

Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al **cambio climático**



Serie técnica
Boletín técnico no.91

Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al **cambio climático**

Danilo A. Pezo

Consultor, Grupo Ganadería y
Manejo del Medio Ambiente,
CATIE, Turrialba, Costa Rica

Este manual ha sido posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Los puntos de vista/opiniones de este documento son responsabilidad de los autores contratados por el CATIE. Sin embargo, no reflejan necesariamente el punto de vista de esta institución, ni de USAID o el Gobierno de los Estados Unidos.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2018

ISBN 978-9977-57-686-2

633.2

P521 Pezo, Danilo A.

Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático / Danilo A. Pezo. – 1ª ed. – Turrialba, C.R : CATIE, 2018
58 p. : il. – (Serie técnica. Boletín técnico / CATIE ; no.91)

ISBN 978-9977-57-686-2

Handle <http://hdl.handle.net/11554/8753>

1.1 Pastizales – Producción ganadera – Cambio climático 2. Pastizales – Fitomejoramiento
– Cambio climático I. Orozco Vílchez, Lorena, ed. II. CATIE III. Título IV. Serie.

Créditos

Edición: Lorena Orozco

Diseño: Rocío Jiménez Salas

Revisores:

Edwin García – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Edwin Orozco – Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria de Costa Rica

Fotografías:

Danilo Pezo, Cristobal Villanueva, Agencia de Extensión Agrícola – Hojancha, Edwin García.

Contenido

Prefacio	5
Introducción	7
1. Cambio climático y producción ganadera basada en pasturas	11
2. ¿Qué son pastos mejorados?	13
2.1 Contribución de las especies mejoradas para el incremento de la productividad animal	16
2.2 ¿Qué cuidados deben tenerse para lograr un mejor aprovechamiento de las pasturas mejoradas?	18
2.3 Otros beneficios provistos por los pastos mejorados	21
3. ¿Cómo decidir qué pastos mejorados son más adecuados para una finca en particular?	26
3.1 Temperatura ambiente	27
3.2 Precipitación	28
3.3 Fertilidad del suelo	29
3.4 Acidez y alcalinidad del suelo	29
3.5 Características físicas del suelo	32
3.6 Topografía del terreno	32
3.7 Habilidad competitiva de las especies	32
3.8 Tolerancia a sombra	33
3.9 Plagas y enfermedades en forrajeras	34
3.10 Orientación e intensidad del sistema producción animal	34
3.11 Forma de uso de los forrajes mejorados	34
4. Sistemas de uso de la tierra que incorporan pastos mejorados	37
4.1 Bancos forrajeros	37
4.2 Sistemas de pastoreo	39
4.3 Cercas vivas	40
4.4 Barreras vivas	41
4.5 Barbechos mejorados	42
4.6 Coberturas en sistemas de cultivos anuales	43
4.7 Coberturas en plantaciones	44
4.8 Coberturas para control de erosión	45
5. ¿Qué prácticas de manejo debemos considerar para asegurar un buen establecimiento de pastos mejorados?	46
5.1 Siembra usando materiales vegetativos	46
5.2 Siembra a partir de semillas	48
5.3 Preparación del suelo	50
6. Consideraciones finales	54
7. Referencias	56

Prefacio

En Costa Rica la actividad ganadera genera una serie de beneficios socioeconómicos para el país; según Acosta y Valdez (2012) la actividad aporta alrededor del 10% del PIB nacional. Además, contribuye con más de 200,000 empleos directos e indirectos a lo largo de la cadena de producción. Sin embargo, este sector es el responsable del 28,6% de las emisiones totales del país, cuyas principales fuentes son el metano entérico (62%) y el óxido nitroso (36%) (Chacón et ál. 2014).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Ambiente y Energía y socios estratégicos han establecido la Estrategia Nacional para la Ganadería Baja en Carbono vinculada con la política de Costa Rica Carbono Neutral 2021. La cual contempla un plan de acción para responder a las metas del sector ganadero a nivel productivo, socioeconómico y ambiental; asimismo, a los compromisos asumidos por el país en las convenciones internacionales de cambio climático (UNCCC), biodiversidad (CB), degradación de tierras (UNCCD) y a los objetivos de desarrollo sostenible. El país ha definido el NAMA¹ Ganadería como el mecanismo para la implementación del plan de acción de la Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono.

Con base al avance mostrado por el país, la cooperación internacional ha mostrado interés en tomar al país como laboratorio para seguir consolidando la estrategia país en el desarrollo de una ganadería competitiva y con bajas emisiones y su posterior escalamiento en países con condiciones agroecológicas similares, principalmente aquellos de la región centroamericana y el Caribe. En ese sentido, la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (siglas en Ingles USAID) por medio del departamento de Agricultura (USDA) aprobaron los fondos para el Proyecto Ganadería con bajas en emisiones en Costa Rica. Esto se logró bajo el programa EC LEADS² que ya había implementado la fase I en el periodo 2012-2015, en el cual se generó información sobre metodologías, métricas y recopilación de medidas para el desarrollo del sector ganadero de leche con bajas emisiones.

¹ Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropiadas.

² Estrategia de Mejoramiento de Capacidades para el Desarrollo con Bajas Emisiones

El Proyecto Ganadería con bajas en emisiones en Costa Rica (EC LEDSI), tuvo como propósito capitalizar los logros de la primera fase del programa EC-LEDS y apoyar los esfuerzos costarricenses para la promoción de políticas de desarrollo y de disminución emisiones de gases de efecto invernadero en el sector ganadero. Los objetivos de esta segunda fase fueron: fortalecer el sistema de gobernanza para favorecer la implementación de las acciones del NAMA; mejorar la capacidad de las instituciones nacionales para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector ganadero, de acuerdo con las políticas nacionales y obligaciones internacionales; fomentar y facilitar la inversión e implementación de acciones para el desarrollo de un sector ganadero eficiente (extensión y mecanismo financiero).

Como parte del tercer objetivo, fue contemplada la preparación de materiales de extensión para técnicos del sector público y privado como herramientas de apoyo en el proceso de capacitación y asistencia técnica para el desarrollo de una ganadería competitiva con bajas emisiones que fortalezca los medios de vida y la seguridad alimentaria de las familias involucradas a lo largo de la cadena de producción. Además, que contribuya con productos y servicios de alta calidad para los consumidores de los mercados nacionales e internacionales.

En el marco del proyecto fue elaborada una serie de manuales para técnicos en los temas siguientes:

- Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica.
- Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático.
- Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo racional.
- Uso eficiente de fertilizantes en pasturas
- Tecnologías relevantes para la gestión integral del estiércol en fincas ganaderas de Costa Rica.



Muhammad Ibrahim, PhD
Director General

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Introducción

El término “revolución ganadera” se acuñó hace casi un par de décadas (Delgado *et al.* 1999), para describir una tendencia de crecimiento acelerado en la demanda de productos pecuarios a nivel mundial, que se esperaba iba a ocurrir como consecuencia del incremento demográfico, acompañado del crecimiento económico, el cual debería resultar en un aumento en el ingreso familiar, lo que a su vez traería consigo un incremento en el consumo per cápita de proteínas de origen animal, considerando que los productos de origen animal en general gozan de una alta elasticidad de la demanda en función del ingreso. Además, la movilización de parte de la población rural al medio urbano también traería consigo cambios en la dieta, entre ellos el aumento en el consumo per cápita de productos de origen animal.

Si bien este escenario global de largo plazo sobre aumentos en la demanda por carne, leche y otros productos pecuarios ofrece oportunidades positivas para aquellas economías y grupos de productores que puedan mantenerse e insertarse en el mercado, que de hecho se han manifestado muy claramente en China, India y otros países emergentes, para los países de América Central y el Caribe esta tendencia no es muy clara y depende en gran medida de las políticas y la capacidad de respuesta que posean los países de la región para aprovechar estas oportunidades (Pezo 2016).

Es importante comprobar si lo planteado por Delgado *et al.* (1999), se ha manifestado en alguna medida en Costa Rica. En la Figura 1 se observa que efectivamente en los últimos 50 años ha habido una tendencia creciente en el tamaño de la población y el ingreso per cápita; la población se ha triplicado pasando de 1,6 a 4,8 millones de habitantes y el ingreso per cápita prácticamente se ha duplicado, moviéndose de US\$4600 a 8700 año⁻¹ entre 1965 y el 2015 (FAO 2017). Por otro lado, en el mismo período ha habido un desplazamiento importante de la población de las áreas rurales a las urbanas, pues la población rural se ha reducido del 63,9 al 24,1%. Sin embargo, hay que ser muy cuidadoso cuando se analiza la información sobre cambios en el consumo per cápita de leche y carne bovina en los últimos 50 años (Figura 2), por su relación con el consumo de otras fuentes de proteína de origen animal. A lo largo de ese período el consumo de leche mostró un incremento sostenido, pasando de 65,9 a 156,9 kg per cápita año⁻¹; en cambio la carne bovina ha mostrado una tendencia errática, y más bien los niveles actuales de consumo son algo menores que en el pasado (18,3 a 15,2 kg per cápita año⁻¹ para los años 1963 y 2013, respectivamente). Hay que tener presente que esto puede ser el resultado de la sustitución de la carne bovina por la de pescado, cerdos y aves, particularmente de esta última que se ha incrementado de 1,3 a 22,4 kg per cápita año⁻¹ (Figura 2).

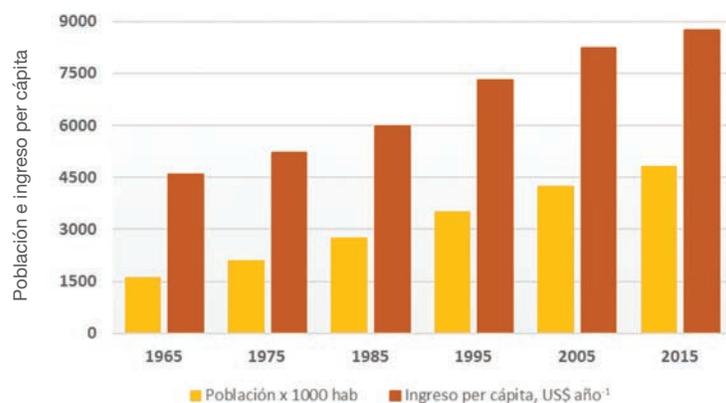


Figura 1. Cambios en población (miles de habitantes) e ingreso per cápita (US\$ año⁻¹) en Costa Rica en los últimos 50 años. Fuente (FAO 2017).

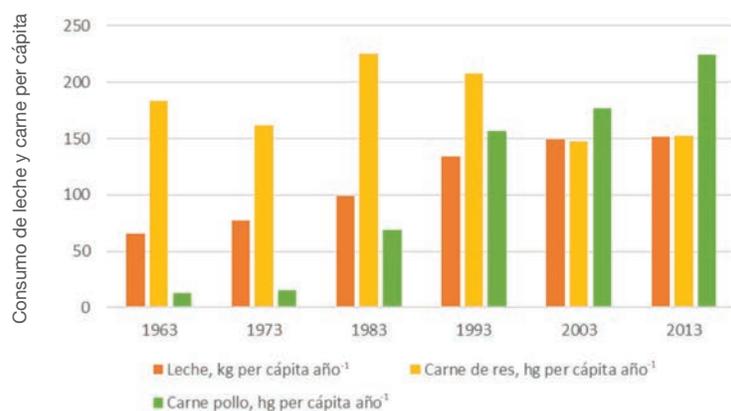


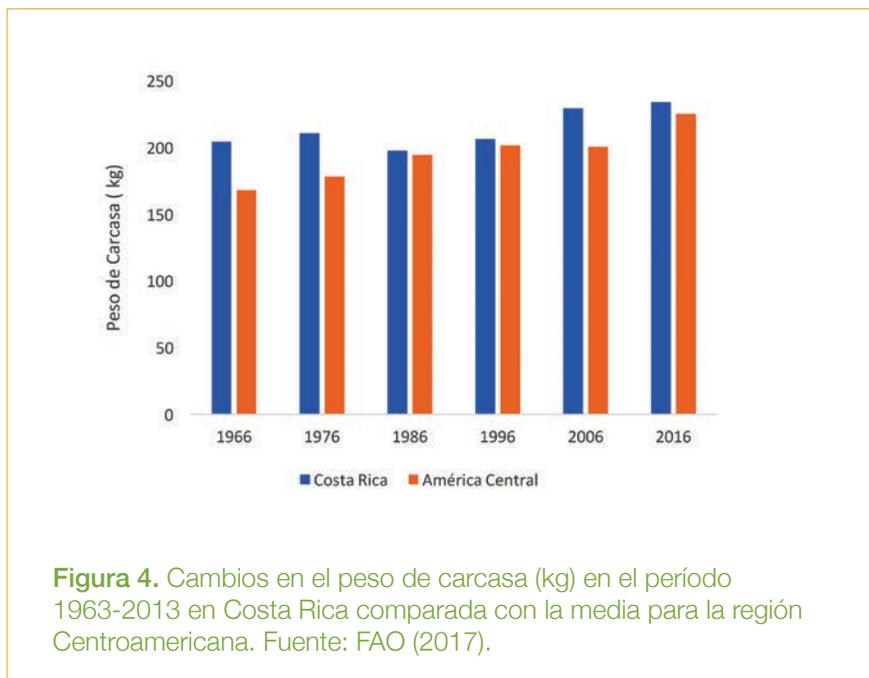
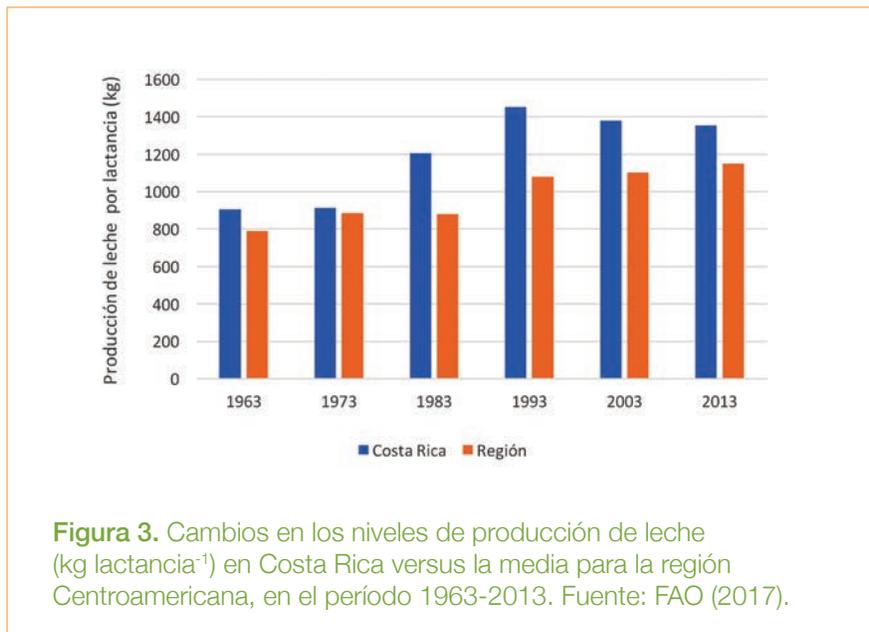
Figura 2. Cambios en el consumo per cápita de leche (kg año⁻¹) y de carne (hg año⁻¹) observados en Costa Rica en los últimos 50 años. Un kilogramo = 10 hectogramos (hg). Fuente (FAO 2017).

