de reducir el uso de agua mediante el reciclaje y la reutilización del agua utilizada en los sistemas de ordeño.



Foto de un proveedor de Nestlé

1—Reciclado del agua de la placa de enfriamiento

Esta es la forma más sencilla de reciclar el agua en las operaciones de la sala de ordeño, ya que el agua no requiere tratamiento y puede usarse para que beban las vacas, con ventajas particulares en climas fríos. El agua puede drenarse de las placas de enfriamiento y canalizarse directamente al tanque de almacenamiento de agua limpia.

2—Limpieza de equipos Reciclaje de agua

Las aguas residuales de la limpieza de equipos pueden desviarse y almacenarse en un tanque secundario para el posterior lavado de los pisos de la sala de ordeño y el patio de recolección.

3—Tratamiento y reciclaje de agua para usada para limpieza

En granjas de mayor tamaño, se puede instalar una mini planta de reciclaje de aguas residuales. Esto requiere una inversión inicial, pero tiene beneficios a largo plazo. La planta de reciclaje filtra y trata las aguas residuales de operaciones como la sala de ordeño y algunas tecnologías incluso afirman devolver grandes porcentajes de aguas residuales a los estándares de agua potable. Existen varios operadores en el mercado especializados en estas tecnologías.

4—Reciclado de nutrientes

Capturar y reciclar las aguas residuales de las salas evita la pérdida de nutrientes. Hay una amplia variedad de métodos para lograr esto, tales como sistemas sépticos, lechos de corteza o filtración de astillas de madera, humedales construidos y tanques de sedimentación. El agua tratada se puede utilizar para regar y fertilizar la tierra. Se puede encontrar más información aquí y aquí.

Información técnica/Visualización

	Irlanda	Nueva Zelanda
Uso diario	55L	58L
Tamaño promedio del rebaño de vacas	90	435
Uso total diario promedio de agua en sala de ordeño	4,950L	25,230L

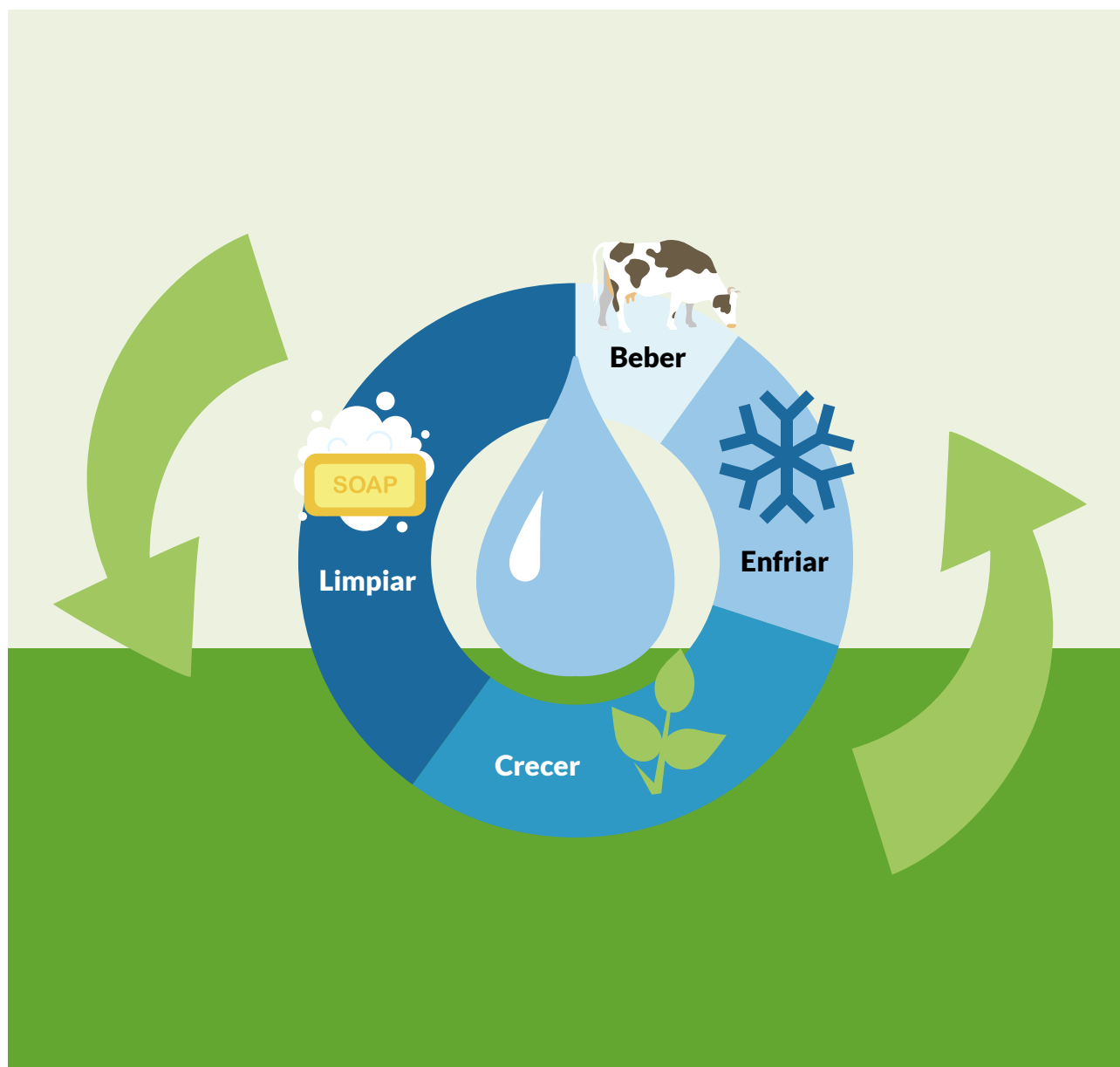


Foto Pregúntele a un productor lechero ¿Cómo reutilizan el agua los agricultores?

Fuente: [Ask a Dairy Farmer: How Do Farmers Reuse Water | U.S. Dairy \(usdairy.com\)](#)

Fuentes

- [Treatment of dairy wastewater \(Science Direct\)](#)
- [Milkhouse Wastewater Management \(University of Massachusetts\)](#)
- [Daily and seasonal trends of electricity and water use on pasture-based automatic milking dairy farms \(Journal of Dairy Science\)](#)
- [Milk house wastewater \(University of Minnesota\)](#)

6.5

Uso del agua para la reducción del calor

Introducción

Las vacas se estresan por el calor cuando generan (al digerir el alimento y producir leche) y absorben más calor de lo que pueden regular a través de la respiración.

El ganado estresado por el calor consumirá menos alimento, lo que provocará problemas de salud, reducción de la reproducción y capacidad de producción de leche, lo que causa pérdidas económicas significativas a los ganaderos.

Conocimiento

El estrés por calor y su manejo son factores importantes en cualquier granja lechera y se vuelve aún más importante con temperaturas más cálidas debido al cambio climático global. El agua y el viento son claves para la reducción del calor.

