

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 – Hojanca, 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).

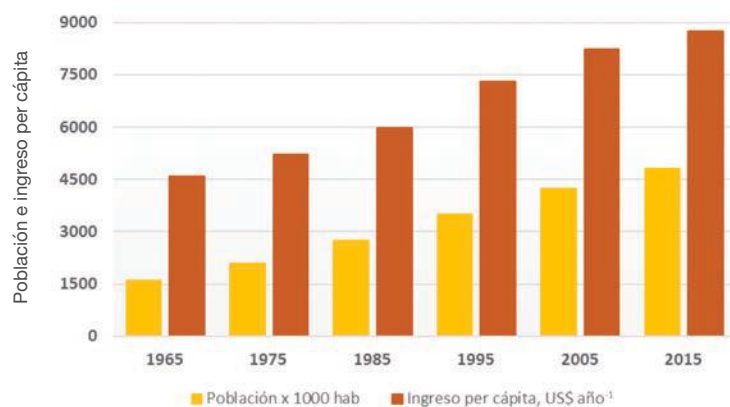


Figura 1. Cambios en población (miles de habitantes) e ingreso per cápita (US\$ año⁻¹) en Costa Rica en los últimos 50 años. Fuente (FAO 2017).

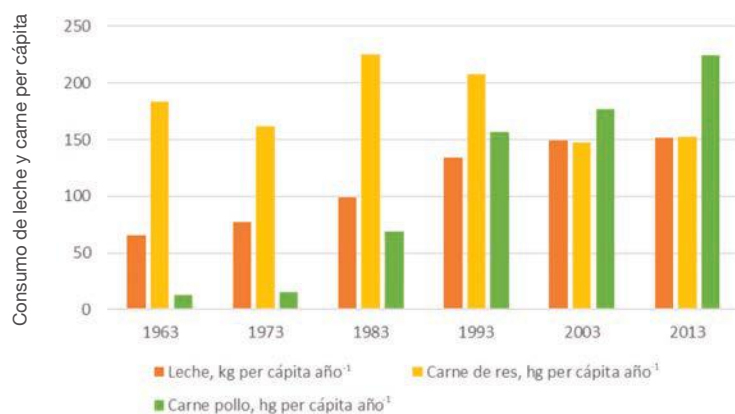


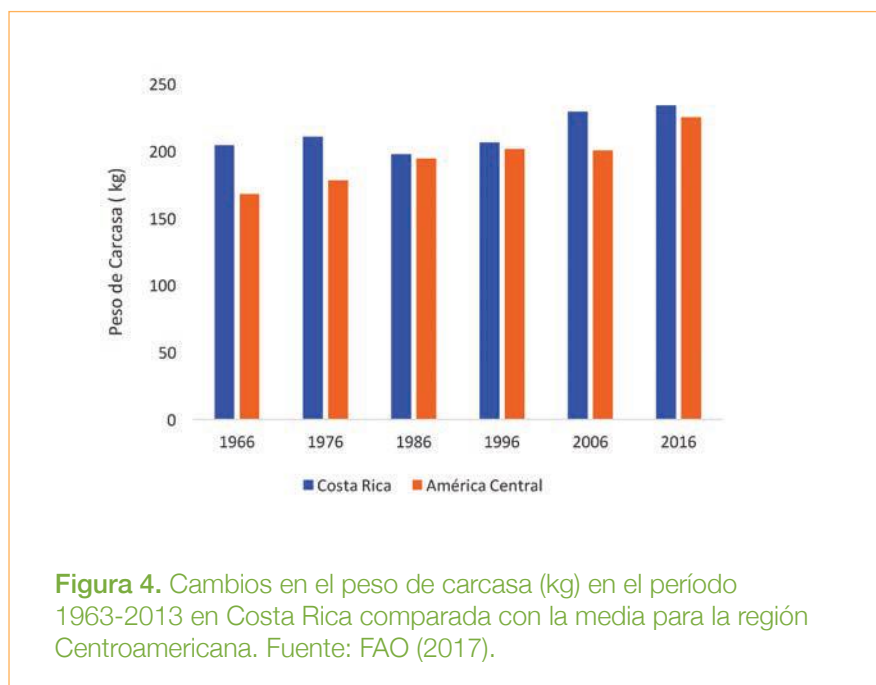
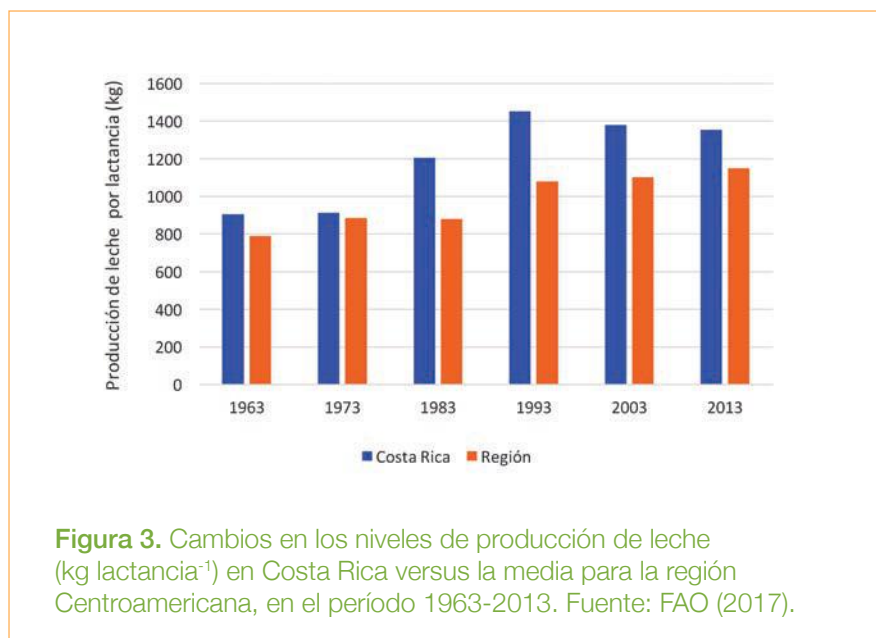
Figura 2. Cambios en el consumo per cápita de leche (kg año⁻¹) y de carne (hg año⁻¹) observados en Costa Rica en los últimos 50 años. Un kilogramo = 10 hectogramos (hg). Fuente (FAO 2017).