Para responder a los incrementos en la demanda de carne y leche, hay opciones tales como expandir el área en pastos para sostener un hato nacional creciente o incrementar la productividad (kg de producto animal ha⁻¹), mejorando la capacidad de soporte de las pasturas; en ambos casos, con o sin aumentos en la producción por animal. Mientras que en el resto de América Central en buena medida el aumento en producción ha sido producto del aumento en el número de animales y de la expansión de las áreas bajo pastoreo, Costa Rica ha mostrado una tendencia opuesta, pues si bien antes de 1984 el hato nacional creció (de 1,7 a 2,4 millones de cabezas entre 1974 y 1984), luego tendió a disminuir hasta llegar a 1,3 millones en el 2014 (FAO 2017); y el comportamiento de los cambios en área dedicada a pastos ha seguido un patrón similar al del tamaño de la población bovina (aumentó del 18,3 al 42,4% del área total entre 1963 y 1983, pero luego tendió a declinar, llegando al 24,8% en el 2013). Es más, Costa Rica ha sido el único país de América Central que ha presentado en los últimos años un incremento en el área dedicada a bosques (0,77% año⁻¹ entre el 2000 y 2008), gracias al uso de incentivos forestales bien aprovechados por el sector ganadero (Ibrahim *et al.* 2010), mientras que en el resto han seguido los procesos de expansión de las áreas agrícolas y ganaderas a expensas del bosque, con tasas de deforestación de 0,28 hasta 1,50% año⁻¹ en los casos de Panamá y Honduras, respectivamente.

En cuanto a la producción por animal, los rendimientos de leche y carne obtenidos en Costa Rica superan a los logrados por cada uno de los países centroamericanos. En el caso de la leche (Figura 3), las medias nacionales se han incrementado entre 1963 y 1993, luego ha habido una pequeña declinación en la producción por vaca posiblemente debido a que varias explotaciones de cría se han movido hacia el doble propósito. En cambio, el peso de carcasa del ganado producido en Costa Rica tendió a declinar entre 1966 y 1986, pero después de ese período ha mostrado cierta recuperación (Figura 4).

En consecuencia, está claro que Costa Rica ha optado por INTENSIFICAR la producción ganadera, con base en el uso eficiente de las pasturas para incrementar la producción por animal (kg animal⁻¹) y la carga animal (animales ha⁻¹), con miras a lograr una mayor productividad (kg de producto animal ha⁻¹), mejorar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles y reducir los costos de producción, de manera que se logre mejorar la competitividad de los sistemas pecuarios en una economía globalizada y hacerlos más sostenibles aún bajo las presiones del cambio climático. Sin embargo, se tiene el reto de identificar cómo se puede lograr esa intensificación sostenible en cada finca en particular.

Un elemento tecnológico fundamental en las estrategias de intensificación de los sistemas de producción animal basados en pasturas es, definitivamente, el uso de especies o cultivares de gramíneas y leguminosas de alta productividad, con niveles adecuados de calidad nutritiva que ayuden a reducir la dependencia del uso de suplementos concentrados, que se adapten a las restricciones bióticas y abióticas prevalentes en la finca y que persistan aún bajo las presiones que impone el cambio climático.





1. Cambio climático y producción ganadera basada en pasturas

América Central es una de las regiones con mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático en el mundo, el cual se ha manifestado con cambios en la temperatura media, la precipitación y una mayor variabilidad inter-anual, lo que dificulta la planificación y la toma de decisiones de manejo en las fincas (McCarthy 2014).

En América Central la temperatura se incrementó en 1,0 a 1,5°C en los últimos 50 años; se espera que dicho incremento será de 2,6 a 4,7°C a finales de este siglo (CCAD-SICA 2010). Por otro lado, las precipitaciones anuales totales no han variado significativamente, pese a que ha aumentado el número de días sin lluvia, lo cual ha sido compensado por precipitaciones más intensas en los días lluviosos. Esto ha hecho que los eventos extremos de precipitaciones sean más frecuentes, incrementando así los riesgos de erosión, inundaciones y derrumbes. Se prevé también que la precipitación total anual disminuirá en las próximas décadas hasta en un 30 a 36%, particularmente en el Corredor Seco Centroamericano (CCAD-SICA 2010). Como consecuencia de estos cambios la disponibilidad del recurso hídrico se verá afectada para todos los usos (doméstico, agricultura, generación hidroeléctrica, mantenimiento de la base ecológica, etc.), particularmente en la vertiente Pacífica de América Central. En el caso de Costa Rica, el problema se acentuará más en las regiones Chorotega, Central, Pacífico Central y en alguna medida en la Brunca.

El efecto directo más importante del cambio climático sobre el ganado está asociado al estrés de calor, por el incremento en la temperatura, más aún si viene acompañado de alta humedad relativa, resulta en reducción en el peso, la eficiencia reproductiva, problemas de salud animal y mortalidad en casos extremos (Sejian *et al.* 2016); pero además, dichos cambios incidirán negativamente sobre el bienestar de los animales. El cambio climático puede afectar también al ganado en forma indirecta, a través de otros componentes del sistema de producción, como los suelos, forrajes, insectos y parásitos (Thornton y Gerber 2010).

Las lluvias intensas pueden resultar en mayor erosión y lixiviación de suelos, especialmente en aquellos con cobertura pobre, como sucede en potreros degradados. La mayor temperatura contribuirá a una mayor producción de forrajes, pero estos madurarán más rápido, perdiendo su calidad nutritiva; además, las lluvias intensas y erráticas pueden llevar a la pérdida de plantas y eventualmente a la degradación de

pasturas.

El aumento en temperatura asociado al cambio climático va a favorecer la presencia de mosquitos y garrapatas en áreas anteriormente libres o con menor presencia, como las zonas altas de Costa Rica, incrementando el riesgo de incidencia de babesiosis, anaplasmosis y otras enfermedades transmitidas por esos vectores. Por otro lado, los encharcamientos resultantes de las lluvias intensas en terrenos con problemas de drenaje favorecerán la incidencia de parasitosis gastrointestinales y pulmonares. Adicionalmente, como consecuencia del cambio climático, los animales van a enfrentar más de un factor estresante al mismo tiempo -por ejemplo, alta temperatura más baja disponibilidad de alimentos-, y bajo esas circunstancias serán aditivos los impactos negativos sobre la productividad animal y sobre la tolerancia a las enfermedades (Sejian *et al.* 2016).



Los sistemas silvopastoriles incrementan la resiliencia de las fincas ganaderas ante el cambio climático debido a los aportes al suelo y al ganado.

2. ¿Qué son pastos mejorados?

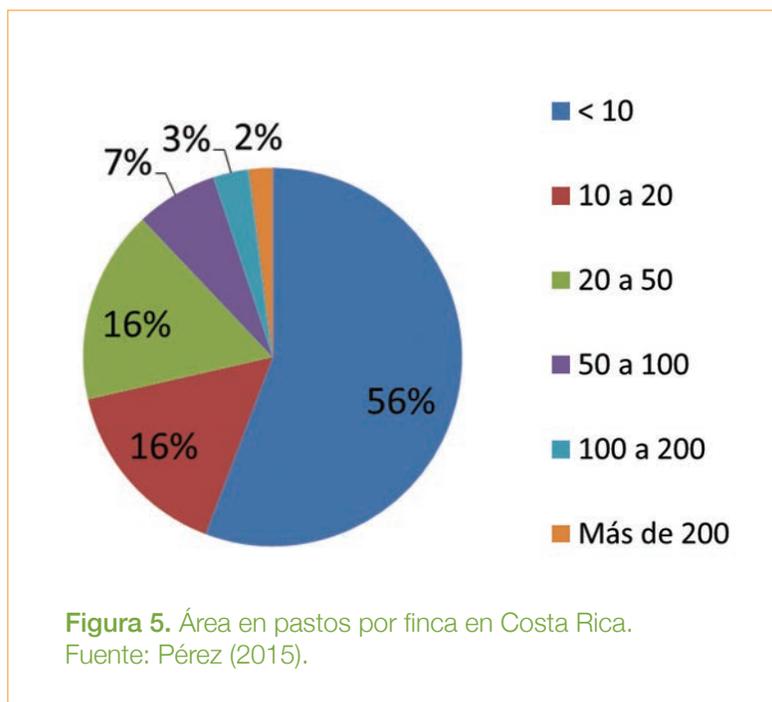
Pese a que Costa Rica es un país tropical relativamente pequeño, presenta una gran diversidad de condiciones agroclimáticas para la ganadería: desde las zonas de altura de clima templado-frío, donde predomina la actividad lechera; las zonas bajas del trópico sub-húmedo con un período de sequía que regularmente se presenta entre noviembre y mayo y el trópico húmedo, donde las restricciones de humedad son muy limitadas o prácticamente inexistentes, predominan las explotaciones de carne y doble propósito, pero en las últimas décadas también ha crecido la actividad lechera. En todas ellas, el pasto es el principal componente de la dieta de los animales.

En el país hay una fuerte dominancia de fincas ganaderas pequeñas y medianas, pues el 56% tienen menos de 10 ha en pastos y el 88% menos de 50 ha (Figura 5). La encuesta ganadera del 2012 (Pérez 2015), contabilizó 45.780 fincas ganaderas (Cuadro 1), de las cuales la mayoría se dedican a la producción de carne (41,1%), seguido de las de doble propósito (38%), mientras que las de lechería especializada son las menos (20,9%). El número de animales y el área en pastos sigue el mismo orden; en cambio la carga animal es más alta en los sistemas de lechería especializada, seguido de los de doble propósito y de carne (2,08, 1,15 y 1,06 animales ha⁻¹, respectivamente).

Cuadro 1. Algunos parámetros sobre el uso de pastos en sistemas de producción bovina en Costa Rica según la encuesta ganadera del 2012

Parámetros	Carne	Doble propósito	Leche	Total
Número de fincas	18.824	17.398	9558	45.780
Población bovina, miles de cabezas	627,8	557,3	390,7	1575,8
Área en pastos, ha finca ⁻¹	31,6	27,7	19,6	27,6
Carga animal, animales ha ⁻¹	1,06	1,15	2,08	1,25

Fuente: Pérez (2015)



En el caso de los sistemas de lechería de altura hay una gran diversidad de gramíneas y leguminosas forrajeras de zona templada que desde hace muchos años se han introducido en el país -y aún en estos días se sigue trayendo nuevas variedades e híbridos-, pero también hay otras originarias de las zonas altas del trópico (p.e. pasto kikuyo, imperial y pasto Guatemala), que se adaptan a esas condiciones y se encuentran en las fincas ganaderas. Sin embargo, hay muchas más opciones para las zonas intermedias y bajas, muchas de las cuales se evaluaron en Costa Rica como parte de los esfuerzos de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), bajo el liderazgo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y con la participación del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), las universidades y el sector productor. En ese esfuerzo se evaluaron más de 450 accesiones de gramíneas y 650 accesiones de leguminosas herbáceas y arbustivas (Argel 1999). Aún se sigue introduciendo nuevo germoplasma, mayormente por el sector privado, especialmente de híbridos de *Brachiaria* spp. para las zonas bajas y de *Lolium* spp. para las zonas de altura, lo cual indica que la oferta de opciones es muy amplia y se requiere de información relevante -idealmente generada localmente- para tomar una decisión de cuál(es) recomendar para una situación determinada.

A menudo ha habido confusión cuando se usa el término **pastos mejorados**, por lo que para propósitos del presente manual se definen como “especies forrajeras -mayormente gramíneas y leguminosas-, que no son nativas pero que están bien adaptadas a las condiciones agroecológicas prevalentes en una finca y que cuando se manejan adecuadamente, muestran una alta producción de biomasa forrajera y una buena calidad nutritiva, y que persisten, de manera que como resultado de todo ello contribuyen a lograr una productividad animal alta, pero además contribuyen a conservar el ambiente”.

Las especies de pastos mejorados pueden presentar diferentes hábitos de crecimiento (Stür y Horne 2001):

En el caso de gramíneas:	En el caso de las leguminosas:
<ul style="list-style-type: none"> • Especies de porte bajo, con crecimiento decumbente, que presentan tallos de crecimiento horizontal (estolones y rizomas), que producen raíces en los entrenudos y de esta forma generan “plantas nuevas” (p.e. <i>Brachiaria humidicola</i>, <i>Brachiaria decumbens</i>, <i>Pennisetum clandestinum</i>, <i>Cynodon nlemfuensis</i>¹). • Especies de crecimiento erecto, que forman macollas, las cuales pueden presentar porte medio (p.e. <i>Paspalum atratum</i>, <i>Lolium multiflorum</i>²) o alto (<i>Andropogon gayanus</i>, <i>Panicum máximum</i>, <i>Pennisetum purpureum</i>³). 	<ul style="list-style-type: none"> • Herbáceas de crecimiento rastrero, con tallos horizontales (estolones o rizomas), y en los entrenudos de estos se producen raíces que darán origen a plantas nuevas (p.e. <i>Arachis pinto</i>). • Herbáceas de crecimiento enredador que generan guías, las cuales se apoyan en otras especies acompañantes en cercas, etc. (p.e. <i>Centrosema macrocarpum</i>, <i>Pueraria phaseoloides</i>⁴). • Herbáceas de crecimiento erecto (p.e. <i>Stylosanthes guianensis</i>, <i>Clitoria ternatea</i>⁵). • Leñosas arbustivas, las cuales tienden a ramificarse desde la base (p.e. <i>Cratylia argentea</i>, <i>Flemingia macrophyla</i>, <i>Cajanus cajan</i>⁶). • Leñosas arbóreas, las cuales tienden a presentar un tallo leñoso el cual se ramifica en algunos casos para formar una copa, o presenta ramas laterales a partir del fuste (p.e. <i>Calliandra calothyrsus</i>, <i>Erythrina</i> spp., <i>Gliricidia sepium</i>⁷).

Cabe anotar que los ejemplos citados son solo ilustrativos, pues dentro de una misma especie se puede encontrar diversidad de morfologías o hábitos de crecimiento entre accesiones o cultivares, e incluso algunas especies pueden modificar su hábito de crecimiento como resultado del manejo al que estén sometidas.

1 Los dos últimos conocidos comúnmente como pastos kikuyo y estrella africana, respectivamente.

2 Conocido con el nombre común de ryegrass italiano

3 Conocidos comúnmente como pasto gamba, guinea y elefante, respectivamente

4 Conocida comúnmente como kudzú tropical

5 Conocida comúnmente como conchita azul

6 Conocida comúnmente como guandul o frijol de palo

7 Las dos últimas conocidas comúnmente en Costa Rica como poró y madero negro

2.1 Contribución de las especies mejoradas para el incremento de la productividad animal

Los pastos mejorados poseen el potencial para presentar niveles más altos de producción de biomasa forrajera que los pastos nativos y, generalmente, con una mejor calidad nutritiva, pero para ello deben encontrar las condiciones agroecológicas y de manejo adecuadas para expresar su potencial de producción de biomasa. Por su mayor rendimiento de biomasa, los pastos mejorados poseen una mayor capacidad de carga animal (i.e., sostienen más animales por hectárea), y cuando poseen mejor calidad nutritiva también resultarán en una mayor producción animal (i.e. kg de leche o de ganancia de peso por animal). Como producto de ambos, resultarán en una mayor productividad animal (i.e., kg de leche o ganancia de peso por hectárea).

2.1.1 Producción de biomasa forrajera. Hay diferencias en el potencial de producción entre las leguminosas y gramíneas; entre estas últimas, las tropicales de clima caliente rinden más forraje que las provenientes de zonas templadas, como son aquellas que crecen en las zonas altas de Costa Rica (p.e. ryegrass anual, perenne e híbrido, avena). Desde el punto de vista fisiológico, las gramíneas tropicales se conocen como plantas C_4 por el tipo de proceso fotosintético que presentan, mientras que todas las leguminosas y las gramíneas de zona templada se conocen como plantas C_3 (Humphreys 1991). Las gramíneas C_4 muestran ventajas importantes en producción de biomasa forrajera cuando se presentan condiciones de alta temperatura, buena disponibilidad y niveles adecuados de fertilidad en el suelo, no sólo porque son más eficientes fotosintéticamente, sino porque además no fotorespiran; mientras que las plantas C_3 tienen una menor eficiencia fotosintética y además fotorespiran (Ehleringer y Cerling 2002). Esto resulta en diferencias importantes en el potencial de producción de forraje (Cuadro 2), y por ende en el número de animales que esas pasturas pueden sostener.