El índice de Temperatura-Humedad (THI), un valor único que representa los efectos combinados de la temperatura y la humedad en el aire asociados con el nivel de estrés térmico puede usarse para evaluar el estrés por calor del ganado. Los expertos han encontrado que el estrés por calor en el ganado generalmente se establece en THI en el cual la reducción del calor puntual se vuelve imperativa. El THI es más efectivo para medir el estrés por calor que la temperatura estándar porque tiene en cuenta los impactos de la temperatura ambiental y la humedad relativa en el ganado para evaluar el riesgo de estrés por calor.

Esta es una fórmula simple para calcular el índice de temperatura y humedad, donde T es la temperatura ambiente en grados centígrados, y HR es la humedad relativa expresada como una proporción (es decir, 75% se ingresa como 0.75).

LOS IMPACTOS DEL ESTRÉS DE CALOR

A nivel mundial, para fines de este siglo, los productores de ganado pueden enfrentar pérdidas financieras de entre \$ 15 y \$ 40 mil millones anuales debido al aumento del estrés por calor en los animales.

Estudios han estimado pérdidas anuales de \$ 897 millones solo para la industria láctea de EE. UU., incluso cuando se utilizaron los actuales sistemas de reducción de calor económicamente óptimos. Sin los sistemas de reducción de calor, la pérdida anual total sería de \$1500 millones. Es probable que los agricultores de las regiones tropicales, incluidas gran parte de América del Sur, Asia y África, sufran mucho más que los productores de las zonas templadas más prósperas del mundo.

$$THI = 0.8 * T + RH * (T - 14.4) + 46.4$$

Proceso - Métodos para reducir el estrés por calor:

1—Acceso al agua potable

El estrés por calor en las vacas conduce a un aumento de la frecuencia de respiración y micción, lo que aumenta sus necesidades de agua potable. Es importante ubicar suficientes bebederos cerca de los corrales donde sea fácilmente accesible para las vacas, e idealmente en áreas sombreadas.

2—Diseño de granero

Es importante diseñar las instalaciones de manera que las condiciones ambientales sean óptimas para el ganado lechero en todas las estaciones, asegurando que la temperatura, la humedad y la ventilación puedan controlarse en los meses con riesgo de estrés por calor.

3—Sistema de ventilación natural

El diseño del establo debe permitir el intercambio de aire natural y reducir los costos de energía para la ventilación. La ventilación natural también se puede tener en cuenta en el diseño del establo al ubicar los establos en áreas donde el viento no se ve obstaculizado para promover el intercambio de aire.

4—Sistema de ventilación del túnel

Este sistema utiliza ventiladores para llevar aire exterior al establo. Estos ventiladores están situados en un extremo. Una vez en el establo, el flujo de aire pasa por el carril de alimentación. Agregar celdas de enfriamiento puede reducir la temperatura, pero requiere energía, lo que aumenta los costos.

5—Sistema de ventilación cruzada

El sistema de ventilación cruzada sigue un enfoque similar al de la ventilación de túnel, pero en lugar de que el flujo de aire vaya a lo largo del carril de alimentación, el flujo de aire va vertical a este. Por lo tanto, los graneros se pueden construir más anchos y el aire se puede distribuir a una distancia más larga. Se ha demostrado que los anemómetros son efectivos para medir la velocidad del aire alrededor del ganado para determinar la efectividad de las ubicaciones y el funcionamiento de los ventiladores de enfriamiento dentro de los establos.

6—Refrigeración por agua

Aspersores

El agua se puede utilizar para enfriar las vacas a través de sistemas de aspersores que rocían agua directamente sobre las vacas para reducir la temperatura corporal mediante evaporación. Los aspersores se encienden de manera intermitente y, por lo general, tienen un caudal de alrededor de 1,3 litros por minuto para reducir el uso de agua. Se debe monitorear la frecuencia de los aspersores para controlar la humedad dentro del establo y garantizar que los animales se mantengan lo más frescos posible. Estos sistemas se pueden hacer más efectivos combinándolos con ventiladores. Los aspersores se pueden usar en una variedad de climas, pero como no aumentan la humedad relativa, funcionan particularmente bien en áreas con mucha humedad, por ejemplo, Brasil.

Nebulización

La nebulización inyecta el aire con gotas de agua muy finas que bajan la temperatura ambiental. Como esta estrategia aumenta la humedad relativa, se recomienda en climas secos con baja humedad.

7—Tiempo de alimentación

Dado que las vacas estresadas por el calor suelen consumir menos alimento, es importante alimentarlas durante los períodos más frescos del día.

8—Árboles con sombra

Los árboles dan sombra a las vacas, especialmente en los sistemas basados en potreros. Es importante que el ganado tenga acceso a la sombra mientras pasta, especialmente en aquellas regiones donde el estrés por calor es común (p. ej., el sur de Europa). Los árboles que dan sombra permiten que las vacas se refugien durante las horas más calurosas del día, lo que reducirá su temperatura corporal y la frecuencia de su respiración. Finalmente, la integración de árboles en los potreros aumenta la biodiversidad, mejora el aislamiento de carbono y la salud del suelo.

Estudio de caso



Análisis detallado regional en Sudamérica

Las condiciones de calor extremo que son comunes en Brasil provocan estrés por calor, lo que a su vez conduce a una reducción de la producción de leche. La comodidad térmica de los animales es importante para el funcionamiento eficiente de la granja y garantizar el bienestar de los animales. La producción de leche puede ser tan baja como < 10 litros/día frente a 35 litros/día debido a las diferencias de temperatura. Para enfriar a los animales, un número cada vez mayor de granjas en Argentina ahora utilizan sistemas de refrigeración por agua. Dan 3-4 duchas diarias antes del ordeño para mantener la temperatura corporal de las vacas.