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).

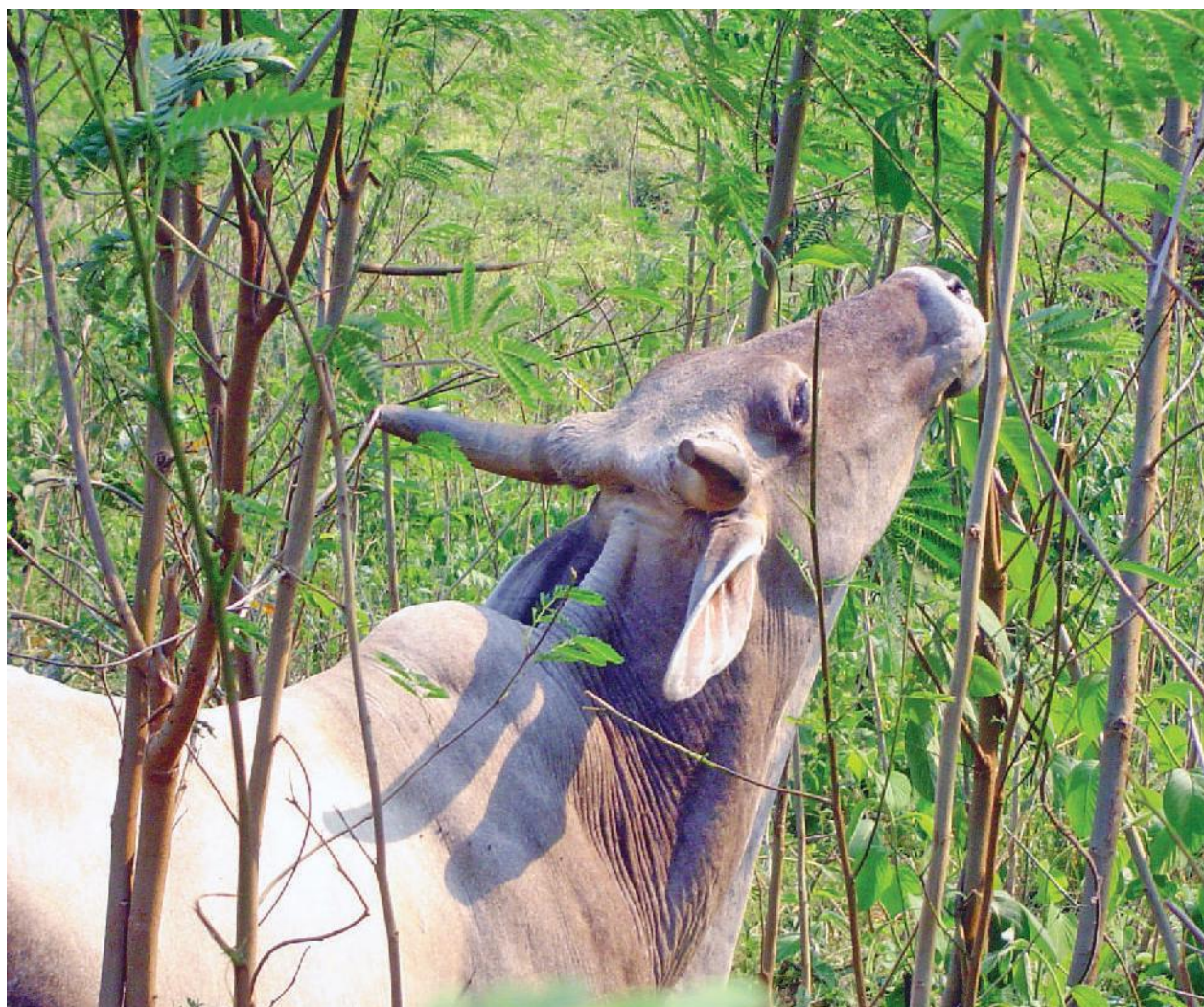
En América Central la temperatura se incrementó en 1,0 a 1,5°C en los últimos 50 años; se espera que dicho incremento será de 2,6 a 4,7°C a finales de este siglo (CCAD-SICA 2010). Por otro lado, las precipitaciones anuales totales no han variado significativamente, pese a que ha aumentado el número de 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?