Conociendo lo anterior cabe la pregunta ¿entonces para qué necesitamos a las leguminosas en las pasturas? Básicamente hay dos razones: (a) por el alto contenido de proteína cruda de estas forrajeras (Cuadro 3), lo cual ayuda a mejorar el contenido de nitrógeno en la dieta; y (b) por la capacidad que tienen para fijar nitrógeno atmosférico a través de una relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* que se encuentran en las raíces dentro de los nódulos y luego hacerlo disponible para las gramíneas acompañantes. A pesar de las razones expuestas, no es común el asocio de gramíneas y leguminosas tropicales; en cambio, en el caso de las zonas de altura en Costa Rica es frecuente encontrar el trébol blanco (*Trifolium repens*), casi como una especie nativa, asociada frecuentemente con gramíneas que crecen en esa zona como los ryegrasses (*Lolium* spp.), e incluso con pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum*).

Los rangos de productividad animal (kg ha^{-1}), registrados en diferentes ensayos con pasturas mejoradas de gramíneas solas, fertilizadas y no fertilizadas, y para los asociados de gramíneas con leguminosas se presentan en los Cuadros 4 y 5 para leche y carne, respectivamente.

Cuadro 2. Producción de biomasa (t MS ha⁻¹ año⁻¹) potencial en forrajeras tropicales en función de la fertilidad del suelo

Fertilidad del suelo	Gramíneas		Leguminosas	
	Min	Max	Min	Max
Baja	5	10	2,5	5
Media	10	25	5	7,5
Alta	25	50	7,5	15

Fuente: Stür y Horne (2001)

Cuadro 3. Contenidos de proteína cruda y nitrógeno en gramíneas y leguminosas tropicales

	Gramíneas	Leguminosas
Proteína cruda ⁸ , %	5 – 15	15 – 25
Nitrógeno, %	0,8 – 2,4	2,4 – 4,0

Fuente: Stür y Horne (2001)

Cuadro 4. Potencial productivo de leche en diferentes tipos de pasturas tropicales, bajo diferentes patrones de manejo

Tipo de pastura	Carga (vacas ha ⁻¹)	Producción de leche (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)
Gramínea no fertilizada	0,8 – 1,5	1000 – 2500
Asociación gramínea/leguminosa	1,3 – 2,5	3000 – 8000
Gramínea fertilizada	2,5 – 5,0	4500 – 9500
Gramínea fertilizada e irrigada	6,8 – 8,9	15000 – 22000

Fuente: Pezo et al. (1992)

⁸ % proteína cruda = % N x 6,25

Cuadro 5. Potencial productivo de carne ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) a partir de pastizales naturales y pasturas mejoradas en el trópico bajo

Tipo de pastura	Trópico sub-húmedo	Trópico húmedo
Pastizales naturales		
Sin fertilización	10 – 80	60 – 100
Con leguminosas + fertilización con fósforo	120 - 170	250 – 450
Pasturas mejoradas		
Gramíneas/leguminosas + fertilización con fósforo	200 – 300	300 – 800
Gramíneas fertilizadas	300 – 500	400 – 1800

Fuente: Pezo et al. (1992)

2.1.2 Calidad nutritiva. Para que un pasto se considere como mejorado desde el punto de vista nutricional, debe ser bien aceptado por el ganado (“palatable”), y por lo tanto debe presentar niveles adecuados de consumo, poseer una buena digestibilidad y tener un nivel aceptable de los nutrientes que requieren los animales. En términos generales se acepta que las gramíneas mejoradas que crecen en las zonas altas son de mejor calidad que las tropicales; que independientemente del tipo de especies forrajeras (i.e., gramíneas, leguminosas, otras), la calidad nutritiva tiende a declinar a medida que se incrementa el intervalo de pastoreo o corte; que dicha declinación es más rápida en las gramíneas tropicales (C_4) que en las de zonas templadas (C_3), y que el proceso de maduración se acelera cuando la temperatura es más alta, o cuando se presentan problemas de disponibilidad de humedad en el suelo. En general, las leguminosas tienden a presentar un mayor contenido de proteína cruda, de calcio, fósforo y varios elementos minerales que las gramíneas. Pero no siempre las leguminosas son más digestibles que las gramíneas, pese a presentar menores concentraciones de fracciones fibrosas, y es que varias de las leguminosas presentan metabolitos secundarios como los taninos, los cuales afectan la actividad de los microorganismos responsables de la degradación de la fibra en el rumen. En el Cuadro 6 se ilustran las relaciones generales entre la calidad de pasturas mejoradas y la producción animal.

2.2 ¿Qué cuidados deben tenerse para lograr un mejor aprovechamiento de las pasturas mejoradas?

2.2.1 Asegurar que los animales tengan acceso permanente a los forrajes. Si bien los animales no consumen las 24 horas del día, pues necesitan tiempo para la rumia -la cual puede representar hasta un 50% del tiempo dedicado a consumir- y el descanso, es importante que encuentren forraje disponible a lo largo del día. Si los animales se encierran en corral por algunas horas, es importante que ahí encuentren forraje disponible. Las horas que dedican los animales a consumir forraje está en función de la calidad del forraje en oferta, la disponibilidad de pastos en el potrero y la estructura de la pastura, lo cual va a incidir en la cantidad de forraje que el animal puede consumir en cada bocado. Si las condiciones de la

Cuadro 6. Relaciones entre calidad nutritiva y producción animal en pastos mejorados

Indicador	Pastos maduros	Pastos tiernos	Pastos tiernos + leguminosas ⁹
Calidad nutritiva	Baja	Media	Alta
Digestibilidad	Baja (< 50%)	Moderada a alta (60-65%)	Moderada a alta (60-65%)
Tasa de pasaje	Lenta	Moderada	Rápida
Consumo de MS (% PV)	< 1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 3,5
Producción por animal, kg leche o ganancia de peso	Pobre	Moderada	Alta

pastura y la calidad del forraje disponible son altas, el animal puede dedicar de 6 a 9 horas a pastorear, pero cuando la calidad es pobre, el animal puede dedicar de 10 a 12 horas, y en ese tiempo no es capaz de consumir el forraje que requiere.

2.2.2 Proveer alimentos de buena calidad. Para asegurar que los animales “cosechen” forrajes de buena calidad, se les debe ofrecer forrajes tiernos, los cuales presentan una mayor proporción de hojas y los tallos son todavía suaves; en cambio, cuando se prolongan los períodos de descanso o se pospone el corte, si bien se puede conseguir una mayor cantidad de biomasa, disminuye la calidad nutritiva porque la proporción de hojas se hace menor y éstas, al igual que los tallos, presentan una mayor lignificación, menor contenido de proteína cruda y de nutrientes minerales, menor digestibilidad, mayor tiempo de retención en el tracto y un menor consumo.

2.2.3 Asegurar que los animales tengan oportunidad de ejercer selectividad en el forraje ofrecido. Los herbívoros en general siempre buscan consumir los forrajes más suaves y apetecibles, y muestran preferencia por las hojas sobre los tallos, por el material verde sobre el material senescente. Sin embargo, es sabido que hay diferencias entre ellos en su habilidad para seleccionar, tanto por su capacidad de acceso a diferentes tipos de forrajes o partes de las plantas, como por las estructuras anatómicas asociadas con la aprehensión de forrajes que ellos poseen. Entre los herbívoros domésticos, los caprinos son capaces de cosechar preferentemente hojas, aún en especies que poseen espinas, gracias a la plasticidad de sus labios; los bovinos tienen mayor capacidad de cosechar especies de porte alto y pueden coleccionar una buena proporción de hojas tiernas en cada bocado si tienen acceso a ellas; en cambio los ovinos y equinos tienen mayor ventaja consumiendo especies de hábito cespitoso. En el Cuadro 7 se presentan algunas diferencias en características del alimento en oferta y el consumido por los animales, que ilustran la selectividad que pueden ejercer los animales.

⁹ Siempre y cuando las leguminosas asociadas no presenten niveles altos de taninos.

Cuadro 7. Selectividad en vacas lecheras que defolian pastos tropicales mejorados

Atributo	Calidad promedio del alimento	
	Ofrecido	Consumido
Hojas (%)	25	93
Nitrógeno (%)	1,2	2,5
Digestibilidad (%)	45	65

Fuente: Stür y Horne (2001)

2.2.4 Suplementar los nutrientes deficitarios en el pasto. La suplementación en dietas basadas en forrajes puede cumplir una doble función: i. Proveer los nutrientes requeridos para un buen funcionamiento del ecosistema ruminal; y ii. Proveer los nutrientes que están deficitarios en el pasto y que requiere el animal. El ejemplo más típico del primer caso es el efecto de la suplementación con forrajes proteicos (p.e. leguminosas, follajes arbóreos), cuando la dieta base es de forrajes que tienen menos de 7% de proteína cruda, como son las gramíneas en el período seco, cuando se usan muy tardíamente las gramíneas, o cuando la dieta basal está constituida por residuos fibrosos o cultivos energéticos como la caña de azúcar con niveles de proteína bajos, y en esas condiciones los microorganismos ruminales no logran cubrir sus requerimientos de nitrógeno (1,2% N). En esos casos se ha visto un incremento consistente en la ganancia de peso y la producción de leche con la inclusión de hasta un 30% de leguminosas como suplemento, pues así no sólo se incrementa la digestibilidad, sino también el consumo del forraje base y de la ración total. El segundo caso es la típica respuesta que se observa cuando se usan concentrados como suplemento a animales en pastoreo; sin embargo, en estos casos hay que tener cuidado con el nivel de suplementación, pues el exceso puede resultar en una disminución del consumo del forraje basal, ya sea porque se afecta negativamente la población de bacterias celulolíticas, y por ende el pasto se degrada más lentamente, o porque el suplemento sustituye el consumo de pastos.

2.2.5 Proveer los mejores alimentos a los animales que tienen mayores requerimientos nutricionales. Las vacas lactantes, los animales en engorde y los animales más jóvenes tienen requerimientos más altos de nutrientes que otras categorías de animales, por lo que ellos deben tener acceso preferencial a los forrajes de mayor calidad, como pueden ser los pastos mejorados versus los pastos naturales o residuos de cultivo; por otro lado, si se establece un sistema de pastoreo en línea o “de líderes y seguidoras” esos animales deben ser los primeros en ingresar a los potreros para tener oportunidad de seleccionar las partes de la planta de mayor calidad (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comportamiento ingestivo, composición y calidad nutritiva de la dieta en vacas lactantes manejadas en sistemas de pastoreo en línea usando praderas de *Panicum maximum*

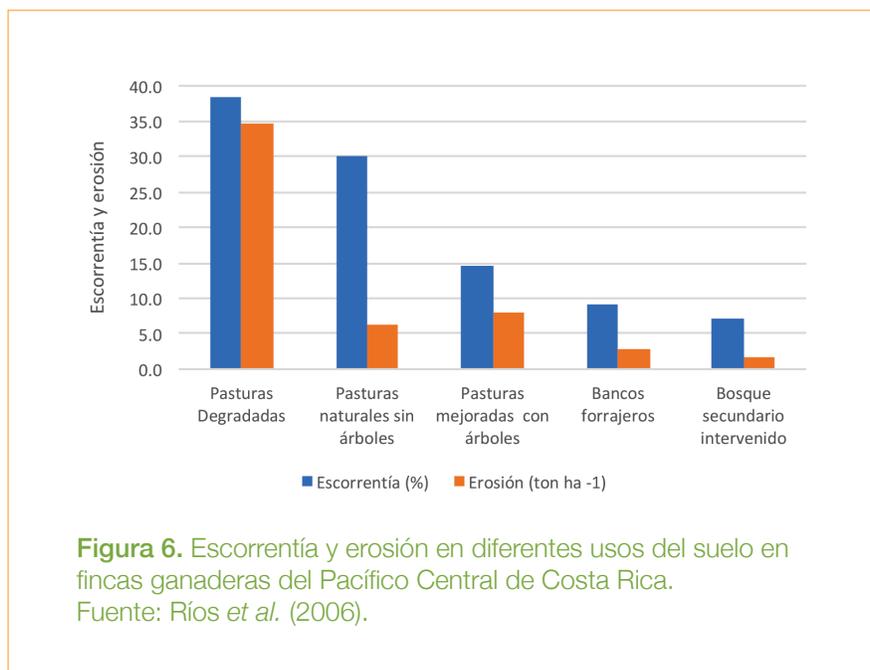
Atributo	Líderes	Seguidoras
Tiempo de pastoreo (min)	599	636
Tamaño de bocado (mg MO)	343	169
Digestibilidad (%)		
Hojas	58,8	55,6
Tallos	52,2	51,1
Composición de la pastura (%)		
Hojas	60	50
Material inerte	13	15
Composición de la dieta (%)		
Hojas	84	68
Material inerte	5	12
Producción de leche¹⁰ (kg día⁻¹)	8,7	6,3

Fuente: Stobbs (1978)

2.3 Otros beneficios provistos por los pastos mejorados

2.3.1 Prevención de la erosión del suelo. Los pastos mejorados de crecimiento rastrero, cuando son bien manejados, proveen una buena cobertura del suelo, y de esa manera ayudan a prevenir la escorrentía superficial y la erosión de los suelos (García *et al.* 2016). En un estudio realizado por Ríos *et al.* (2006), en tres sitios de Costa Rica y Nicaragua, dos ubicados en el trópico sub-húmedo y uno en el trópico húmedo (Figura 6), encontraron que las pasturas degradadas presentaron en promedio la mayor escorrentía superficial (38,4%), la cual fue cinco veces más alta que la del bosque secundario intervenido (7,0%), cuatro veces más que el banco forrajero (9,1%), tres veces más que las pasturas mejoradas con árboles (14,5%) y un tercio mayor que las pasturas naturales sin árboles (30,1%). En cuanto a la erosión hídrica, la pastura degradada perdió veinte veces más suelo (34,7 t ha⁻¹), que el bosque secundario (1,71 t ha⁻¹), doce veces más que el banco forrajero (2,90 t ha⁻¹), cuatro veces más que una pastura mejorada con árboles (8,0 t ha⁻¹) y seis veces más que pasturas naturales sin árboles, pero con buena cobertura del suelo (6,2 t ha⁻¹).

¹⁰ En un estudio similar con pasturas de ryegrass/trébol se obtuvo 19,9 y 16,3 kg vaca⁻¹ día⁻¹ (Archibald *et al.* 1975).



Cuando los pastos mejorados son de crecimiento erecto, en terrenos con pendiente superior al 30%, es importante sembrar intercaladas algunas especies de crecimiento rastrero, para ayudar a reducir la escorrentía y erosión del suelo. Otra opción, en terrenos con altas pendientes, es incorporar como barreras vivas especies de pastos mejorados a ser usados bajo corte, mejor aun cuando se construyen zanjas de infiltración para prevenir la erosión. Esto se ha recomendado no sólo para áreas de uso ganadero, sino que los pastos mejorados pueden reemplazar la recomendación de siembra de vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) o zacate limón (*Cymbopogon citratus*).