Información técnica/Visualización

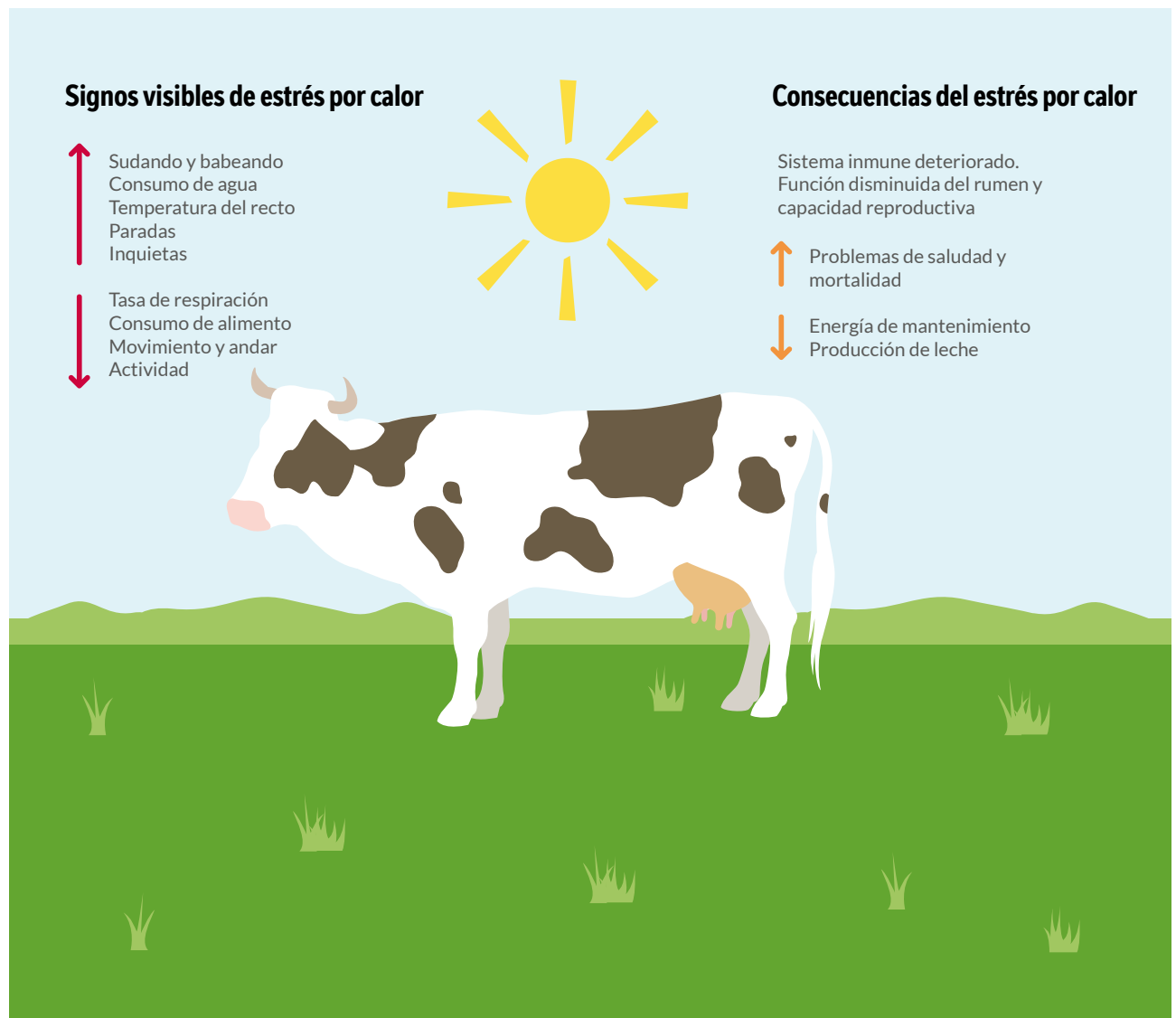


Foto Signos visibles y consecuencias del estrés por calor

Fuente: CIR782/AE022: Methods to Relieve Heat Stress for Florida Dairies (ufl.edu)

Temperatura		Humedad relativa %																		
F	C	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100			
77	25.0	No Stress					72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	Leve Estrés	
78	25.6	No Stress					72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	77		
79	26.1	No Stress					72	76	73	74	74	75	76	76	77	77	78	78		79
80	26.7	72	72	73	76	74	74	75	76	76	77	78	78	79	79	80	80			
81	27.2	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	80	80	81	Severo Estrés		
82	27.8	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82			
83	28.3	73	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82	83			
84	28.9	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	83	83	84			
85	29.4	74	75	75	76	77	78	79	79	80	81	81	82	83	84	84	85			
86	30.0	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86			
87	30.6	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	86	85	85	86	97			
88	31.1	75	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86	87	88			
89	31.7	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	89			
90	32.2	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90			
91	32.8	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90	91	Estrés muy severo		
92	33.3	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90	91	92			
93	33.9	79	80	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	83			
94	34.4	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	82	93	94			
95	35.0	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95			
96	35.6	80	81	82	83	86	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96			
97	36.1	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95	96	97			
98	36.7	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97	98			
99	37.2	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	96	97	98	99			
100	37.8	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97	98	99	100			
101	38.3	83	86	86	87	88	89	90	92	93	96	95	96	97	99	100	101	Ganado muerto		
102	38.9	86	85	86	87	89	90	91	92	96	95	96	97	96	99	101	102			
103	39.4	86	86	87	88	89	91	92	94	95	96	97	98	100	101	102	103			
104	40.0	85	86	88	88	90	91	93	94	95	96	97	99	100	101	103	104			
105	40.6	86	87	88	89	91	92	93	96	96	97	98	99	100	101	104	105			
106	41.1	86	88	89	90	91	93	94	95	97	98	99	101	102	103	105	106			
107	41.7	87	88	89	91	92	94	95	96	98	99	01	102	103	105	106	107			
108	42.2	87	89	90	92	93	94	96	97	98	100	101	102	104	105	106	108			
109	42.8	88	89	91	92	94	95	96	98	99	01	102	103	105	106	107	109			
110	43.3	88	90	91	92	94	96	97	98	100	101	102	104	105	106	108	110			
111	43.9	89	91	93	94	95	96	98	99	101	102	103	105	106	107	109	111			

Impacto de la temperatura ambiental y la humedad relativa en el ganado.

Fuentes

- [THI-Temperature Humidity Index & Cows \(Kestrel Meters\)](#)
- [Projected heat stress challenges and abatement opportunities for U.S. milk production \(PLOS\)](#)
- [Heat Stress in Dairy Cows \(partners-in-reproduction.com\)](#)
- [Heat Stress Abatement in Dairy Facilities \(University of Wisconsin\)](#)

6.6

Lixiviado de ensilaje



Introducción

Siempre se debe evitar el contacto del agua con el alimento. Si sucede, esto podría iniciar procesos de fermentación que degradan la calidad del alimento y causar contaminación ambiental debido a los lixiviados. En las granjas lecheras, esto a menudo se refiere al ensilaje que lleva a la formación de lixiviados de ensilado. El lixiviado de ensilaje (o aguas residuales del ensilaje) es un líquido orgánico que se forma cuando el agua entra en contacto con el ensilaje y se filtra de las estructuras de almacenamiento de ensilaje. Esta agua ya forma parte del ensilaje porque el cultivo se cosechó demasiado húmedo, o proviene del agua de lluvia que ingresa al silo. Esto conduce a la pérdida de nutrientes, lo que significa que el ensilaje está perdiendo valor. En segundo lugar, el lixiviado del ensilado reduce la materia seca, hasta en un 5%, lo que provoca una reducción significativa en términos de volumen de alimento disponible para el ganado. Debido a los altos niveles de nutrientes y amoníaco del ensilado, el lixiviado del ensilaje también contribuye de manera importante a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y representa una amenaza importante para los organismos acuáticos.