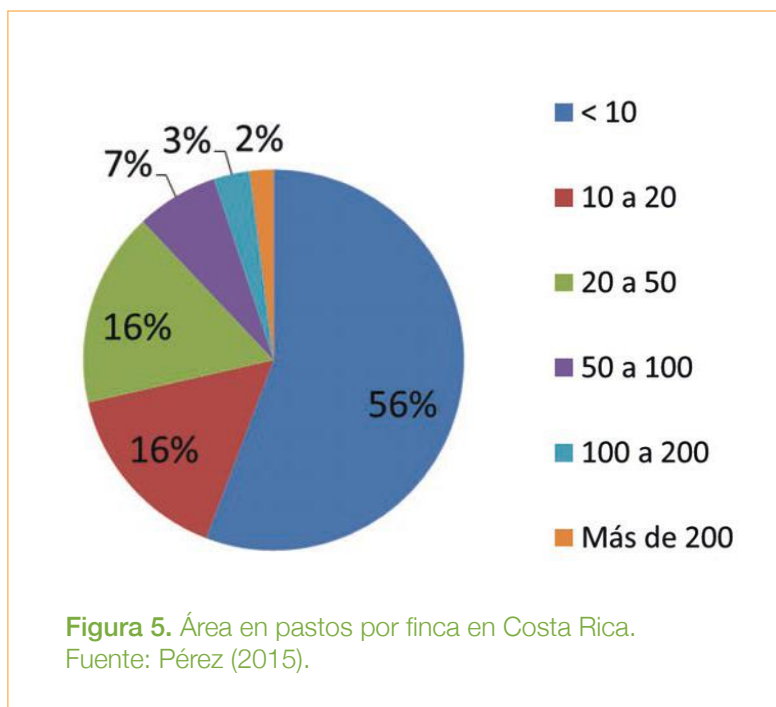
Pese a que Costa Rica es un país tropical relativamente pequeño, presenta una gran diversidad de condiciones agroclimáticas para la ganadería: desde las zonas de altura de clima templado-frío, donde predomina la actividad lechera; las zonas bajas del trópico sub-húmedo con un período de sequía que regularmente 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 (kg ha⁻¹ 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 (C₄) que en las de zonas templadas (C₃), 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*

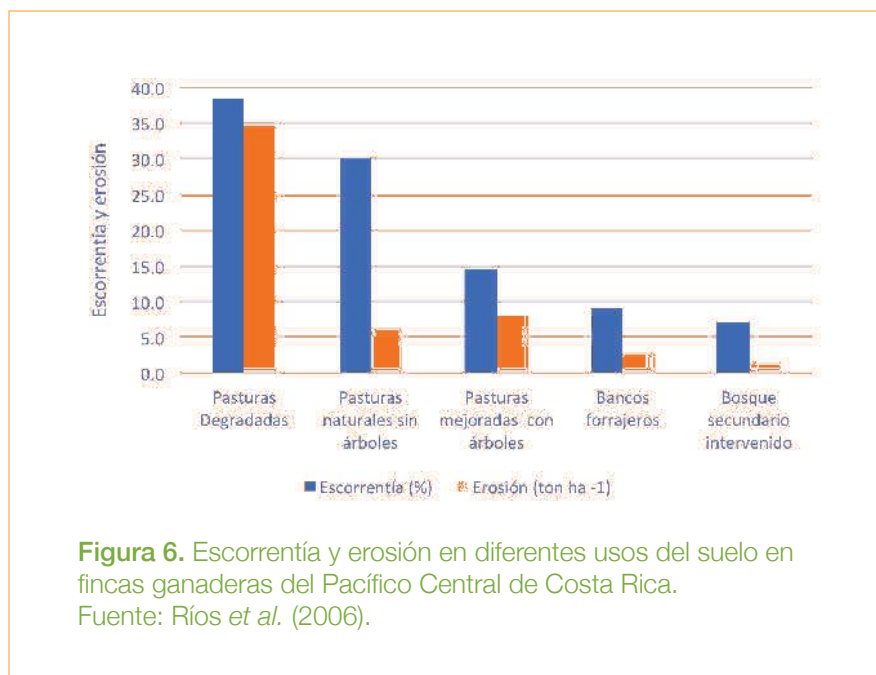
Atributo	Líderes	Seguidoras
Tiempo de pastoreo (min)	599	636
Tamaño de bocado (mg MO)	343	169
Digestibilidad (%)		
Hojas	58,8	55,6
Tallos	52,2	51,1
Composición de la pastura (%)		
Hojas	60	50
Material inerte	13	15
Composición de la dieta (%)		
Hojas	84	68
Material inerte	5	12
Producción de leche¹⁰ (kg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