2.3.2 Mejoramiento de la fertilidad del suelo. La fijación de nitrógeno atmosférico y su transferencia a gramíneas acompañantes es una contribución importante de las leguminosas en los sistemas ganaderos, pero también lo es en sistemas de cultivos, donde esas leguminosas se pueden intercalar con los cultivos. En el caso de los sistemas de asocio gramíneas-leguminosas, la transferencia de nitrógeno, y el eventual mejoramiento de la fertilidad del suelo, se da por tres mecanismos: i. Liberación de nitrógeno cuando los nódulos presentes en las raíces quedan libres por la mortalidad natural de parte de las raíces luego de una defoliación; ii. Por descomposición de hojas y tallos de leguminosas senescentes; y iii. A través de las heces y orina de animales que pastorean los asociados o por pocas horas en bancos de proteína, o que reciben en el corral leguminosas en sistemas de corte y acarreo.

En cuanto a la cantidad de nitrógeno que puede adicionar al suelo en sistemas de pasturas que incluyen leguminosas, puede variar entre 0 y 160 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Cuadro 8). Otra opción que se ha probado para la recuperación de la fertilidad del suelo en áreas de pasturas degradadas, es el establecimiento de leguminosas de ciclo corto como el caupí (*Vigna unguiculata*), las cuales han registrado adiciones de nitrógeno al suelo de hasta 130 kg ha⁻¹ (Loker *et al.* 1991).

Cuadro 8. Incremento en el contenido de nitrógeno en el suelo ($\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$), en áreas donde crecen leguminosas de zonas templadas y tropicales

Leguminosas zonas templadas	Incremento ($\text{kg N ha}^{-1} \text{año}^{-1}$)	Leguminosas tropicales	Incremento ($\text{kg N ha}^{-1} \text{año}^{-1}$)
<i>Trifolium repens</i>	140 – 160	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	44 – 130
<i>Medicago sativa</i>	107 -112	<i>Desmodium uncinatum</i>	34 – 86
<i>Trifolium subterraneum</i>	45 – 80	<i>Neonotonia wightii</i>	140
<i>Medicago</i> spp. (anual)	10 – 40	<i>Centrosema pubescens</i>	122
		<i>Pueraria phaseoloides</i>	130
		<i>Stylosanthes guianensis</i>	45
		<i>Stylosanthes humilis</i>	0 - 108

Fuente: Vallis (1985).

Las gramíneas mejoradas también pueden contribuir al mejoramiento de la fertilidad, particularmente en suelos muy pobres, pues sus sistemas radiculares fibrosos ayudan a mejorar la estructura del suelo, y cuando las raíces son profundas extraen nutrientes de estratos más profundos del perfil del suelo y contribuyen con materia orgánica mediante la adición de raíces muertas y biomasa aérea senescente (Stür y Horne 2001).

2.3.3 Competencia con malezas. Los pastos mejorados cuando están en condición óptima como producto de un buen manejo, son capaces de competir con ventaja con las malezas, pero esa capacidad se pierde cuando las pasturas se degradan porque los pastos pierden vigor y dejan espacios vacíos para la aparición de las mismas. Por otro lado, en muchos sistemas de plantaciones, los pastos mejorados han sido usados como “coberturas útiles” las cuales cubren el suelo y ayudan a prevenir la erosión, no permiten el desarrollo de malezas y por tanto reducen los costos de mano obra por chapías. Además generan un ingreso adicional por la venta de los productos provenientes de los animales que pastorean la vegetación herbácea en las plantaciones (Pezo e Ibrahim 1999). Si el estrato herbáceo bajo los árboles contiene leguminosas, éstas contribuyen con la fijación de nitrógeno en el sistema.

2.3.4 Contribución a la adaptación al cambio climático. Por muchos años la selección de la especie de pastos a sembrar fue en buena medida determinada por modas y por la limitada disponibilidad de semillas en el mercado, antes que con base en el conocimiento de los atributos que poseen diferentes especies o cultivares de forrajeras para adaptarse a las limitantes bióticas o abióticas que se presentaban en las fincas. En ese sentido, el trabajo desarrollado en Costa Rica por varias instituciones que formaron parte de la Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (RIEPT), que lideró el CIAT, y los esfuerzos de muchos investigadores y productores innovadores, así como los nuevos desarrollos en la industria de semillas de forrajeras tropicales, han permitido que el país esté ahora mejor preparado para enfrentar los retos del cambio climático.

El incremento de la temperatura ambiente va a favorecer el crecimiento de las especies, especialmente en el caso de las gramíneas tropicales (C_4), e incluso se prevé que cada vez éstas encontrarán condiciones para su crecimiento en pisos altitudinales más altos (arriba de los 1800 msnm), donde especies como el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), son ahora dominantes. También, temperaturas más altas van a promover mayor incidencia de plagas, por lo que el germoplasma resistente a plagas tendrá mayor potencial de éxito (White *et al.* 2013). En ese contexto tendrán mayores posibilidades de persistir la *B. brizantha* cv. Marandú, y los híbridos Mulato, Mulato 2 y Caimán, por su resistencia/tolerancia al salivazo o “baba de culebra”. Por otro lado, las lluvias más intensas en períodos cortos acarrearán mayor riesgo de pérdidas de suelos por erosión, por lo que las especies de crecimiento rastrero ayudarán a prevenirla. Esto aplica también al asocio de especies de crecimiento rastrero en potreros o áreas de corte con especies de crecimiento erecto. También las lluvias intensas -en presencia de suelos con drenaje pobre- resultarán en encharcamiento, por lo que para esas condiciones habrá que considerar pastos tales como *B. humidicola*, el híbrido Caimán (Rao *et al.* 2015) y los pastos tanner, alemán y pará, entre otros. Por otro lado, si se acepta que el período de lluvias se está acortando como consecuencia del cambio climático, entonces las forrajeras con sistemas radiculares más profundos que poseen mayor tolerancia a sequía, como es el caso de la *B. brizantha* cv. Marandú y el híbrido Caimán, así como varias leguminosas herbáceas y leñosas, tendrán mayor potencial de adaptación.

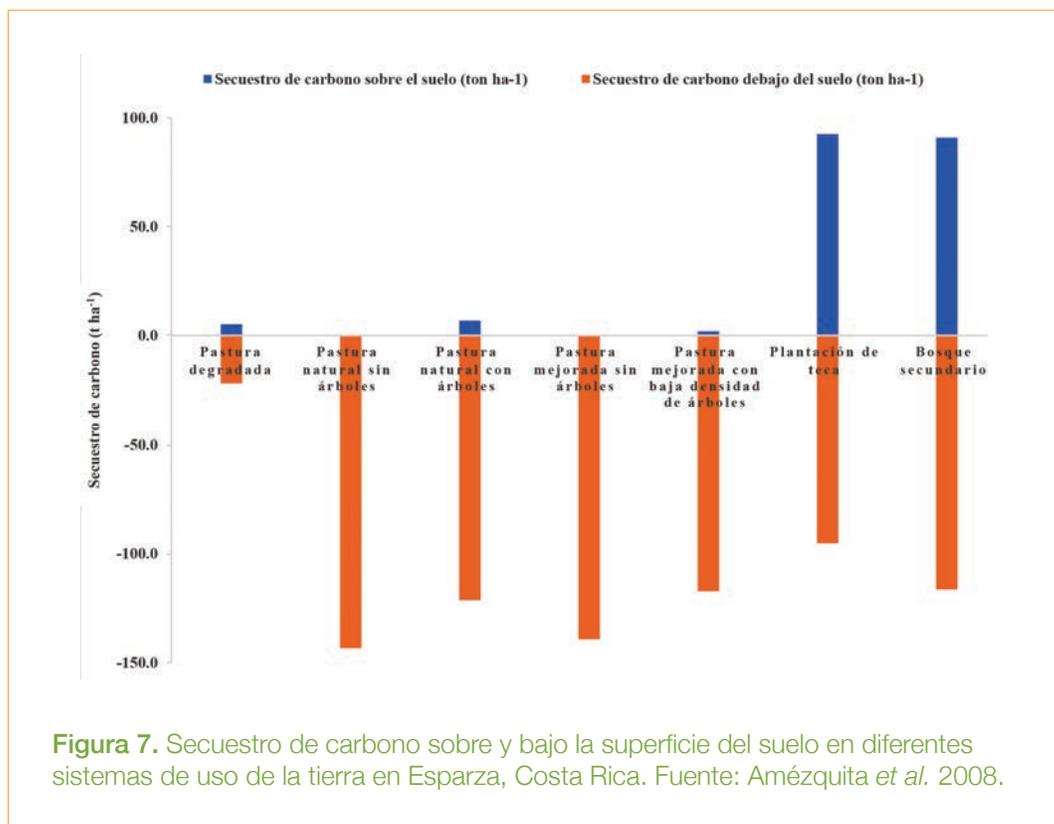
En muchas áreas del mundo con menor disponibilidad de humedad se está observado que el maíz está siendo reemplazado por sorgo, tanto para la producción de grano como para forraje, dado su menor requerimiento de agua (Tambo y Abdoulaye 2012). Así mismo, existen esfuerzos de investigadores para producir variedades de maíz más tolerantes a la sequía. Es muy probable que esa tendencia se haga cada vez más evidente en Costa Rica, en aquellas zonas con períodos secos prolongados.

2.3.5 Contribución a la mitigación del cambio climático. Las forrajeras mejoradas pueden ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de tres mecanismos (Peters *et al.* 2013):

i. Secuestro del CO_2 atmosférico. Las raíces de forrajeras altamente productivas y bien manejadas son excelentes almacenes de C, sólo superadas por las raíces de leñosas propias del bosque húmedo tropical (Figura 7).

ii. Reducción de las emisiones de CH_4 . Forrajes de buena calidad nutritiva (alta digestibilidad, altos contenidos de energía y proteína), emiten una menor cantidad de CH_4 por kilo de producto animal comparado con pastos de menor calidad; además contribuyen a reducir la emisión neta, pues se requerirán menos animales para producir la misma cantidad de leche o de carne. Así mismo, cuando se incluyen leguminosas en las pasturas, ayudan a mejorar la digestibilidad de la dieta y disminuir las emisiones de CH_4 , en especial si las gramíneas acompañantes son de baja calidad nutritiva. Adicionalmente, los taninos condensados presentes en varias leguminosas también pueden contribuir a reducir las emisiones de CH_4 al disminuir la degradación de los forrajes en el rumen (Pezo 2017).

iii. Disminución de las emisiones de N_2O . Algunas especies del género *brachiaria* (*B. humidicola*, *B. decumbens*), producen inhibidores biológicos de la nitrificación (IBN) y de esta manera ayudan a reducir las emisiones de N_2O y a mejorar la eficiencia de uso del N cuando se aplican fertilizantes (Peters *et al.* 2013). Sin embargo, un estudio reciente indica que el efecto de mitigación de los IBN no sería tan alto considerando que se liberaría NH_3 , el cual eventualmente se transformará en N_2O .



3. ¿Cómo decidir qué pastos mejorados son más adecuados para una finca en particular?

Antes de decidir que pastos mejorados sembrar y cómo sembrarlos, el productor debe responder algunas preguntas claves para tomar esa decisión. Castillo (2005), sugirió algunas de las que se citan a continuación:

1. ¿Por qué quiero cambiar las pasturas que tengo actualmente?
 - ¿Obtengo muy poca leche o poca ganancia de peso por animal y por hectárea?
 - ¿Tengo muchos problemas de malezas en mis pasturas?
 - ¿Las pasturas ya presentan poco vigor y hay muchas áreas con suelo desnudo?
 - ¿Tienen mis pastos problemas de plagas o enfermedades que han afectado su rendimiento o que han llevado a que se pierdan muchas plantas?
 - ¿Es el terreno muy quebrado o con mucha pendiente como para ser manejado bajo pastoreo?
 - ¿Será todo esto culpa de la pastura que sembré o es que no le estoy dando el manejo apropiado?
2. ¿Qué especies o variedades de pastos que hay en el mercado son adecuadas para mi finca?
3. ¿Estoy en capacidad de cambiar el manejo del pastoreo o corte (p.e. largo del período de descanso, carga), para asegurar que las nuevas pasturas mantengan una buena producción en el largo plazo?
4. ¿Qué tipo de capacitación o asistencia técnica requiero para obtener provecho del cambio que quiero realizar en las pasturas? ¿Quién me la puede ofrecer? o ¿Dónde puedo conseguir información que me pueda ser de utilidad?
5. ¿Cuánto puede costar el hacer el cambio de las pasturas?
6. ¿Existe financiamiento para sembrar o resembrar las pasturas?
7. ¿Cuánto tiempo debo esperar para usar los potreros en los cuales haré el cambio de las pasturas?

8. ¿Qué opciones tengo para manejar mis animales mientras renuevo o rehabilito las pasturas?
9. ¿Qué beneficios espero con el cambio de las pasturas?
 - ¿En cuánto espero aumentar la producción de leche o ganancia de peso por animal y por hectárea? ¿Existe demanda en el mercado para captar esa mayor producción?
 - ¿En cuánto puede aumentar el ingreso?
 - ¿Serán capaces los nuevos pastos de mejorar/mantener la fertilidad del suelo?
 - ¿Qué beneficios ambientales se pueden lograr con ese cambio? ¿Hay posibilidad de acceder a algún tipo de incentivo por dichos beneficios?
 - ¿En cuánto tiempo podré recuperar la inversión y cómo se ajusta eso a las condiciones de crédito que hay en el mercado?

En las siguientes secciones se discuten algunas de las consideraciones relacionadas con las condiciones agroecológicas y del sistema de producción presentes en una finca determinada que se deben tomar en cuenta para decidir con qué pastos mejorados trabajar. Lo importante es recordar que hay una gran diversidad de especies y variedades de forrajeras en cuanto a su adaptación a condiciones propias del medio en el que se encuentra una finca y del manejo que se practique en ella.

Para aquellos que tienen interés de información específica sobre muchas de las especies de gramíneas y leguminosas de uso potencial en los trópicos medios y bajos de Costa Rica, se recomienda consultar el manual titulado “Especies forrajeras multi-propósito: Opciones para productores del trópico Americano” (Peters *et al.* 2011), disponible en: <http://ciat-library.ciat.cgiar.org:8080/jspui/handle/123456789/7035>. Otra versión digital en español donde se describen muchas de las forrajeras mejoradas se puede encontrar en: <http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/>.

3.1 Temperatura ambiente

Las temperaturas óptimas para que las forrajeras expresen el máximo crecimiento varía con el tipo de especies, es de 22°C para las gramíneas y leguminosas de clima frío, de 30-33°C para las leguminosas tropicales y de 35-39°C para las gramíneas tropicales (Baruch y Fisher 1991).

Varias de las forrajeras de zonas templadas (también conocidas como de clima frío), -que poseen el mecanismo fotosintético de plantas C₃-, se adaptan a las zonas altas del trópico de altura (> 2000 msnm), donde la temperatura media generalmente está por debajo de los 22°C y en las cuales eventualmente se pueden presentar temperaturas por debajo del punto de congelación (0°C) o heladas. Entre ellas se pueden citar los ryegrasses (*Lolium* spp.), tréboles (*Trifolium* spp.), *Vigna* spp., *Festucas* spp., etc. También existen unas pocas especies de uso forrajero que son originarias de las zonas altas del trópico (p.e. pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y pasto imperial (*Axonopus scoparius*)) que se usan en los sistemas de producción ganadera en las zonas altas de Costa Rica. Cabe anotar que hay una gran diversidad de especies forrajeras nativas de los páramos alto-andinos que constituyen los pastizales

naturales en zonas arriba de los 3800 msnm. Estos son la base dietética para la producción de rumiantes en las partes altas de Suramérica, pero las mismas no tienen relevancia en los sistemas de producción animal en Costa Rica.