Conocimiento

Los tambores de ensilaje se pueden almacenar en diferentes tipos de silos o en balas, lo que puede ser más o menos eficaz para evitar la lixiviación del ensilaje:

- Silos de torre: de forma cilíndrica y generalmente de duela de hormigón o de acero. Se desarrollan en altura lo que permite que el ensilaje se empaque bien por su propio peso, pero requiere un mayor costo de inversión inicial y maquinaria especial para cargar el silo.
- Silos de búnker: generalmente trincheras con paredes de hormigón y hechos herméticos. Pueden almacenar mayores volúmenes y requiere un menor costo de inversión inicial, pero también mayor cuidado en el llenado y empaque en comparación con los silos de torre.
- Silo de bolsas: tubos de plástico pesados, generalmente de 2 a 4 m de diámetro, y de longitud variable según se requiera para la cantidad de material a almacenar. Se envasan con una maquinaria especial y se sellan por ambos extremos. Requiere una inversión de capital inicial más baja en comparación con los silos de torre y búnker, pero la eliminación de plástico crea un costo adicional y preocupaciones ambientales.
- Pilas de ensilaje: no se necesita infraestructura; Las pilas de ensilaje se construyen descargando el ensilaje en un elevador y amontonando la cosecha. Para permitir el empaque del ensilaje, la maquinaria agrícola pesada puede pasar sobre la pila. Este es el proceso más económico para hacer ensilaje, pero también el más ineficiente ya que puede ocasionar grandes pérdidas de materia seca durante el almacenamiento. Además, es el más dañino para el medio ambiente ya que fácilmente se pueden producir lixiviados de ensilaje.
- Fardos de ensilaje: forraje que se empaqueta a una humedad más alta que el forraje para almacenarlo como heno seco. Los fardos se envuelven con películas de plástico, generalmente poco después de la cosecha, para evitar la exposición al aire, lo que puede provocar la pérdida de materia seca. Es una práctica común en varias partes del mundo, incluidos Europa y los Estados Unidos. Este tipo de ensilado tiene el costo operativo más alto por tonelada de materia seca y requiere maquinaria especializada para envolver los fardos que luego deben manejarse con cuidado. Las pacas envueltas de manera efectiva pueden reducir los lixiviados asociados con el almacenamiento de ensilaje.

Si bien el lixiviado del ensilaje puede provenir de todas las formas de almacenamiento de ensilaje, generalmente hay menos fugas de los silos tipo búnker y torre en comparación con las bolsas de silo y las pilas de ensilaje.

LA IMPORTANCIA DE PREVENIR LOS LIXIVIADOS DE ENSILAJE

La lixiviación del ensilaje provoca la **pérdida de nutrientes esenciales** y materia seca del ensilaje. Esto implica la pérdida de nutrientes de alta calidad como azúcares, almidón y proteínas solubles del ensilaje, aumentando la concentración de nutrientes de menor calidad como fibra y ceniza, privando así a las vacas de los nutrientes

que tanto necesitan. El lixiviado del ensilado, si se permite que llegue a las aguas superficiales, representa una amenaza para las **aguas subterráneas y la vida acuática** al gastar rápidamente los niveles de oxígeno del agua debido a su alta demanda biológica de oxígeno. El lixiviado también contiene altas cantidades de **nitrógeno y fósforo** y provoca la proliferación de algas y sofoca aún más la vida acuática.

Los altos niveles de **amoníaco** permiten que el lixiviado del ensilado aumente la acidez del agua subterránea y altere su olor y sabor. Los altos niveles de amoníaco en el agua pueden dificultar que los organismos acuáticos excreten toxinas, lo que, en consecuencia, conduce a la acumulación de toxinas en los sistemas y, en algunos casos, a la muerte.

Proceso

CÓMO MINIMIZAR EL LIXIVIADO DE ENSILAJE

Una forma en que los agricultores pueden reducir el lixiviado del ensilado es reduciendo el contenido de humedad del ensilado para el almacenamiento. Los cultivos de ensilaje deben cosecharse con niveles de contenido de humedad apropiados según el silo y el tipo de cultivo. El contenido de humedad óptimo cuando se cosechan cultivos destinados a ser ensilados es entre 62-68% para almacenamiento en un silo de torre, 65-70% para almacenamiento en un silo de búnker horizontal, entre 50-60% de humedad si se almacenará en bolsas, 60 a 65% para almacenamiento en pilas de ensilaje, y entre 40-60% para almacenamiento en fardos de ensilaje. Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de EE. UU. y las pautas de la Agencia Ambiental del Reino Unido recomiendan que los silos se ubiquen a una distancia mínima de 20 metros de cualquier fuente de agua abierta o pozo, y en áreas bien drenadas. Se debe minimizar el contacto entre el ensilaje y el agua de lluvia.

Otra forma en que los agricultores pueden minimizar el lixiviado del ensilaje es sellar adecuadamente el ensilaje con una película plástica entera y bien conservada, evitando que el agua se infiltre por la parte superior. Estudios en los Estados Unidos han demostrado que los silos tipo búnker que no están cubiertos con una envoltura de plástico pueden experimentar hasta un 30 % más de pérdida de materia seca que los silos tipo búnker cubiertos con plástico. Además, los agricultores pueden usar plásticos para atrapar y desviar los lixiviados de las fuentes de agua contaminantes y desviarlos a las estructuras de almacenamiento de estiércol. De esta manera se puede utilizar como abono orgánico. Los agricultores pueden clasificar la protección de sus aguas subterráneas y superficiales utilizando los siguientes Hoja de trabajo para el almacenamiento de ensilaje. Esta hoja de trabajo les da a los agricultores una idea de cómo el almacenamiento de ensilaje en su conjunto puede afectar la calidad del agua y les permite modificar las prácticas de manejo o las condiciones del sitio para proteger mejor la calidad del agua.

Información técnica/Visualización

Características del lixiviado de ensilado en comparación con el estiércol líquido de lácteos

Constitucion	Lixiviado de ensilaje (típico)	Estiércol Líquido Lácteo (típico)
Materia Seca	5% (2-10%)	5%
Nitrógeno total	1,500-4,400 mg/L	2,600 mg/L
Fósforo	300-600 mg/L	1,100 mg/L
Potasio	3,400-5,200 mg/L	2,500 mg/L
pH	4.0 (3.6-5.5)	7.4
Demanda de oxígeno bioquímico	12,600-90,000 mg/L	5,000-10,000 mg/L

Resources

- [Managing Silage Leachate \(West Virginia University\)](#)
- [Silage leachate: An environmental disaster \(Michigan State University\)](#)
- [Dry matter losses \(Quality Silage\)](#)
- [Remember to Think About Silage Leachate \(Pennsylvania State University\)](#)

Fuentes

Capítulo 1

	Página
Estimation of the on-farm-costs of soil erosion in Sleman, Indonesia (WIT Press) https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/GEO06/GEO06006FU1.pdf	6
Causes and Impacts of Water Scarcity (WWF worldwildlife.org) https://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity	6
About Biodiversity (NRN nationalruralnetwork.ie) https://www.nationalruralnetwork.ie/biodiversity/#:~:text=Key%20ways%20to%20encourage%20biodiversity%20on%20farm%3A&text=Plant%20and%20establish%20native%20hedgerows,to%20minimise%20artificial%20fertiliser%20usage.	6

Capítulo 2

A guide to protein nutrition for cattle (Oregon State University) https://extension.oregonstate.edu/animals-livestock/beef/guide-protein-nutrition-cattle	9
Dietary Minerals for Dairy Cows on Pasture (The Pennsylvania State University) https://extension.psu.edu/dietary-minerals-for-dairy-cows-on-pasture	9
Vitamin Nutrition of Dairy Cows (DAIREXNET) https://dairy-cattle.extension.org/update-on-vitamin-nutrition-of-dairy-cows/	9
Concentrate Feeds (Teagasc Agriculture and Food Development Authority) https://www.teagasc.ie/media/website/animals/beef/concentrate-feeds.pdf	9
Feeding Legumes to Cattle (Agri-Facts, Alberta Government) https://open.alberta.ca/dataset/cdfc3671-4698-448d-8479-5d2de9e667a2/resource/9db3d37e-26ab-42ca-8dc2-53cb678a3b62/download/2003-420-62-1.pdf	9
Photo: Various root systems. Picture source: alfalfaenvironment2.pdf https://www.alfalfa.org/pdf/alfalfaenvironment2.pdf	10
Adaptation Strategies and Mitigation Opportunities for Food Security in South Asia and Latin America (Science Direct) https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211315300055	11
Intercropping enhances agroecosystem services and functioning (FAO) https://www.fao.org/agroecology/database/detail/en/c/1028831/	11
Infographic: Benefit of intercropping https://doi.org/10.3390/agronomy11020343	11

Photo: Crop rotations. Picture source: What Is Crop Rotation; Types, Benefits And Consideration - Notes Read https://notesread.com/crop-rotation/	12
Crop Rotation Info (California State University) https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/_assets/documents/fact-sheets/crop-rotation-fact-sheet.pdf	13
Crop Rotation (USDA) https://www.ams.usda.gov/grades-standards/crop-rotation-practice-standard#:~:text=Crop%20rotation%20refers%20to%20the%20sequencing%20of%20crops,is%20specifically%20required%20in%20the%20USDA%20organic%20regulations.	13
Cover Crops - Knowledge - "Please find more information on cover crops here." https://www.sare.org/news/new-cover-crops-and-soil-health-video-from-sare/	14
FAO: Cover crop species, with a special focus on legumes https://teca.apps.fao.org/teca/en/technologies/7414	16
New "Cover Crops and Soil Health" Video (SARE) https://www.sare.org/news/new-cover-crops-and-soil-health-video-from-sare/	16
Making the Transition to No-Till Corn/Cover Crop System (University of Massachusetts) https://ag.umass.edu/crops-dairy-livestock-equine/fact-sheets/making-transition-to-no-till-corncover-crop-system	16
The extra benefits of legumes-before-wheat (FAO) https://www.fao.org/3/i5307e/i5307e.pdf	16
Carbon to Nitrogen Ratios in Cropping Systems (USDA Natural Resources Conservation Service) https://docslib.org/doc/7162829/carbon-to-nitrogen-ratios-in-cropping-systems#:~:text=Carbon%20to%20NitrogenRatios%20in%20Cropping%20Systems%20Introduction%20up,to%20the%20mass%20of%20nitrogen%20in%20a%20substance.	16
The Effects of Cover Crops on Multiple Environmental Sustainability Indicators—A Review (Agronomy, MDPI) https://hal.inrae.fr/hal-03762045/document	16
Alternatives for the sustainable management of soil fertilization and plant nutrition (FAO) https://www.fao.org/3/cc0964en/cc0964en.pdf	16
Legumes Feed Families and Soil (New Mexico State University) https://aces.nmsu.edu/ces/yard/melon_patch/2006/april06.html	16
What is Conservation Tillage? (Teagasc) https://www.teagasc.ie/crops/crops/grass-weeds/enable-conservation-tillage-ect/conservation-tillage/	16
Alternatives for the sustainable management of soil fertilization and plant nutrition (fao.org) https://www.fao.org/3/cc0964en/cc0964en.pdf	16

Photo: Carbon cycle. Picture Source: UK research: cover crops, no-till could slow climate change News (uky.edu) https://news.ca.uky.edu/article/uk-research-cover-crops-no-till-could-slow-climate-change	17
Minimum Tillage - Process - "Please find more information on minimum tillage here." https://www.youtube.com/watch?v=JuwXb13vklc	18
Infographic source: Soil health in agricultural ecosystems: Current status and future perspectives - ScienceDirect https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211321000328	19
Minimum Tillage (SRUC) https://www.sruc.ac.uk/media/s0bnnrj/tn553-minimum-tillage.pdf	19
Classification of Conservation Tillage Practices (University of California) https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8364.pdf	19
Tillage Implements (University of Minnesota) https://extension.umn.edu/soil-management-and-health/tillage-implements-purpose-and-ideal-use	19
What is Conservation Tillage? https://www.teagasc.ie/crops/crops/grass-weeds/enable-conservation-tillage-ect/conservation-tillage/	19
Photo: Benefits of mulching. Picture source: How Mulch Works: The 4 Functions of Mulch in Your Garden (yourgreenpal.com) https://www.yourgreenpal.com/blog/how-does-mulch-work	22
Mulch Tillage (Ontario Federation of Agriculture) http://www.omafra.gov.on.ca/english/environment/bmp/AF171.pdf	22
Potential agricultural and environmental benefits of mulches (Springer Open) https://bnrc.springeropen.com/articles/10.1186/s42269-020-00290-3	22
Mulching Landscape Trees (PennState Extension) https://extension.psu.edu/mulching-landscape-trees	22
Mulching in organic agriculture (FAO) https://teca.apps.fao.org/teca/en/technologies/8365	22
Types and Uses of Nitrogen Fertilizers for Crop Production (Purdue University) https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ay/ay-204.html	22
Carbon-nitrogen ratio management (Global Seafood Alliance) https://www.globalseafood.org/advocate/carbon-nitrogen-ratio-management/	22
Soil Organic Carbon: A review of 'critical' levels and practices to increase levels in tillage land in Ireland (Teagasc) https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2010/SoilOrganicCarbon.pdf	22
TECA (fao.org) https://teca.apps.fao.org/teca/en/technologies/8365	22

Maize Fodder Production Under Changing Climatic Scenario For Nutritional Security of Livestock (researchgate.net) https://www.researchgate.net/publication/344433163_MAIZE_FODDER_PRODUCTION_UNDER_CHANGING_CLIMATIC_SCENARIO_FOR_NUTRITIONAL_SECURITY_OF_LIVESTOCK-_A_REVIEW	24
Maize is a vital crop for many New Zealand dairy farmers (DairyNZ) https://www.dairynz.co.nz/feed/crops/maize-crop/	24
Maize is a vital crop for many New Zealand dairy farmers (DairyNZ) https://www.dairynz.co.nz/feed/crops/maize-crop/	24
Forage Sorghum (psu.edu) https://extension.psu.edu/forage-sorghum	24
Sorghum in Dairy Cattle Production Feeding Guide (agriflife.org) https://agriflife.org/amarillo/files/2010/11/dairy_handbookFINAL.pdf	24
Soil carbon and crop rotation example. Rotating maize with alfalfa increases soil carbon, particularly at greater soil depths. Picture source: alfalfaenvironment2.pdf https://www.alfalfa.org/pdf/alfalfaenvironment2.pdf	26
Alfalfa for Dairy Cattle (uky.edu) https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1155&context=ky_alfalfa	26
Alfalfa, Wildlife & the Environment (National Alfalfa and Forage Alliance) https://www.alfalfa.org/pdf/alfalfaenvironment2.pdf	26
Alfalfa benefits wildlife and the environment, in addition to its economic value - (Green Blog, ucanr.edu) https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=10489	26
Managing the rotation from alfalfa to corn (University of Minnesota Extension) https://extension.umn.edu/corn-cropping-systems/managing-rotation-alfalfa-corn#how-and-when-to-terminate-269461	26
Fodder Beet is a Root Crop with a High Yield Potential (DairyNZ) https://www.dairynz.co.nz/feed/crops/fodder-beet/	26
Fodder Beet (DLF Seeds Ireland) https://www.dlfseeds.ie/forage-crops/dlf-ire/forage-crops/arable-forages/fodder-beet-prod1899	26
Fodder Beet Guide (Agricom.co.nz) https://www.agricom.co.nz/Files/Files/Public/Agricom/Guides/Fodder-Beet-Guide-2020.pdf	26
Why Grow Fodder Beet (DLF) https://specialistnutrition.ie/uploads/images/general/DLF-BEET-BROCHURE-2021.pdf	26
Traffic effects on soil compaction and sugar beet (Beta vulgaris L.) taproot quality parameters (Research Gate) https://www.researchgate.net/publication/316314807_Traffic_effects_on_soil_compaction_and_sugar_beet_Beta_vulgaris_L_taproot_quality_parameters	26
Experts answer your multi-cut silage questions (VOLAC) https://www.cuttoclamp.com/latest/2018/5/29/experts-answer-your-multi-cut-silage-questions	28