Para las zonas bajas y medias en Costa Rica (de 0 a 1800 msnm), se trabaja principalmente con gramíneas tropicales -que poseen el mecanismo fotosintético de plantas C_4 -, la mayor parte de ellas de origen africano como son los pastos de los géneros *Brachiaria*, *Panicum*, *Andropogon*, *Hyparhenia*, *Pennisetum*, *Sorghum*, etc.; y en menor grado con algunas leguminosas herbáceas, muchas de las cuales tienen su origen en el trópico americano (p.e. los géneros *Arachis*, *Centrosema*, *Desmodium*), lo mismo que varias de las leguminosas arbustivas y arbóreas (p.e. *Erythrina* spp., *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Cratylia argentea*, *Calliandra calothyrsus*). Todas ellas pertenecientes al grupo fotosintético C_3 .

Algo que debe tenerse presente al momento de seleccionar los pastos mejorados para una finca o zona específica, es que debido al cambio climático la temperatura media se está incrementando, por lo que se espera que cada vez las especies de clima frío irán siendo desplazadas por especies de clima tropical, particularmente en las alturas cercanas a los límites de zona media a alta.

3.2 Precipitación

Si bien el total anual de precipitación puede tener alguna significancia al momento de seleccionar las forrajeras mejoradas con las cuales se quiere trabajar, es mucho más relevante la distribución de la precipitación a lo largo del año (“estacionalidad”). En cuanto al nivel de precipitación anual, existen algunas especies que toleran más los niveles de precipitación menores, lo cual tiene alguna relación con las condiciones prevalentes en las áreas de donde provienen las especies. Por ejemplo, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Hyparhenia rufa*, *Sorghum vulgare* y *Andropogon gayanus*, entre otras, son especies que crecen mejor en zonas con precipitación anual menor a 1000 mm.

En cuanto a la estacionalidad, cuando se tiene un período seco muy prolongado, se deben buscar especies que mantengan hojas verdes por más tiempo luego de terminado el período de lluvias, pues es conocido que los animales muestran preferencia por el follaje verde. Esto generalmente supone especies que tienen sistemas radiculares más profundos (p.e. *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes guianensis* y varias de las leñosas forrajeras), o que poseen algún mecanismo fisiológico para reducir las pérdidas de agua como puede ser el cierre de estomas a niveles más altos de déficit hídrico. Este último mecanismo hace al *Andropogon gayanus*, *Hyparhenia rufa*, *Brachiaria decumbens* y los híbridos de *Brachiaria* como el Mulato, menos sensibles a la sequía que el *Panicum maximum* (Baruch y Fisher 1991). Este atributo va a tomar cada vez mayor relevancia como mecanismo de adaptación al cambio climático, pues se prevé que con mayor frecuencia se va a observar un acortamiento del período de lluvias.

Otro aspecto importante a considerar es que con las lluvias intensas, y con suelos que por naturaleza o como consecuencia de la compactación presentan una menor capacidad para infiltrar el agua de lluvia (drenaje pobre), deben buscarse especies tolerantes al encharcamiento. En ese sentido hay que tener claro si el encharcamiento es de corta duración o es una condición casi permanente. Los pastos *B. humidicola* y el híbrido de *Brachiaria* cv. Caimán toleran el encharcamiento (Rao *et al.* 2015), y si las condiciones de encharcamiento son más prolongadas, deben considerarse especies tales como el pasto

alemán (*Echinochloa polystachia*), tanner (*Bachiaria arrecta*), pará (*Brachiaria mutica*), maní forrajero (*Arachis pintoi*), *Erythrina poeppigiana* y *Centrosema pubescens* (Pezo 2017). En cambio, entre las especies que muestran poca tolerancia al encharcamiento se encuentran la *Brachiaria ruzuziensis*, *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, *Melinis minutiflora*, *Andropogon gayanus*, *Leucaena leucocephala* y *Stylosanthes humilis* (Baruch y Fisher 1991).

3.3 Fertilidad del suelo

Muchos de los pastos mejorados no persisten por mucho tiempo en suelos de baja fertilidad, a menos que se fertilicen adecuadamente. De hecho, la no reposición de los nutrientes extraídos del suelo es una de las principales causas para la degradación de las pasturas. En términos generales las especies de gramíneas más altamente productivas tienen una mayor demanda por suelos con buena fertilidad, y con frecuencia el nitrógeno se convierte en el nutriente más limitante, razón por la que el asocio con leguminosas o la siembra de estas como “barbecho mejorado” previo al establecimiento de una gramínea es una buena estrategia de intensificación. Sin embargo, la deficiencia de nitrógeno no va a ser la única limitante, pues puede haber otros elementos minerales críticos, ya sea por deficiencia o exceso; por lo que es importante conocer la variabilidad que existe entre especies y cultivares de pastos mejorados en cuanto a su tolerancia a esas limitaciones de fertilidad del suelo. Información específica sobre este tema, especialmente para las especies de pastos, producida en Costa Rica por la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), se puede encontrar en Ayarza (1991).

En la decisión también puede ayudar el conocer la adaptación de las especies de pastos mejorados a diferentes condiciones de fertilidad del suelo. En el Cuadro 9 se presenta un listado de especies forrajeras en función de su adaptación a suelos de fertilidad baja y de media-alta.

3.4 Acidez y alcalinidad del suelo

La reacción del suelo, expresada como pH, es un factor determinante en la adaptación de las especies forrajeras. En el Cuadro 10 se listan algunas de las especies más comunes de gramíneas, leguminosas herbáceas y arbustivas leguminosas y no leguminosas en función de su tolerancia a diferentes niveles mínimos de pH. Sin embargo, al momento de seleccionar las especies o cultivares a sembrar, debe considerarse además la tolerancia a niveles altos de saturación de aluminio y de niveles altos de manganeso en el suelo, pues en muchos de los suelos ácidos se presentan estos problemas. En ese sentido, al menos en el trabajo de CIAT/RIEPT, hubo especial atención a la tolerancia del germoplasma a esas restricciones, pues en muchas áreas del trópico donde se practica la ganadería hay dominancia de suelos de los órdenes Ultisoles y Oxisoles, que con frecuencia presentan problemas de altos niveles de saturación de aluminio (Ayarza 1991).

Cuadro 9. Clasificación de especies forrajeras en función de su adaptación a suelos de diferente nivel de fertilidad

Suelos de fertilidad baja	Suelos de fertilidad media a alta
Gramíneas	
<i>Andropogon gayanus</i>	<i>Brachiaria brizantha</i>
<i>Brachiaria decumbens</i>	Híbridos de <i>Brachiaria</i> (Mulato, Caimán)
<i>B. dictyoneura</i>	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
<i>B. humidicola</i>	<i>Digitaria swazilandensis</i>
<i>Melinis minutiflora</i>	<i>Panicum maximum</i>
<i>Hyparhenia rufa</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>
<i>Paspalum notatum</i>	<i>P. clandestinum</i>
<i>Tripsacum laxum</i>	<i>Lolium perenne</i>
	<i>L. multiflorum</i>
	<i>Lolium hybridum</i>
	<i>Avena sativa</i>
Leguminosas herbáceas	
<i>Centrosema</i> spp.	<i>Arachis pintoi</i>
<i>Calopogonium muconoides</i>	<i>Pueraria phaseoloides</i>
<i>Clitoria ternatea</i>	<i>Trifolium repens</i>
<i>Desmodium</i> spp.	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Lablab purpureus</i>	
<i>Stylosanthes guianensis</i>	
<i>Vigna radiata</i>	
<i>Vigna unguiculata</i>	
Leguminosas arbustivas	
<i>Cajanus cajan</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
<i>Calliandra calothyrsus</i>	
<i>Cratylia argentea</i>	
<i>Flemingia macrophylla</i>	
<i>Gliricidia sepium</i>	
Arbustivas no-leguminosas	
<i>Tithonia diversifolia</i>	
<i>Trichantera gigantea</i>	

Fuente: adaptado de Peters et al. (2011)

Cuadro 10. Clasificación de especies forrajeras en función de su adaptación a suelos con diferentes niveles mínimos de pH

pH 3,5 – 4,0	pH 4,1 – 5,0	pH 5,1 – 6,0	pH > 6,1
Gramíneas			
<i>Andropogon gayanus</i>	<i>Axonopus scoparius</i>	<i>Chloris gayana</i>	<i>Lolium perenne</i>
<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Brachiaria mutica</i>	<i>Digitaria swazilandensis</i>	<i>Lolium multiflorum</i>
<i>B. decumbens</i>	<i>Cynodon plectostachyus</i>	<i>Setaria sphacelata</i>	
<i>B. arrecta</i>	<i>Panicum maximum</i>	<i>Saccharum officinarum</i>	
<i>Echinochloa polystachia</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Lolium hybridum</i>	
<i>Ischaemun indicum</i>			
<i>Melinis minutiflora</i>			
<i>Paspalum notatum</i>			
<i>Paspalum atratum</i>			
<i>Tripsacum laxum</i>			
Leguminosas herbáceas			
<i>Arachis pintoi</i>	<i>Calopogonium muconoides</i>	<i>Mucuna pruriens</i>	<i>Medicago sativa</i>
<i>Centrosema brasilianum</i>	<i>Centrosema brasilianum</i>	<i>Trifolium repens</i>	
<i>Pueraria phaseoloides</i>	<i>C. macrocarpum</i>	<i>Trifolium pratense</i>	
<i>Stylosanthes guianensis</i>	<i>Clitoria ternatea</i>	<i>Vicia sativa</i>	
<i>Vigna unguiculata</i>	<i>Lablab purpureus</i>		
	<i>Vigna radiata</i>		
Arbustivas			
<i>Cratylia argentea</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Leucaena diversifolia</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
<i>Flemingia macrophyla</i>		<i>Cajanus cajan</i>	<i>Morus alba</i>

Adaptado de Peters et al. (2011)

La selección de especies o accesiones tolerantes a niveles altos de saturación de aluminio tiene implicaciones importantes en el manejo de las enmiendas en el suelo, pues mientras que las especies no tolerantes requieren de aplicaciones muy altas de cal para contrarrestar el efecto detrimental del exceso de aluminio, en las especies tolerantes, en cambio, las aplicaciones se reducen sólo a niveles tales que aseguren la provisión de calcio y magnesio como nutrientes, lo cual se consigue muchas veces con no más de 500 kg de cal dolomítica por hectárea. Bajo condiciones de muy altos niveles de saturación de aluminio, Ayarza (1991), observó que se comportaron bien la *Brachiaria humidicola*, *B. decumbens*, *Andropogon gayanus*, *B. brizantha*, *Stylosanthes capitata* y *Desmodium ovalifolium*; en cambio, el pasto guinea (*Panicum maximum*), pasto ruzi (*B. ruziense*), pasto tanner (*B. arrecta*), pará (*B. mutica*) y pangola (*Digitaria decumbens*) se vieron fuertemente afectados. Argel y Pizarro (1992) también observaron que el *Arachis pintoi* crecía bien en suelos ácidos con altos niveles de saturación de aluminio (ca. 70%), como en el caso de la región Brunca en Costa Rica.

3.5 Características físicas del suelo

La textura y densidad aparente del suelo no sólo afectan la retención de humedad en el suelo, llegando a los extremos de encharcamiento, sino también la resistencia a la penetración de las raíces y el desarrollo radicular (Ara 1991); esto último afecta la capacidad para explorar estratos inferiores del perfil del suelo para absorción de nutrientes. En términos generales, los suelos arcillosos o pesados tienden a retener por más tiempo la humedad que los suelos arenosos o ligeros, por lo que lo discutido en la sección 4.2, sobre la respuesta diferencial de las especies al encharcamiento aplica a esta sección.

3.6 Topografía del terreno

La pendiente es un criterio a considerar no sólo en la selección de las áreas donde establecer pastos, sino también en el tipo de especies y método de siembra a aplicar. Se ha sugerido que en pendientes superiores al 60% no deberían establecer pastos, sino que terrenos con esta pendiente o mayores deberían permanecer como bosques o permitir la regeneración natural de los mismos (Rivera-Céspedes *et al.* 2016). En esas pendientes hay fuertes pérdidas de suelos y de materia orgánica por erosión, si no hay una buena cobertura vegetal del suelo. Para prevenir estos problemas, en primera instancia se sugiere el uso de prácticas agrícolas de conservación como el no-laboreo o la labranza mínima, el uso de abonos verdes, establecimiento de barreras vivas con leñosas forrajeras, pastos de corte o aquellos de crecimiento rastrero, la eliminación de las quemadas y la implementación de cualquier otra práctica que ayude a prevenir la erosión y a optimizar la captura e infiltración de agua (Pezo 2017).

3.7 Habilidad competitiva de las especies

La habilidad para competir es una característica deseable en las especies forrajeras, no sólo para tolerar condiciones de alta presión por plantas invasoras (Aguilar y Nieuwenhuyse 2009), sino también para asociarse con otras especies, como es el caso de la mezcla de gramíneas/leguminosas. En ese sentido, la morfología de las plantas es determinante; así especies de crecimiento voluble pueden enredarse en otras de crecimiento erecto o más agresivas y, de esa manera pueden tener acceso a la luz. También las

especies de crecimiento rastrero que producen estolones o rizomas son capaces de invadir territorio de otras especies y dar buena cobertura al suelo. Un ejemplo del buen uso de este atributo es la siembra del maní forrajero (*Arachis pinto*) en franjas, para la rehabilitación de potreros degradados (Hurtado *et al.* 1988). Es claro que el manejo de las pasturas debe estar orientado a que las especies deseables manifiesten esa habilidad competitiva y de esa manera permitan mejorar su contribución a la productividad de la pastura.

3.8 Tolerancia a sombra

La tolerancia a la sombra es un atributo fundamental cuando se seleccionan especies para los sistemas silvopastoriles en los que los pastos crecen en asocio con los árboles, como es el caso de las plantaciones forestales y de frutales, e incluso en los sistemas de árboles dispersos. En las plantaciones, la siembra de especies forrajeras como cultivos de cobertura es para controlar malezas que compiten con los árboles particularmente en los estadios juveniles, aportar al suelo nutrientes como el nitrógeno si se trata de leguminosas fijadora de nitrógeno, cubrir el suelo para prevenir pérdidas por erosión -especialmente en terrenos de pendiente-, pero además el producir forrajes de calidad para la alimentación de animales que pastorean en esos sistemas o que son alimentados en corral con forrajes cosechados en las plantaciones. Para que todo eso suceda es necesario contar con especies forrajeras que toleren la sombra (Pezo e Ibrahim 1999). En el Cuadro 11 se presenta un listado de gramíneas, leguminosas herbáceas y de algunas forrajeras arbustivas que han mostrado adaptación a condiciones de sombra (Peters *et al.* 2013).

Cuadro 11. Especies forrajeras que han mostrado tolerancia a la sombra

Gramíneas	Leguminosas herbáceas	Arbustivas
<i>Axonopus scoparius</i>	<i>Arachis pinto</i>	<i>Aeschynomene americana</i>
<i>Brachiaria arrecta</i>	<i>Calopogonium muconoides</i>	<i>Cajanus cajan</i>
<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Centrosema macrocarpum</i>	<i>Flemingia macrophylla</i>
<i>Brachiaria dictyoneura</i>	<i>Centrosema pubescens</i>	<i>Trichantera gigantea</i>
Híbridos de <i>Brachiaria</i>	<i>Clitoria ternatea</i>	
<i>Brachiaria humidicola</i>	<i>Desmodium heterocarpum</i>	
<i>Brachiaria mutica</i>	<i>Lablab purpureus</i>	
<i>Brachiaria</i> spp. (híbridos)	<i>Mucuna pruriens</i>	
<i>Panicum maximum</i>	<i>Pueraria phaseoloides</i>	
<i>Paspalum atratum</i>	<i>Vigna radiata</i>	
<i>Paspalum notatum</i>	<i>Vigna unguiculata</i>	
<i>Pennisetum clandestinum</i>		
<i>Setaria sphacelata</i>		

Fuente: Peters *et al.* (2011)

3.9 Plagas y enfermedades en forrajeras

Una de las plagas más comunes que ataca a varias de las gramíneas tropicales es el “salivazo” o “baba de culebra”, causado por diferentes insectos de la subfamilia Cercopidae del orden Hemiptera, los cuales causan daños severos en las pasturas y pérdidas económicas importantes. Holman y Peck (2002), estimaron que infestaciones consideradas como bajas, medias y altas podían producir reducciones de 1-8, 8-34 y 38-54% en la carga animal y productividad de leche y carne, respectivamente. Es posible controlar los ataques de este grupo de insectos a través del manejo, pero también se ha visto que algunos cultivares de *Brachiaria brizantha* como el Marandú, e híbridos de *Brachiaria* como los Mulatos y el Caimán, son resistentes a esta plaga (Argel *et al.* 2007; Rao *et al.* 2015), por lo que existe la opción de usar semillas de aquellas gramíneas que son altamente tolerantes, o mejor aún resistentes a la plaga, para evitar los problemas asociados con su control.