Multicut Silage (Farming Connect) https://businesswales.gov.wales/farmingconnect/news-and-events/technical-articles/multicut-silage#:~:text=	28
Forage Crops and Grasses (ICAR) https://icar.gov.in/files/forage-and-grasses.pdf	28
Preparing for multi-cut systems (AHDB) https://ahdb.org.uk/news/preparing-for-multi-cut-systems	28
Magnesium Deficiency https://www.dekalbasgrowdeltapine.com/en-us/agronomy/nutrient-deficiency-symptoms-in-corn.html	30
Nitrogen Deficiency https://www.powerag.com/deficiencies/nitrogen-deficiency-corn/	30
Phosphorous Deficiency https://ariesagro.com/maize/	30
Calcium Deficiency https://johnkempf.com/visual-indicators-of-calcium-and-boron-deficiency-in-corn/	30
Zinc Deficiency https://www.dekalbasgrowdeltapine.com/en-us/agronomy/nutrient-deficiency-symptoms-in-corn.html	30
Sulfur Deficiency https://www.dekalbasgrowdeltapine.com/en-us/agronomy/nutrient-deficiency-symptoms-in-corn.html	30
Potassium Deficiency https://ariesagro.com/maize/	30
State of the World's Forests 2020 (fao.org) https://www.fao.org/state-of-forests/en/	33
Feeding the Dairy Cow (Teagasc Agriculture and Food Development Authority) https://www.teagasc.ie/media/website/animals/dairy/FeedingDiaryCow.pdf	33
Soy: food, feed, and land use change (TABLE) https://tabledebates.org/	33
A Comparison of Leading Palm Oil Certification Standards (Forest Peoples Programme) https://www.forestpeoples.org/en/responsible-finance-palm-oil-rspo/report/2017/comparison-leading-palm-oil-certification-standards	33
Deforestation and the social impacts of soy for biodiesel: Perspectives of farmers in the South Brazilian Amazon (CIFOR) https://www.cifor.org/knowledge/publication/3587/	33

Capítulo 3

Pasture Species Selection by Animal Group (PennState Extension) https://extension.psu.edu/pasture-species-selection-by-animal-group	37
Guidelines for Reseeding Pasture (UMass) https://ag.umass.edu/sites/ag.umass.edu/files/fact-sheets/pdf/GuidelinesforReseedingPastures09-49.pdf	37
For more information: https://www.researchgate.net/figure/Characteristics-of-forage-grasse-and-legumes_tbl1_265307104	40
Multispecies Pasture - Technical information/Visualization - "More information on establishing and managing temperate pastures can be found here," https://www.teagasc.ie/publications/2020/grassland-re-seeding-how-to-establish-multi-species-swards.php	40
Multispecies Pasture - Technical information/Visualization - "and additional details on temperate and tropical pasture species are available here." https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/pastures-and-rangelands/species-varieties	40
Multispecies Grazing: A Primer on Diversity (NACT) https://www.whidbeycd.org/uploads/1/1/6/8/11683986/multi-species_grazing_on_pasture_attra.pdf	40
Pasture species and varieties (NSW Government) https://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/pastures-and-rangelands/species-varieties	40
Grassland re-seeding: how to establish multi-species swards (Teagasc.ie) https://www.teagasc.ie/publications/2020/grassland-re-seeding-how-to-establish-multi-species-swards.php	40
Effect of Increasing Species Diversity and Grazing Management on Pasture Productivity (NIH, National Library of Medicine) https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30934844/	40
Multispecies Pasture - Case study- "Detailed information on the recommended varieties of forage plants in temperate climate can be found at this link:" https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/en/home/topics/plant-production/forage-grassland-grazing-systems/samenmischungen-sortenpruefung/sortenlisten.html	41
Multispecies Pasture - Case study- "More details can be found here:" https://www.teagasc.ie/publications/2022/establishing-multi-species-swards-on-your-farm.php	41
Multispecies Pasture - Case study- "In addition to it, the benefits of a multi-species pastured livestock system has been assessed by the following article:" https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.544984	41
Pastures for profit: A guide to rotational grazing (USDA) https://grassworks.org/wp-content/uploads/2016/11/A-Guide-to-Rotational-Grazing.pdf	44

Rotational vs. Continuous Grazing (UK College of Agriculture Food and Environment) https://grazer.ca.uky.edu/content/rotational-vs-continuous-grazing#:~:text=Rotational%20grazing%20is%20a%20system,to%20another%20section%20of%20pasture	44
Technical information/Visualization - Picture source: Sacred_Cow_Infographic_J_2.9-01_480x480.png (480x480) (shopify.com) https://cdn.shopify.com/s/files/1/0275/9265/4891/files/Sacred_Cow_Infographic_J_2.9-01_480x480.png?v=1623823436	44
Pastures for profit: A guide to rotational grazing (USDA) https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1097378.pdf	44
Rotational vs. Continuous Grazing (UK College of Agriculture Food and Environment) https://grazer.ca.uky.edu/content/rotational-vs-continuous-grazing#:~:text=Rotational%20grazing%20is%20a%20system,to%20another%20section%20of%20pasture	44
Grazing Benefits (Pasture Project- Wallace Centre) https://pastureproject.org/about-us/regenerative-grazing-benefits/	44
How to Estimate Pasture Inventory (pasturemap.com) https://blog.pasturemap.com/how-to-estimate-pasture-inventory	45
Four things I've learned from mob grazing (Noble Research Institute) https://www.noble.org/news/	46
A Masterclass on Mob Grazing at Groundswell 2018 (Organic Trust) https://organictrust.ie/clover/a-masterclass-on-mob-grazing-at-groundswell-2018-by-clive-bright#:~:text=With%20movement%20times%20being%20fixed,which%20will%20weaken%20those%20plants	46
A guide to mob grazing livestock (Farmers Weekly) https://www.fwi.co.uk/livestock/grassland-management/a-guide-to-mob-grazing-livestock	46
How to Estimate Pasture Inventory (pasturemap.com) https://blog.pasturemap.com/how-to-estimate-pasture-inventory	46
Tropical perennial grasses (NSW- Department of Industry and Investment) https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0011/360587/Tropical-perennial-grasses-pasture-quality-and-livestock-production.pdf	48
Milk production systems based on pastures in the tropics (FAO) https://www.fao.org/3/t0413e/T0413E14.htm	48
To Save The Planet, Give Cows Better Pasture (NPR) https://www.npr.org/sections/thesalt/2017/02/13/514070632/to-save-the-planet-give-cows-better-pasture	48
Tropical Pasture Guide (AUS West Seeds) https://www.ausweststephenseeds.com.au/Admin/Public/DWSDownload	48