En el caso de *Lolium perenne* es común la presencia de roya de la corona causada por el hongo *Puccinia coronata*; por ello ha habido esfuerzos de mejoramiento genético para la producción de variedades resistentes (Muyllé *et al.* 2005). Esfuerzos similares se han dado en ryegrass italiano (*L. multiflorum*) y en los híbridos. Así, cuando se buscan pastos de altura debe tomarse en cuenta la susceptibilidad de estos a roya. En este sentido, Sánchez (2017) evaluó varios cultivares de *Lolium perenne* y *L. multiflorum* en Poasito de Alajuela y observó que las variedades BG-24, Balextra, Jumbo y Green Spirit, presentaban menor incidencia de roya que Meadow Green y Conquistador, y que el problema era mayor en los pisos altitudinales más bajos.

3.10 Orientación e intensidad del sistema producción animal

Las especies de forrajeras mejoradas pueden ser usadas indistintamente para sistemas de producción de carne y de leche; sin embargo, hay que recordar que los sistemas de producción de vacas lactantes y de novillos de engorde presentan una eficiencia biológica y económica mayor que los sistemas de cría; por tanto, pueden pagar una mayor intensidad en el uso de insumos, pero también en el tipo de manejo que se les da a las pasturas. Los pastos mejorados, cuando están bien manejados, contribuyen a reducir las emisiones de GEI debido a su mejor calidad nutritiva especialmente si se usan intensivamente y en etapas tempranas de rebrote, pero además poseen una mayor capacidad para el secuestro de carbono en sus sistemas radiculares profusos (Peters *et al.* 2013). Pero si esas especies son sometidas a un manejo más extensivo, no presentan diferencias en productividad comparadas con los pastos naturales y naturalizados (Ospina *et al.* 2012), y más bien las pasturas mejoradas tenderán a degradarse.

3.11 Forma de uso de los forrajes mejorados

Los pastos mejorados pueden usarse directamente bajo pastoreo, o pueden ser cortados para ofrecerlos en fresco, o conservados como ensilaje o heno. Si bien casi cualquier especie puede manejarse en cualquier forma de uso, lo cierto es que hay especies que toleran mejor el pastoreo, mientras que otras es preferible usarlas bajo corte. Quizás uno de los ejemplos más típicos es el caso del pasto elefante, donde la mayoría de cultivares están prácticamente diseñados para su uso bajo corte, pero hay unos pocos que han mostrado buen comportamiento bajo pastoreo controlado (p.e. pasto elefante enano Mott y el CT

115 desarrollado por el ICA de Cuba). En el Cuadro 12 se presenta una lista de gramíneas y en el 13 de leguminosas herbáceas y arbustivas (leguminosas y no leguminosas), en función de su adaptación al uso bajo corte, heno o ensilaje.

Cuadro 12. Formas de uso de gramíneas forrajeras

Especies	Pastoreo	Corte y acarreo	Heno	Ensilaje
<i>Andropogon gayanus</i>	++			
<i>Avena sativa</i>		+++		+++
<i>Axonopus scoparius</i>		++	+	+
<i>Brachiaria arrecta</i>	+++			
<i>B. brizantha</i>	+++	++	+	
<i>B. decumbens</i>	+++		+	
<i>B. dictyoneura</i>	+++			
<i>B. humidicola</i>	+++			
<i>B. híbrida</i>	+++	++	++	++
<i>B. mutica</i>	+++	+		
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	+++	++	++	++
<i>Dichantium aristatum</i>	+++		++	
<i>Digitaria swazilandensis</i>	++		+	
<i>Echinochloa polystachia</i>	++			
<i>Hermathria altissima</i>	++		+	+
<i>Hyparhenia rufa</i>	++			
<i>Lolium multiflorum</i>	+++			+
<i>Lolium perenne</i>	+++			+
<i>Panicum máximum</i>	+++	+	+	+
<i>Paspalum atratum</i>	+++			
<i>Pennisetum purpureum</i> (var. <i>Enano</i> , CT 115)	+++			+
<i>P. hybridum</i> (var. <i>King grass</i>)		+++		+
<i>P. clandestinum</i>	+++	+++		
<i>Tripsacum laxum</i>	+	++		

Fuente: adaptado de Peters *et al.* (2011).

Cuadro 13. Formas de uso forrajero de leguminosas herbáceas y arbustivas y otras leñosas

Especies	Pastoreo	Corte y acarreo	Heno	Ensilaje
Leguminosas herbáceas				
<i>Arachis pintoi</i>	+++			
<i>Centrosema brasilianum</i>	++			
<i>C. macrocarpum</i>	++	+		
<i>C. pubescens</i>	++	+	+	+
<i>Clitoria ternatea</i>	++	+	+	+
<i>Lablab purpureus</i>	+	+++	+++	+++
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	++	+	+	
<i>Medicago sativa</i>	+	+++	+++	
<i>Pueraria phaseoloides</i>	++	+		
<i>Stylosanthes guianensis</i>	+	+	+	
<i>Trifolium pratense</i>	+++			
<i>T. repens</i>	+++		+	
<i>Vigna radiata</i>		++	+	+
<i>V. unguiculata</i>		+++	+++	+++
Leguminosas arbustivas				
<i>Cajanus cajan</i>	+	+++	+	+
<i>Calliandra calothyrsus</i>		+++		
<i>Cratylia argentea</i>	++	+++	+++	+++
<i>Erythrina spp.</i>	+	+++		++
<i>Flemingia macrophyla</i>		+++		
<i>Gliricidia sepium</i>		+++		++
<i>Leucaena diversifolia</i>		+++	++	
<i>L. leucocephala</i>	++	+++	++	++
Otras leñosas				
<i>Morus alba</i>	+++		++	++
<i>Tithonia diversifolia</i>	++			
<i>Trichantera gigantea</i>	++			

Fuente: adaptado de Peters *et al.* (2011).



4. Sistemas de uso de la tierra que incorporan pastos mejorados

Las especies forrajeras se consideran multi-propósito porque pueden ser usadas en muchas formas de uso de la tierra, más allá de las tradicionales áreas de pastoreo y de “corte y acarreo”. Estas pueden ser parte de cercas vivas, barreras vivas, barbechos mejorados, cultivos de cobertura en siembras de especies anuales y en plantaciones de especies perennes, así como coberturas para el control de erosión (Stür y Horne 2001). La diversidad de pastos mejorados existente permite identificar diferentes especies para cada propósito específico.

4.1 Bancos forrajeros

Los bancos forrajeros son plantaciones compactas de forrajeras, que regularmente ocupan parcelas pequeñas con especies forrajeras de alto rendimiento, las cuales se establecen preferentemente cerca de corrales de manejo u ordeño para facilitar su uso estratégico directo bajo pastoreo, o bajo un esquema de “corte y acarreo”, en el cual el forraje es cosechado y transportado a los sitios de alimentación, donde normalmente se ofrecen picados para que los animales hagan un uso más eficiente del forraje ofrecido, pues si se ofrecen enteros los animales consumirán sólo las hojas y dejarán los tallos (Pezo e Ibrahim 1999). El tener los bancos forrajeros cerca de los corrales o las salas de ordeño, además facilita la distribución de las excretas colectadas y su retorno a las áreas de pasto de corte, reduciendo así la dependencia de fertilizantes inorgánicos.

Los forrajes de corte son usados como alimentos de volumen cuando se presenta escasez de forraje, o para complementar el forraje cosechado directamente durante el pastoreo en el caso de vacas lactantes altas productoras, o cuando los animales no pueden dejarse en el potrero las 24 horas del día. Cuando se trata de leñosas usadas bajo corte, sean estas arbustivas leguminosas o no-leguminosas, sirven para proveer nitrógeno suplementario a gramíneas frescas o conservadas, así como cuando la dieta basal está constituida por residuos fibrosos. También, los forrajes de corte pueden ser la fuente de forraje de animales enfermos que no pueden pastorear, o cuando los animales se manejan en estabulación.

Para los sistemas de corte y acarreo se prefiere especies de porte alto, fáciles de cosechar, que rebroten rápido, que persistan bajo corte y que respondan a la fertilización. Algunos ejemplos de gramíneas y leguminosas mejoradas usadas bajo corte se presentan en los Cuadro 12 y 13 respectivamente. Entre estos destacan gramíneas tales como los híbridos de pasto elefante, el sorgo, el maíz forrajero y la avena; mientras que entre las leguminosas están leucaena, madero negro, poró y *Cratylia argentea*; y la morera y *Trichantera gigantea* entre las no leguminosas. Un punto importante que considerar cuando se usan forrajeras para corte y acarreo es que éstas hacen una fuerte extracción de nutrientes del suelo, por lo que su rendimiento tiende a declinar rápidamente si es que no se incluye la fertilización como parte de su manejo.



El pasto elefante, una especie muy utilizada en bancos forrajeros para sistemas de “corte y acarreo”.

4.2 Sistemas de pastoreo

El pastoreo es la forma más frecuente de uso de los pastos, sean estos naturales, naturalizados o mejorados. Con frecuencia es la opción cuando la mano de obra es escasa. Para estos sistemas se prefieren gramíneas y leguminosas estoloníferas o rizomatosas, así como varias gramíneas macolladoras, pero todas deben ser capaces de tolerar el pastoreo intenso y competir con las malezas. Las gramíneas pueden crecer solas o en asocio con leguminosas, pero en el caso de la asociación gramínea-leguminosa hay que tener particular cuidado con su manejo de manera tal que ayude a prevenir la pérdida de las leguminosas. Hay muchas especies de gramíneas y leguminosas que se usan en sistemas de pastoreo, tales como las *Brachiarias*, *Cynodon*, *Panicum* y *Lolium* entre las gramíneas (Cuadro 12), y el *Arachis pinto*, los tréboles, así como varias especies de *Centrosema* y *Desmodium* entre las leguminosas (Cuadro 13).



Pasturas mejoradas usadas en sistemas de pastoreo intensivo.

4.3 Cercas vivas

Las cercas vivas son líneas de plantas forrajeras o no forrajeras que demarcan los límites de los potreros, las áreas de cultivo y las fincas (Pezo e Ibrahim 1999). Estas ayudan en el manejo de los animales, previenen el ingreso de animales ajenos a la finca, pero también pueden ser fuente de forraje proveniente de podas. Con frecuencia se usan leñosas forrajeras (p.e. *Erythrina* spp., *Gliricidia sepium*), frutales como el jocote (*Spondias mombin*), cactáceas (*Opuntia* spp.), pero también se pueden incorporar especies maderables como teca (*Tectona grandis*) o *Cordia alliodora*; sin embargo, en algunas ocasiones también se usan plantas herbáceas de porte alto como el pasto elefante.

Cuando se usan leguminosas arbustivas sembradas a partir de arbolitos provenientes de vivero hay que protegerlas del daño de los animales por lo menos por un año mientras estas se establecen. El tiempo de espera es bastante menor si se establecen a partir de estacas de casi 2 m de alto; los productores mayormente las prefieren, pues se requiere de menos cuidado luego de establecidas. Muchas de las especies usadas en cercas vivas no solo brindan el servicio de delimitar potreros o áreas de cultivo, sino que además pueden proveer de follaje o frutos para la alimentación animal, leña y sombra para los animales.



Leñosas forrajeras establecidas en cercas vivas, cuando se podan pueden utilizarse para alimentar el ganado.

4.4 Barreras vivas

El propósito de las barreras vivas es el de prevenir las pérdidas de suelo por erosión en terrenos con pendiente pronunciada. Con alguna frecuencia se han usado especies como el vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y el zacate limón (*Cymbopogon* spp.) en el establecimiento de barreras, pero es perfectamente factible la incorporación de forrajeras de corte en las barreras (p.e. pasto elefante, *Leucaena leucocephala*, *Paspalum atratum*), de manera que no sólo previenen deslizamientos o pérdidas de suelo por erosión, sino que además pueden proveer de forraje de “corte y acarreo” para períodos críticos; en el caso de leguminosas, el follaje también se puede usar como abono verde.

Cuando se seleccionan especies forrajeras para las barreras vivas, se debe buscar especies que no tiendan a ir más allá de la barrera, pues invadirían áreas y competirían con los cultivos que crecen entre las mismas; deben formar una especie de barrera semi-permeable que previene o reduce la escorrentía y la erosión; que sean de vida larga y que no compitan con los cultivos acompañantes.

Los forrajes sembrados en las barreras deben cosecharse frecuentemente durante el periodo de crecimiento para prevenir la competencia con los cultivos acompañantes; se les debe dar mantenimiento para asegurar que cumplen efectivamente el papel de barrera. Esta demanda de mano de obra ha sido citada con frecuencia por los productores como la razón para no adoptar esta tecnología. Cuando se usan leñosas forrajeras, frecuentemente no son muy efectivas en controlar erosión, pero ese efecto se logra cuando se siembran en hilera doble, cuando se hacen cortes frecuentes que promueven la producción de múltiples tallos, se siembran a espaciamiento muy corto (p.e. 10-20 cm entre plantas), y cuando se ponen ramas a lo largo de la barrera viva.



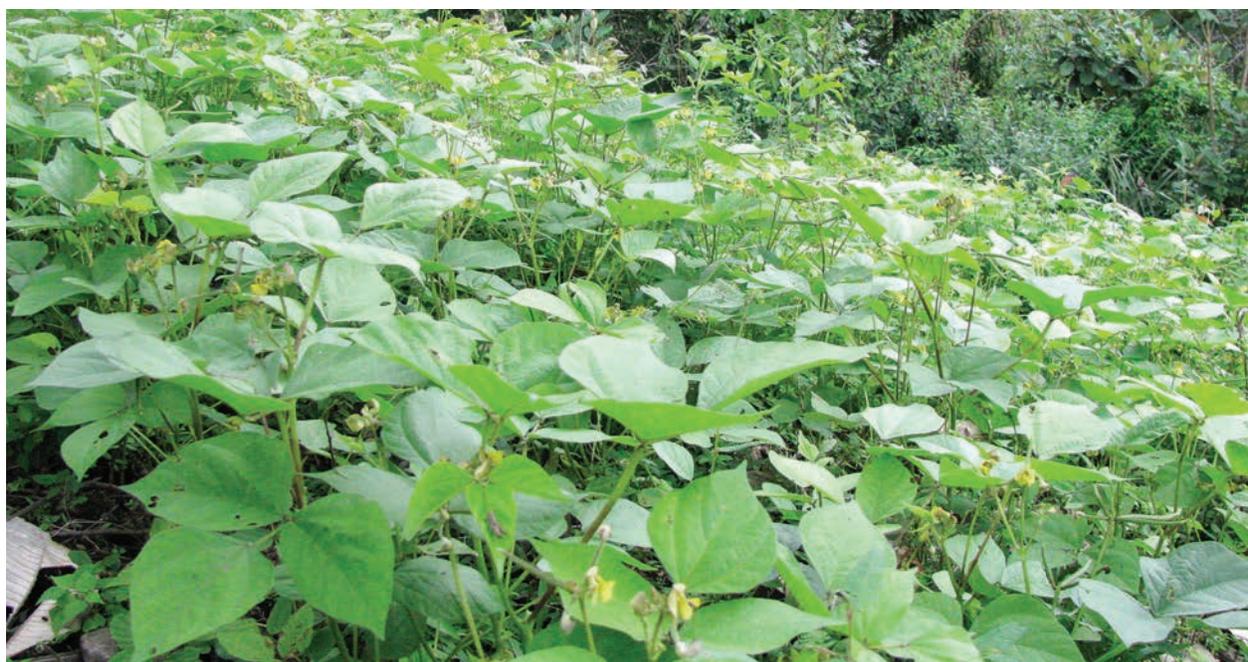
Las barreras vivas con especies forrajeras contribuyen con la conservación de suelos y en la alimentación del ganado en épocas críticas.

4.5 Barbechos mejorados

Los “barbechos mejorados” se refieren a leguminosas sembradas en terrenos que estuvieron en cultivos y que se dejan en descanso antes de establecer un nuevo ciclo del mismo. Con frecuencia las leguminosas se siembran cuando todavía está el cultivo y preferentemente se ha hecho un control de malezas, pero esto no puede hacerse demasiado temprano porque la leguminosa podría competir con el cultivo existente.

Esta práctica se usa cuando la fertilidad del suelo en el terreno de cultivo declina, y por ende la productividad del cultivo; también es una ayuda para controlar malezas en terrenos que estuvieron bajo cultivos y pueden proveer de forrajes para períodos de escasez; en algunos casos se ha usado incluso para la siembra de leguminosas forrajeras para la producción de harina de hojas, como el caso de *Stylosanthes guyanensis*. Otra especie que se ha utilizado con éxito es la *Vigna unguiculata* que es de muy rápido crecimiento, con un ciclo de crecimiento no mayor de 3,5 meses y con gran capacidad para fijar y aportar nitrógeno al suelo (Loker *et al.* 1991).

Para este tipo de sistema se usan leguminosas vigorosas capaces de competir con ventaja sobre las malezas y que son fáciles de controlar, de manera que no afecten al cultivo que se siembre en el nuevo ciclo. Si se establecen forrajeras de preferencia debe prevenirse el ingreso de animales o hacerlo de manera controlada. Las forrajeras en los barbechos mejorados no sólo ayudan a mejorar la fertilidad, sino que además hacen más fácil la preparación del suelo para el siguiente cultivo pues lo mantienen bien cubierto y “suave”.



Mucuna pruriens, especie de leguminosa usada como barbecho mejorado.

4. 6 Coberturas en sistemas de cultivos anuales

Los cultivos de cobertura en sistemas de cultivos anuales son leguminosas que se usan como un estrato por debajo del cultivo de grano o tubérculo. Estos se cortan frecuentemente durante la fase del cultivo y después de su cosecha quedan las leguminosas para proteger el suelo. Las coberturas con leguminosa forrajeras se usan para controlar malezas, ayudar en la mejora de la fertilidad del suelo y del control de erosión; el forraje producido puede ser usado para alimentar animales en períodos de escasez. Para este sistema se prefieren leguminosas vigorosas, que toleran cortes frecuentes y que son de fácil manejo para controlar la competencia con los cultivos anuales. Entre las especies que se han usado para este fin están la *Centrosema pubescens* y *Stylosanthes guianensis*. En muchos casos la demanda de mano de obra para su manejo ha sido una limitante fuerte para su adopción (Stür y Horne 2001).



Las leguminosas herbáceas se asocian con maíz para mejorar la calidad del forraje producido y enriquecer el suelo.

4.7 Coberturas en plantaciones

El establecimiento de forrajeras entre hileras de leñosas manejadas en el sistema de plantaciones, especialmente en las primeras etapas de crecimiento de la leñosa, es una forma de aprovechar el espacio y la energía lumínica que llega al suelo, y a la vez de diversificar la producción (Pezo e Ibrahim 1999). Está claro que para la selección de las especies a sembrar como cobertura en sistemas de plantaciones de leñosas se deben buscar especies forrajeras tolerantes a la sombra como las listadas en el Cuadro 11.

Cuando se incorporan leguminosas como coberturas útiles en plantaciones, éstas tienen varios propósitos, como es el prevenir la invasión de malezas que puedan interferir con el crecimiento de las leñosas en los estadios jóvenes, controlar la erosión y además fijar y transferir nitrógeno. Por otro lado, la introducción de animales para que las pastoreen ayuda a reducir la competencia de la vegetación herbácea sobre las leñosas jóvenes, a reducir materiales potencialmente inflamables que afectarían la plantación y, eventualmente, la venta de animales que pastorean o consumen el forraje de cobertura debe resultar en un incremento en la eficiencia económica del sistema.



Las gramíneas y leguminosas se usan como coberturas útiles en sistemas de plantaciones de frutales o madera.

4.8 Coberturas para control de erosión

Las forrajeras usadas como cobertura para el control de la erosión son especies de leguminosas y gramíneas sembradas en terrenos de pendiente, las cuales no sólo ayudan a proteger el suelo, sino que además pueden proveer forraje para los animales (Stür y Horne 2001), pero de preferencia bajo sistemas de corte, pues la introducción de animales en esas pendientes puede ocasionar problemas de pérdida de suelo (Blanco y Nieuwenhuysse 2011). Para estos sistemas se prefieren especies de crecimiento rastrero, estolonífero, y que presentan una buena cobertura del suelo como el maní forrajero (*Arachis pinto*).



Morera asociada con maní forrajero en áreas de pendiente, una opción para la protección del suelo y producción de forraje.



5. ¿Qué prácticas de manejo debemos considerar para asegurar un buen establecimiento de pastos mejorados?

La siembra de pastos es una práctica sencilla; sin embargo con frecuencia se cometen errores porque muchos ganaderos no tienen experiencia como agricultores, o porque se tratan las semillas de pastos como si fueran las de los cultivos tradicionales y no se consideran las diferencias importantes que existen entre ellas, ni las posibles restricciones que pueden enfrentar las plantas desde su emergencia hasta que están listas para ser utilizadas directamente por los animales en pastoreo o bajo sistemas de corte y acarreo.

Los pastos mejorados se pueden establecer a partir de semillas, de materiales vegetativos como estacas y estolones (pedazos de tallo), o mediante el trasplante de plantas completas (tallos + hojas + raíces), producidas en “camas de multiplicación”. En el Cuadro 14 se presentan ejemplos del tipo de material usado para la siembra de forrajes mejorados.

5.1 Siembra usando materiales vegetativos

Los materiales vegetativos de multiplicación (estacas, estolones, material de trasplante), son usados cuando las especies de pasto no producen semillas fértiles, cuando hay poca cantidad de semilla disponible o accesible, o cuando hay riesgos de pérdidas de plántulas por siembra directa. Con frecuencia la siembra con material vegetativo -especialmente el trasplante desde camas de multiplicación- lo practican los pequeños productores que tienen áreas relativamente pequeñas para sembrar, pues es una práctica muy demandante en mano de obra. En extensiones mayores, la siembra de material vegetativo se hace pasando una rastra ligera que ayude a enterrar los estolones o tallos, que de preferencia no deben ser mayores a 50 cm de largo, para prevenir que se enreden en la rastra (Nieuwenhuyse *et al.* 2008). Otra opción es usar animales que pisoteen el material vegetativo luego de distribuirlo en el campo previamente preparado.



Gramíneas sembradas a alta densidad en eras, para utilizarla como material vegetativo para trasplante.

Algunas de las razones por las que los pequeños productores prefieren usar material vegetativo es porque: i. Son materiales fáciles de conseguir y regularmente “pegan bien”; ii. El establecimiento es rápido; iii. El control de malezas es fácil cuando se planta en hileras; iv. El terreno no tiene que estar arado (se puede usar espeque); v. Los materiales regularmente se consiguen localmente; y vi. El material vegetativo se puede sembrar incluso en estadios tardíos de la época lluviosa, lo que no sucede cuando se usan semillas (Stür y Horne 2001).

5.2 Siembra a partir de semillas

Cuando la siembra se hace usando semillas compradas o producidas en la finca, es importante revisar la pureza (qué proporción del lote a sembrar es realmente semilla y cuánto es “basura”), y el poder germinativo (cuántas plantas van a emerger de cada 100 semillas sembradas). Esto es importante porque regularmente las dosis recomendadas están expresadas como “semilla pura viable”.

Cuadro 14. Tipos de materiales usados para la siembra de algunas especies forrajeras de uso común

Especies	Estacas	Estolones	Trasplante	Semillas
Gramíneas				
<i>Andropogon gayanus</i>			+	++
<i>Brachiaria brizantha</i> e híbridos			++	++
<i>B. decumbens</i>			+	++
<i>B. humidicola</i>		++	+	++
<i>B. mutica</i>		++	+	
<i>B. ruziziensis</i>		+	+	++
<i>Digitaria decumbens</i>		++	+	+
<i>D. swazilandensis</i>		++		
<i>Dichantium aristatum</i>		++		
<i>Echinochloa polystachia</i>		++		
<i>Hyparhenia rufa</i>			+	++
<i>Lolium multiflorum</i> e híbridos			+	++
<i>L. perenne</i>			+	++
<i>Panicum maximum</i>			+	++
<i>Pennisetum purpureum</i>	++		+	
<i>P. clandestinum</i>		++		
<i>Setaria sphacelata</i>			+	++
<i>Tripsacum laxum</i>	++		+	

Leguminosas herbáceas				
<i>Arachis pintoii</i>		++		++
<i>Centrosema brasilianum</i>				++
<i>C. macrocarpum</i>				++
<i>C. pubescens</i>				++
<i>Clitoria ternatea</i>				++
<i>Lablab purpureus</i>				++
<i>Macroptilium atropurpureum</i>				++
<i>Medicago sativa</i>				++
<i>Pueraria phaseoloides</i>		++		++
<i>Stylosanthes guianensis</i>			+	++
<i>Trifolium pratense</i>				++
<i>T. repens</i>				++
<i>Vigna radiata</i>				++
<i>V. unguiculata</i>				++
Leguminosas arbustivas				
<i>Cajanus cajan</i>			+	++
<i>Calliandra calothyrsus</i>			+	++
<i>Cratylia argentea</i>			+	++
<i>Erythrina spp.</i>	++		+	++
<i>Flemingia macrophyla</i>			+	++
<i>Gliricidia sepium</i>	++		+	++
<i>Leucaena diversifolia</i>	+		++	++
<i>L. leucocephala</i>	+		++	++
Otras leñosas				
<i>Morus alba</i>	++			
<i>Tithonia diversifolia</i>	++		++	+
<i>Trichantera gigantea</i>	++		+	

Es prácticamente imposible encontrar semillas que tengan un poder germinativo del 100%. Por el contrario, son comunes valores de germinación del 20-40% en el caso de semillas limpias de gramíneas y 40-80% en semillas limpias de leguminosas. Valores de poder germinativo más bajos pueden indicar problemas de “dormancia” en semillas de gramíneas, cáscara dura en semillas de leguminosas o condiciones de almacenamiento pobres en cualquier lote de semillas. La dormancia se refiere a la falta de madurez fisiológica de las semillas, lo cual se consigue naturalmente dejándolas almacenadas por 3-5 meses con buenas condiciones en el área donde se mantienen las semillas. Muchas veces lo más seguro es usar semillas que se cosecharon en un año y se siembran al año siguiente. Entre las especies que tienen una dormancia fuerte están la *B. brizantha*, *B. decumbens* y *B. humidicola*; mientras que el *Arachis pintoi* es una leguminosa que presenta ese problema.

La dureza de la capa que rodea las semillas (“**tegumento**”) de leguminosas limita su germinación, pues no permite el ingreso de agua e hinchamiento de las mismas para que puedan emerger la radícula y la parte aérea. Por ello es necesario tratar las semillas¹¹ de aquellas especies de leguminosas que tienen semilla dura; entre estas se citan: las *Centrosema* spp., *Cratylia argentea*, *Flemingia macrophylla*, *Leucaena leucocephala*, *Macroptilium atropurpureum*, *Stylosanthes guianensis*; en cambio especies como *Arachis pintoi*, *Calliandra calothyrsus*, *Erythrina* spp. y *Gliricidia sepium* no requieren de escarificación.

En cuanto a las condiciones de almacenamiento de semillas, se sabe que las mismas deben tener no más de 10% de humedad para que se conserven bien; si la humedad dentro del lugar de almacenamiento es alta, entonces la semilla absorbe humedad y eso resulta en la pérdida de su viabilidad. Este problema es mayor en las semillas de gramíneas, pero también en los de leguminosas escarificadas.

Es recomendable hacer una prueba de germinación en cualquier lote de semilla que se compre o se vaya a sembrar, pues con frecuencia las condiciones de almacenamiento y de transporte no son las mejores como para prevenir pérdidas de viabilidad de semillas. En las fotos de la página 49 se muestra la prueba de germinación de semillas en papel toalla y en cajones con suelo, respectivamente. En ambos casos es importante que se provee de buenas condiciones de humedad (sin exceso ni déficit), en las bandejas para que las semillas germinen.

Otra consideración importante cuando se siembra pastos mejorados con semillas es prestar atención a las dosis recomendadas. En este sentido se sugiere seguir las indicaciones que aparecen en las bolsas de semillas comerciales, o usar la información disponible en manuales como el publicado por Peters *et al.* (2013), o en el sitio web <http://www.tropicalforages.info/Multiproposito/key/Multiproposito/Media/Html/>.

5.3 Preparación del suelo

Hay muchos textos y publicaciones que se pueden consultar para ver detalles de la preparación del suelo, como es el caso de Nieuwenhuys *et al.* (2009). Aquí sólo vamos a resaltar unos conceptos claves a tomar en cuenta cuando se siembra pastos mejorados.

¹¹ Escarificación es el tratamiento que se da contra la dureza del tegumento de las semillas



Prueba de germinación de semillas usando papel toalla.



Prueba de germinación de semillas en cajones con tierra.

5.3.1 Sembrar en terreno bien preparado, con cama firme. La mayor parte de las semillas de especies forrajeras son muy pequeñas, por lo que si el suelo se prepara mal, es posible que caigan en espacios muy profundos, y eso no permita que las plántulas emerjan lo suficiente para conseguir energía lumínica para la fotosíntesis. También las semillas necesitan entrar en contacto con el suelo para absorber humedad, hincharse y romper el tegumento y eso sólo se consigue en suelos bien mullidos. Se puede mejorar el contacto del suelo preparado con la semilla si se hace una compactación ligera, como pisándola. En el caso de siembra con espeque, la siembra es similar, sólo que el movimiento del suelo es sólo en el espacio cubierto por este. Esta última práctica es muy recomendada para terrenos en ladera.

5.3.2 Sembrar las semillas a poca profundidad. La profundidad de siembra es fundamental, y quizás una de las fallas más frecuentes cuando se siembran pastos mejorados. Las semillas son generalmente muy pequeñas, por lo que hay que sembrarlas bastante superficialmente (idealmente no más allá de dos veces su tamaño), pues las reservas orgánicas no son muchas y las plántulas dependen de éstas hasta que se hacen independientes de las reservas. Si se siembran muy profundo, las plántulas nunca llegarán a la superficie, y si se siembran muy superficialmente se corre el riesgo que las lluvias intensas laven las semillas y la alta temperatura las lleve a su muerte por desecamiento. Además, existe el riesgo que las hormigas y aves se las lleven. Por eso algunos técnicos recomiendan que las semillas sean tratadas con insecticidas para prevenir los problemas con hormigas.