Capítulo 4

Conservation buffers (USDA) https://www.fs.usda.gov/nac/buffers/docs/conservation_buffers.pdf	54
Riparian Forest Buffers (USDA) https://www.fs.usda.gov/nac/practices/riparian-forest-buffers.php	54
Establishment and restoration of riparian buffers (Climate ADAPT) https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/establishment-and-restoration-of-riparian-buffer-s#:~:text=Riparian%20Buffer%20Strips%20are%20linear,overland%20and%20shallow%20subsurface%20flow	54
Review of Current Science and Regulations on riparian buffers (EPA) https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/riparian-buffer-width-2005.pdf	54
Vegetative barriers (TNAU agritech portal) https://agritech.tnau.ac.in/agriculture/agri_majorareas_dryland_agromeasures_veg_barriers.html	56
Vegetative Barriers For Erosion Control (USDA) https://www.nrcs.usda.gov/plantmaterials/stpmcbr1452.pdf	56
Vegetative Barriers for Protecting Topsoil (USDA NRCS) https://www.ctahr.hawaii.edu/wq/publications/Final_FactSheets/VegetativeBarrier601.pdf	56
Hedgerows and Pollinator Habitat (California State University CHICO) https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/_assets/documents/fact-sheets/hedgerows-fact-sheet.pdf	60
Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural https://food.berkeley.edu/wp-content/uploads/2020/07/2014_Morandin-et-al_Hedgerows-enhance-beneficial-insects-on-adjacent-tomato-fields-in-an-intensive-agricultural-landscape.pdf	60
A Guide to Hedgerows (Oregon State University) https://extension.oregonstate.edu/pub/em-8721	60
Hedgerows (Game & Wildlife Conservation Trust) https://www.gwct.org.uk/advisory/faqs/hedgerows/#faq-5	60
Case Study - "Resource:" https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722000573	60
Water body fencer - Process - "More details on riparian fencing and the different options and recommendations are available here." https://www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/habitats/fencing-riparian-zones	61
Fencing riparian zones (Department of Primary Industries- NSW) https://www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/habitats/fencing-riparian-zones	62
Fencing Water Courses (Glanbia Connect) https://www.tirlanfarmlife.com/farm-advice/detail/article/fencing-water-courses	62

Streamside Livestock Exclusion: A tool for increasing farm income and improving water quality (DCR Virginia) https://www.dcr.virginia.gov/soil-and-water/document/streamsideexcl.pdf	62
Effectiveness of Livestock Exclusion in a Pasture of Central North Carolina (Wiley Online Library) https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/jeq2016.03.0089	62
Silvopasture systems - Process - "More details on these measures are available here." https://smallfarms.cornell.edu/2018/06/six-key-principles-for-a-successful-silvopasture/	63
Six Key Principles for a Successful Silvopasture (Cornell CALS) https://smallfarms.cornell.edu/2018/06/six-key-principles-for-a-successful-silvopasture/	64
Silvopasture (USDA) https://www.fs.usda.gov/nac/practices/silvopasture.php	64
Silvopasture: the Benefits of Integrating Trees with Livestock (USDA) https://www.fs.usda.gov/nac/practices/silvopasture.php	64
Silvopasture (California State University, CHICO) https://www.csuchico.edu/regenerativeagriculture/ra101-section/silvopasture.shtml	64
Tree selection and planting- Process - "More detail on how to manage trees for biodiversity is available here." https://www.dairynz.co.nz/media/5447634/Planting_for_biodiversity.pdf	65
Tree selection and planting- Process - "More information on trees for shade is available here." https://www.dairynz.co.nz/media/5447835/Trees_for_shade.pdf	66
Tree selection and planting- Process - "more details of which can be found at this link." https://www.dairynz.co.nz/media/5447631/Growing_trees_for_timber.pdf	66
Trees on farms Growing trees for timber (Dairynz.co.nz) https://www.dairynz.co.nz/media/5447631/Growing_trees_for_timber.pdf	66
Trees on farms Planting for biodiversity (Dairynz.co.nz) https://www.dairynz.co.nz/media/5447634/Planting_for_biodiversity.pdf	66

Capítulo 5

Manure Management (Virtual farm dairy) https://www.virtualfarm.psu.edu/dairy-farm-manure-management	71
What Does Manure Collection and Storage Look Like? (USDA) https://lpecl.org/what-does-manure-collection-and-storage-look-like/	71
Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options (Oxford Academy) https://academic.oup.com/jas/article/91/11/5045/4731308	71
Storing Manure on Farms – Livestock and Poultry Environmental Learning Community (lpecl.org) https://lpecl.org/storing-manure-on-small-farms/	73
Storing manure on small farms – deciding on a storage option (Michigan State University) https://www.canr.msu.edu/news/storing_manure_on_small_farms_deciding_on_a_storage_option	74
Manure Storage and Treatment Systems (University of Georgia uga.edu) https://site.extension.uga.edu/aware/files/2009/08/Manure-Storage-and-Tre195.pdf	74
Manure Management (Virtual farm dairy) https://www.virtualfarm.psu.edu/section/manure-management	74
Manure Storage for Dairy Operations (University of Massachusetts) https://ag.umass.edu/sites/ag.umass.edu/files/fact-sheets/pdf/ManureStorageforDairyOperations%2811-31%29.pdf	74
Manure storage: small scale solutions for your farm (NRCS) https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-11/Solutions-for-Small-Scale-Farms-Manure-Storage-NRCS.pdf	74
Manure Treatment - Composting - Static Aerated Piles - Picture source: Biocycle https://www.biocycle.net/design-considerations-in-aerated-static-pile-composting/	77
Methods for Treatment of Animal Manures to Reduce Nutrient Pollution Prior to Soil Application (Springer) https://link.springer.com/article/10.1007/s40726-015-0005-1	78
On-Farm Composting in Pennsylvania; Compost Bedded Pack (Capital RC&D) https://www.youtube.com/watch?v=4lZ6gcGuAM0	78
Compost-bedded pack barns for dairy cows (University of Minnesota) https://extension.umn.edu/dairy-milking-cows/compost-bedded-pack-barns-dairy-cows	78
Guide to composting animal manure (North Dakota State University) https://www.ag.ndsu.edu/manure/documents/nm1478.pdf	78
Biogas Digesters - Knowledge - “biodigester” https://www.ctc-n.org/technologies/biodigester	78
Biogas Digesters - Case study - Resource: https://www.lighthousefarmnetwork.com/lighthouse-farms/as-ziedi-jp	78