5.3.3 Siembra en hileras. La siembra en hileras, comparada con la de voleo, tiene la ventaja que facilita tener una siembra más uniforme, un mejor control de malezas y de fertilización. El distanciamiento entre hileras y plantas sobre las hileras va a depender de las especies sembradas y en algunos casos de la disponibilidad de semillas, pero lo importante a considerar es que espaciamientos menores ayudan a tener una mejor cobertura en tiempo más corto.

La competencia con malezas es particularmente crítica en las primeras etapas después de la siembra, pues luego si los pastos mejorados son agresivos y encuentran buenas condiciones para su desarrollo -incluyendo la fertilización de establecimiento-, podrán competir con ventaja sobre las malezas.



Pastos mejorados en hileras en asocio con leguminosas herbáceas.



6. Consideraciones finales

El uso eficiente de pastos mejorados -gramíneas, leguminosas herbáceas, leguminosas arbustivas y otras leñosas forrajeras-, forma parte de las estrategias de intensificación de la producción animal, más aún cuando se toman en cuenta las amenazas del cambio climático a los sistemas de producción ganadera. Costa Rica ha optado por reducir las áreas de pastoreo, retornando parte de ellas al uso en bosques o plantaciones forestales; en otros casos, algunos productores han optado por sembrar otros cultivos como la piña y palma entre otros, pero la demanda por proteínas de origen animal sigue en aumento como consecuencia del crecimiento de la población, mejoras en el nivel de ingreso per cápita y la movilización de población del medio rural al urbano. Esto pone presión para incrementar la producción y la productividad animal, pero a la vez hacerla más eficiente biológica y económicamente para hacer al sector más competitivo, especialmente porque con la firma de varios tratados de libre comercio, muchos productores corren el riesgo de no poder continuar en la actividad a menos que reduzcan sus costos de producción, especialmente reduciendo su dependencia de insumos importados y, en ese contexto, toma aún más relevancia el uso eficiente de los pastos mejorados.

Costa Rica, pese a ser un país relativamente pequeño, presenta una diversidad de condiciones agroecológicas y de sistemas de producción ganadera, pero ventajosamente hay disponibilidad de una gran variedad de especies y variedades de pastos mejorados -muchos de ellos disponibles comercialmente-, para prácticamente todas las condiciones biofísicas y de orientación de la producción. Lo importante es conocer los atributos y limitaciones de los diferentes forrajes para hacer una selección adecuada. Es más, hay que ver los pastos como las especies multi-propósito que son, pues por esa razón pueden ser producidos bajo diferentes condiciones y con objetivos diversos, no sólo el tradicional concepto de verlos como la fuente de forraje para los animales, sino que también pueden cumplir un rol importante en la protección de los suelos contra la erosión, en el enriquecimiento de la fertilidad, como almacenes de carbono que pueden ayudar a la mitigación del cambio climático, etc.

En esta publicación se discute el tema de los pastos mejorados con esa visión amplia y diversa, pero lo más importante es recordar que ninguna especie, variedad o accesión de pastos es milagrosa, capaz de solucionar los problemas por sí misma, sino que para lograr que estas contribuyan de manera efectiva a mejorar la productividad, el ingreso familiar, la seguridad alimentaria de las familias y el ambiente, deben ser manejada apropiadamente. Muchas de las forrajeras mejoradas son valiosas por su plasticidad, en el sentido que se adaptan a muchas condiciones biofísicas y de manejo, pero no pueden crecer bajo todas las condiciones. Además, los pastos mejorados deben ser vistos como cultivos que extraen nutrientes

-aunque en menor proporción que los cultivos alimenticios, pues hay reciclaje de nutrimentos a través de las excretas animales y algunos además son capaces de fijar nitrógeno atmosférico, pero para que sean capaces de expresar su potencial productivo y de persistencia siempre van a requerir de un manejo apropiado que lleve a la sostenibilidad de los sistemas ganaderos.

7. Referencias

- Archibald, K.A.E., Campling, R.C., Holmes, W. 1975. Herbage intake and milk production of dairy cows kept in a leader and follower grazing system. *Animal Production* 21: 147-156.
- Aguilar, A; Nieuwenhuysse, A. 2009. Manejo integral de malezas en pasturas. Managua, Nicaragua, CATIE. 177 p. (Serie Técnica, Manual Técnico No. 90).
- Amézquita, MC; Amézquita, E; Casasola, F; Ramírez, GL; Giraldo, H; Gómez, ME; Llanderal, T; Velásquez, J; Ibrahim, MA. 2008. C stocks and sequestration. In Mannetje, L; Amézquita, MC; Buurman, P; Ibrahim, M (eds.). *Carbon Sequestration in Tropical Grassland Ecosystems*. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers. p. 49-68.
- Ara, M. 1991. Factores edáficos cuyas propiedades físicas afectan el desarrollo de las plántulas de las especies forrajeras. In Lascano, CE; Spain, JM (eds.). *Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, Experiencias y Enfoque de Investigación*. Cali, Colombia, CIAT. p. 143-160. (Publicación No. 168).
- Argel, PJ. 1999. Opciones forrajeras para el desarrollo de una ganadería más productiva en el trópico bajo de Centroamérica: Contribución del CIAT. In Steinfeld, H; Pomareda, C (eds.). *Seminario Intensificación de la Ganadería en Centroamérica: Beneficios Económicos y Ambientales Turrialba (Costa Rica)*. (1999, Turrialba, Costa Rica). Roma, Italia, FAO. p. 199-217.
- Argel, PJ; Fisher, JW; Guiot, JD; Cuadrado, H; Lascano, CE. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria Hybrid 36087*): A high quality forage grass, resistant to spittlebugs and adapted to well-drained acid tropical soils. Cali, Colombia, CIAT. 21 p.
- Argel, PJ; Pizarro, EA. 1991. Germplasm case study: *Arachis pintoi*. In *Pastures for the tropical lowlands: CIAT's contributions*. Cali, Colombia, CIAT. (CIAT Publication No. 211). p. 57-74.
- Ayarza, MA. 1991. Efecto de las propiedades químicas de los suelos ácidos en el establecimiento de las especies forrajeras. In Lascano, CE; Spain, JM (eds.). *Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, Experiencias y Enfoque de Investigación*. Cali, Colombia, CIAT. p. 161-185. (Publicación No. 168).
- Baruch, Z; Fisher, MJ. 1991. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. In Lascano, CE.; Spain, JM (eds.). *Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, Experiencias y Enfoque de Investigación*. Cali, Colombia, CIAT. p. 103-142. (Publicación No. 168).
- Blanco-Sepúlveda, R; Nieuwenhuysse, A. 2011. Influence of topographic and edaphic factors on vulnerability to soil degradation due to cattle grazing in humid tropical mountains in northern Honduras. *CATENA* 86:130-137.
- Castillo, E. 2005. ¿Qué pasto sembrar: Moda o producción? In *Primer Simposio Internacional de Forrajes Tropicales en la Producción Animal*. (2005, Tuxtla Gutiérrez, México). Tuxtla Gutiérrez, México, Universidad Nacional Autónoma de Chiapas. p. 1-7.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo); SICA (Sistema de Integración Centroamericana). 2010. *Estrategia Regional de Cambio Climático*. Documento Ejecutivo. San Salvador, El Salvador. 92 p.

- Delgado, C; Rosegrant, MW; Steinfeld, MH; Ehui, S; Courbois, C. 1999. Livestock to 2020: The next food revolution. Washington, DC., United States of America, International Food Policy Research Institute. 72 p. (Food Agriculture and the Environment Discussion Paper 28).
- Ehleringer, JR; Cerling, TE. 2002. C₃ and C₄ photosynthesis. In Mooney, HA; Canadell, JA (eds.). The Earth system: biological and ecological dimensions of global environmental change. Vol. 2. Chichester, United Kingdom, John Wiley & Sons. p. 186-190.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. FAOSTAT Food and Agriculture Data. FAO. Division of Statistics (en línea). Roma, Italy. Consultado 15 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- García E; Siles, P; Fonte, SJ; Kearney, SP; Barillas, R; Smukler, SM. 2016. Evaluación participativa de opciones forrajeras para sistemas silvopastoriles. El Salvador, University of Columbia. 2 p.
- Holman, F Peck, DC. 2002. Economic damage caused by spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: A first approximation of impact on animal reduction in *Brachiaria decumbens* pastures. (en línea) Neotropical Entomology 31(2). Consultado 24 jun. 2017. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-566X2002000200016&script=sci_arttext&tlng=es
- Humphreys, LR. 1991. Tropical pasture utilization. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. 220 p.
- Hurtado, J; Pezo, D; Chaves, C; Romero, F. 1988. Caracterización de una pastura degradada de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) manejada bajo el efecto del pastoreo y de la introducción de leguminosas en el trópico húmedo. In Pizarro, EA (ed.). Memorias I Reunión de la RIEPT-CAC, Veracruz, México. (1998, Veracruz, México). Cali, Colombia, CIAT. p. 341-347.
- Ibrahim, M; Porro, R; Mauricio, RM. 2010. Deforestation and livestock expansion in the Brazilian Legal Amazon and Costa Rica: Drivers, environmental degradation, and policies for sustainable land management. In Gerber, P; Mooney, HA., Dijkman, J; Tarawali, S; de Haan, C (eds.). Livestock in a changing landscape. Vol. 2. Experiences and regional perspectives. Washington DC, United States of America, Island Press. p. 74-95.
- Loker, WM; Hernández, E; Rosales, J. 1991. Establecimiento de pasturas en el trópico húmedo: Experiencias en la Selva Peruana. In Lascano, CE; Spain, JM (eds.). Establecimiento y Renovación de Pasturas: Conceptos, Experiencias y Enfoque de Investigación. Cali, Colombia, CIAT. p. 321-346. (Publicación No. 168).
- McCarthy, N. 2014. Climate-smart agriculture in Latin America: drawing on research to incorporate technologies to adapt to climate change. , Washington, D.C., United States of America, Inter-American Development Bank. 65 p. (IDB Technical Note No. 652).
- Muyllé, H; Baert, J; Van Bockstaele, E; Pertijis, J; Roldán-Ruiz, I. 2005. Four QTLs determine crown rust (*Puccinia coronata* f. sp. *lolii*) resistance in a perennial ryegrass (*Lolium perenne*) population. *Heredity* 95:348–357.
- Nieuwenhuys, A; Aguilar, A; Mena, M; Nájera, K; Osorio, M. 2008. La siembra de pastos asociados con maní forrajero *Arachis pintoi*. Managua, Nicaragua, CATIE. 74 p. (Serie técnica. Manual técnico No. 82)
- Ospina, S; Rusch, G; Pezo, D; Sinclair, F; Casanoves, F. 2012. More stable productivity of semi natural grasslands than sown pastures in a seasonally dry climate (en línea) PLoS ONE 7(5). e35555. doi:10.1371/journal.pone.0035555. Consultado 24 jul 2017. Disponible en <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0035555> .
- Pérez, E. 2015. Línea de base para tres sistemas de ganadería intensiva sostenible. Proyecto Plataforma Regional para la Innovación en Ganadería Sostenible. Modelos Intensivos Sostenibles. San José, Costa Rica, INIA/MAG/CORFOGA. 255 p.
- Peters, M; Franco, LH.; Schmidt, A; Hincapié, B. 2011. Especies forrajeras multi-propósito: Opciones para productores del Trópico Americano. Cali, Colombia, CIAT. 212 p. (Publicación CIAT No. 374).
- Peters, M; Herrero, M; Fisher, M; Erb, K-H; Rao, I; Subbarao, G; Castro, A; Arango, J; Charás, J; Murgueitio, E; van der Hoek, R; Laderach, P; Hyman, G; Tapasco, J; Strassburg, B; Paul, B; Rincón, A; Schultze-Kraft, R; Fonte, S; Searchinger, T. 2013. Challenges and opportunities for improving eco-efficiency of tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. *Tropical Grasslands* 1(2):156–167.

- Peters, M; Rao, I; Fisher, M; Subbarao, G; Martens, S; Herrero, M; van der Hoek, R; Schultze-Kraft, R; Miles, J; Castro, A; Graefe, S; Tiemann, T; Ayarza, M; Hyman, G. 2013. Tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. In Hershey, CH; Neate, P (eds.). *Eco-efficiency: From vision to reality*. Chapter 11. Cali, Colombia, CIAT. p. 171-190. (CIAT Publication No. 381).
- Pezo, D. 2016. Estrategia regional para la intensificación sostenible de la ganadería, dentro del contexto de la adaptación/mitigación del cambio climático y políticas asociadas. San José, Costa Rica, IICA. 72 p. (Informe de consultoría).
- Pezo, D. 2017. Tecnologías forrajeras para la intensificación de la ganadería en el contexto del cambio climático. *Revista UTN* 78:18-25.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 276 p. (Serie Materiales de Enseñanza No. 44).
- Pezo, D; Romero, F; Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de carne y leche. In Fernández-Baca, S (ed.). *Avances de la producción de leche y carne en el trópico americano*. Santiago, Chile, FAO-Oficina Regional para América Latina y el Caribe. p. 47-98.
- Rao, I; Peters, M; Schultze-Kraft, R; White, D; Fisher, M; Lascano, CE; Blummel, M; Jenet, A; Herrero, M. 2015. *LivestockPlus – The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics*. Cali, Colombia, CIAT. 40 p. (CIAT Publication No. 407).
- Ríos, N; Cárdenas, AY; Andrade, HJ; Ibrahim, M; Jiménez, F; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B; Woo, A. 2006. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico sub-húmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 45: 66-71.
- Rivera-Céspedes, M; Méndez, JB; Guindon, L; Méndez, E; Pezo, D. 2016. Hacia una ganadería productiva y amigable con el ambiente en Hojanca, Costa Rica. In Li Pun, H; Henríquez, P; Witkowski, K; Arango, F; Hobbs, H; Carrasco, C; Saini, E; Tercero, G (eds.). *Innovaciones de Impacto: Lecciones sobre adaptación al cambio climático de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C., United States of America, BID-FONTAGRO. p. 67-75.
- Sánchez, WL. 2017. Comportamiento de nuevas variedades de pastos de clima frío en Costa Rica. In *II Congreso Forrajero Nacional*. (2, 2017, Atenas, Costa Rica). Atenas, Costa Rica, MAG/INTA/UTN. 30 p.
- Sejian, V; Gaughan, JB; Bhatta, R; Naqvi, S M K. 2016. Impact of climate change on livestock productivity (en línea). *Broadening Horizons* No. 26. Consultado 10 jun. 2017. Disponible en http://www.feedipedia.org/sites/default/files/public/BH_026_climate_change_livestock.pdf.
- Stobbs, TH. 1978. Milk production, milk composition, rate of milking and grazing behavior of dairy cows grazing two tropical grass pastures under a leader-follower system. *Australian Journal of Experimental Agriculture & Animal Husbandry* 18:5-11.
- Tambo, JA; Abdoulaye, T. 2012. Climate change and agricultural technology adoption: the case of drought tolerant maize in rural Nigeria. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 17:277-292.
- Thornton, PK; Gerber, P. 2010. Climate change and the growth of the livestock sector in developing countries. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15:169–184.
- Vallis, I. 1985. Nitrogen cycling in legume-based forage production systems in Australia. In Barnes, RF; Ball, PR; Brougham, RW; Marten, GC; Minson, DJ (eds). *Forage Legumes for Energy-Efficient Animal Production*. Washington, D.C. United States of America, USDA. p. 160-70.
- White, DS; Peters, M; Horne, P. 2013. Global impacts from improved tropical forages: A meta-analysis revealing overlooked benefits and costs, evolving values and new priorities. *Tropical Grasslands* 1:12–24.

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



ISBN: 978-9977-57-686-2