Photo: Biogas digester on farm. Picture source: Biogas digester at Oregon's Lochmead Farms turns manure and methane into power - oregonlive.com https://www.oregonlive.com/environment/2011/05/lochmead_farms_on_the_cutting.html	80
Biogas from Manure (Pennsylvania State University) https://extension.psu.edu/biogas-from-manure	83
Micro-Biogas Digester (Smart Rural Areas) https://www.smart-rural21.eu/smart-solution/micro-biogas-digester/	83
Anaerobic Digestion (Large-Scale) (Sustainable Sanitation and Water Management) https://sswm.info/humanitarian-crises/urban-settings/sanitation/semi-centralised-treatment/anaerobic-digestion-%28large-scale%29	83
Manure Application - Knowledge - Picture source: https://nutrientstewardship.org/4rs/	84
Manure timing (University of Minnesota) https://extension.umn.edu/manure-management/manure-timing#winter-814963	85
Nutrient and Fertiliser Management (Teagasc) https://www.teagasc.ie/environment/water-quality/farming-for-water-quality-assap/improving-my-water-quality/nutrient-and-fertiliser-management/	85
Using manure as a fertilizer for crop production (EPA) https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/2006_8_25_msbasin_symposia_ia_session8.pdf	85
Manure application methods and nitrogen losses UMN Extension https://extension.umn.edu/manure-management/manure-application-methods-and-nitrogen-losses#:~:text=Broadcasting%20with%20incorporation%20means%20mixing%2C%20or%20incorporating%2C%20the,losses%2C%20especially%20if%20the%20manure%20is%20incorporated%20quickly.	89
Manure injection can make a big improvement (Farm and Dairy) https://www.farmanddairy.com/news/manure-injection-can-make-a-big-improvement/538024.html	89
Trailing shoes can reduce chemical fertiliser use and smell (nidirect- GOV.UK) https://www.daera-ni.gov.uk/news/trailing-shoes-can-reduce-chemical-fertiliser-use-and-smell	89
Fertigation (Science Direct) https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/fertigation	89
Events - Kleinman - 2003 - Journal of Environmental Quality - Wiley Online Library https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq2003.1072	89
Application methods during field application of manure to reduce odors and emissions (Iowa State University) https://www.extension.iastate.edu/ampat/application-methods	89
Application methods during field application of manure to reduce odors and emissions (Iowa State University) https://www.extension.iastate.edu/ampat/application-methods	89

Capítulo 6

Water use on dairy farms (Michigan State University- MSU) https://www.canr.msu.edu/news/water_use_on_dairy_farms	91
Water Conservation and Use on Dairy and Livestock Farms (University of New Hampshire Cooperative Extension) https://extension.unh.edu/sites/default/files/migrated_unmanaged_files/Resource000005_Rep4.pdf	91
Drinking water for dairy cattle (Michigan State University- MSU) https://www.canr.msu.edu/news/drinking_water_for_dairy_cattle_part_1	91
Smart irrigation systems - Process - Soil Water Tension Sensors (e.g., Tensiometers) - “(link to snowacres)” https://snowacres.com/	95
How Drought Affects Soil Health (Iowa State University) https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2017/08/how-drought-affects-soil-health#:~:text=Changes%20in%20soil%20temperature%20during,released%20in%20the%20soil%20system	95
Soil Moisture-Sensing Systems for Improving Irrigation Scheduling (Oklahoma State University) https://extension.okstate.edu/fact-sheets/soil-moisture-sensing-systems-for-improving-irrigation-scheduling.html	95
Guide to soil moisture sensors: Why use them and the options (My Farmers Weekly) https://www.fwi.co.uk/machinery/technology/guide-to-soil-moisture-sensors-why-use-them-and-the-options#:~:text=Essentially%2C%20there%20are%20two%20types,relative%20water%20content%20of%20soil	95
3 Types of Soil Moisture Sensors - Which is Best For You? (Trellis) https://mytrellis.com/blog/smstypes	95
Smart irrigation systems - Case study - “Find out more about this technology here.” https://snowacres.com/	95
Water for Dairy Production (University of Nebraska-Lincoln) https://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g2292/build/g2292.htm	97
The hidden water resource use behind meat and dairy (Twente Water Centre, University of Twente) https://waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra-2012-Water-Meat-Dairy_2.pdf	97
Effective Use Of Water On Dairy Farms (Milk Development Council) https://it.scribd.com/doc/190629394/Effective-Use-of-Water-on-Dairy-Farms	97
Water Conservation and Use on Dairy and Livestock Farms (University of New Hampshire Cooperative Extension) https://extension.unh.edu/sites/default/files/migrated_unmanaged_files/Resource000005_Rep4.pdf	97
Wastewater recycling from parlour- Process - “More information can be found here.” https://www.youtube.com/watch?v=sXreBkmz9QI	97

Wastewater recycling from parlour- Process - Nutrient Recycling - “More information can be found here” https://ag.umass.edu/sites/ag.umass.edu/files/fact-sheets/pdf/MilkhouseWastewaterManagement%2811-51%29.pdf	99
Wastewater recycling from parlour- Process - Nutrient Recycling - “and here” https://www.youtube.com/watch?v=7ftObZ5bXBg	99
Wastewater recycling from parlour- Technical info/Visualization - Ask a Dairy Farmer How Do Farmers Reuse Water - Picture source https://www.usdairy.com/news-articles/ask-a-dairy-farmer-how-do-farmers-reuse-water	100
Treatment of dairy wastewater (Science Direct) https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852406003737	100
Milkhouse Wastewater Management (University of Massachusetts) https://conservancy.umn.edu/handle/11299/175458	100
Daily and seasonal trends of electricity and water use on pasture-based automatic milking dairy farms (Journal of Dairy Science) https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)31073-1/fulltext#seccestitle70	100
Milk house wastewater (University of Minnesota) https://it.scribd.com/doc/190629394/Effective-Use-of-Water-on-Dairy-Farms	100
Visible signs and consequence of heat stress - Picture source: CIR782/AE022: Methods to Relieve Heat Stress for Florida Dairies (ufl.edu) https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AE022	103
THI-Temperature Humidity Index & Cows (Kestrel Meters) https://kestrelinstruments.com/beef-cattle-heat-stress	104
Projected heat stress challenges and abatement opportunities for U.S. milk production (PLOS) https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0214665	104
Heat Stress in Dairy Cows (partners-in-reproduction.com) https://www.partners-in-reproduction.com/wellbeing/stress-factors/heat-stress/	104
Heat Stress Abatement in Dairy Facilities (University of Wisconsin) https://dairy.extension.wisc.edu/articles/heat-stress-abatement-in-dairy-facilities/	104
Silage Leachate - Process - “Silage Storage Management Worksheet” https://extension.psu.edu/	106
Managing Silage Leachate (West Virginia University) https://projects.sare.org/wp-content/uploads/999444managing-silage-leachate-fact-sheet-color.pdf	106
Silage leachate: An environmental disaster (Michigan State University) https://www.canr.msu.edu/news/silage_leachate_an_environmental_disaster	106
Dry matter losses (Quality Sillage) https://qualitysilage.com/avoid-pitfalls/dry-matter-%20losses/#:~:text=DM%20loss%20is%20often%20called,nutrients%2C%20like%20fiber%20and%20ash	106
Remember to Think About Silage Leachate (Pennsylvania State University) https://extension.psu.edu/remember-to-think-about-silage-leachate	106