El conocimiento es de todos

Minciencias

ARAINMBA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

APROVECHAMIENTO DE RECURSOS AGROINDUSTRIALES Y NO MADERABLES DEL BOSQUE PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Impacto de la ganadería sobre la calidad del suelo y pasturas en el Caquetá

Universidad de la Amazonia

SGR Sistema General de Regalías

Gobernación de Caquetá

Título de la obra:
Impacto de la ganadería sobre la calidad del suelo y pasturas en el Caquetá.

Esta obra deberá ser citada de la siguiente manera:

Olaya Montes, A.; Polanía Hincapié, K.L.; Balanta Martínez, V.J. & Celis Parra, G.A. 2021. Impacto de la ganadería sobre la calidad del suelo y pasturas en el Caquetá. xxx xxx xxx Edición. Editorial Universidad de la Amazonia. 45 pp. Tamaño (21 x 29,7 cm).

Incluye bibliografía.

© Editorial–Universidad de la Amazonia

Autor(es): Olaya Montes, Andres; Polanía Hincapié, Karen Lizeth; Balanta Martínez, Victor Julio & Celis Parra, Gustavo Adolfo.
ISBN (Digital): xxxx–xxxx–xxx–xx–x
Número y año de edición: Primera edición, Octubre de 2021.
Diseño de cubierta: Estratégica Comunicaciones S.A.S.
Diagramación, impresión y terminación: Estratégica Comunicaciones S.A.S.
Impreso y hecho en Colombia / Printed and made in Colombia

Universidad de la Amazonia
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES
EDITORIAL UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA

Universidad de la Amazonia
Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados
Editorial Universidad de la Amazonia
Proyecto: Proyecto ARAINMBA–código BPIN 2018000100107
Campus Porvenir: Calle 17 Diagonal 17 con Carrera 3F–Barrio Porvenir
Contacto: vrinvestigaciones@udla.edu.co
Depósito Legal: Biblioteca Nacional de Colombia.

Prohibida la reproducción total o parcial de este con fines comerciales. Su utilización se puede realizar con carácter académico, siempre que se cite la fuente.

Esta Obra es producto del Proyecto de Investigación identificado con el código BPIN 2018000100107, denominado Aprovechamiento de recursos agro-industriales y no maderables del bosque en la alimentación animal –ARAINMBA- en los municipios de Cartagena del Chairá, Albania, San Vicente del Caguán, el Doncello, Puerto Rico. Aprobado y financiado por el OCAD del Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías con el Acuerdo No. 78 del 21 de agosto de 2019 Colombia y la Universidad de la Amazonia.

Contenido

Figura y tablas 5

Introducción 7

Pasturas tradicionales y calidad del suelo 9

Incidencia del modelo ganadero tradicional sobre las propiedades físicas del suelo 9

Implicaciones del manejo inadecuado de pasturas sobre las propiedades biológicas y la disponibilidad de nutrientes en el suelo 12

Degradación de pasturas y producción ganadera 15

Impacto de la ganadería convencional sobre la producción de carne y leche 15

Estimación de costos y beneficios 18

Establecimiento 19

Costos de mantenimiento 20

Pérdida de ingresos por pasturas degradadas 21

Capacidad de carga 21

Alternativas sustentables de producción bovina 24

Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas 24
Selección del sitio de la pastura 24
Preparación del terreno 26
Siembra 26
Manejo después de la siembra 27
Primer pastoreo 27
Manejo de la pradera 27
Pastoreo rotacional 28
Cálculo de la capacidad de carga 29
Manejo silvopastoril 30
Bancos mixtos de forrajes y uso efectivo del agua en la ganadería 33
Ventajas y desventajas de los Bancos Mixtos de Forraje 34
Diagnóstico visual de la calidad del suelo 36
Una herramienta metodológica práctica para productores 36
Consideraciones previas 37
Método de evaluación 38
Bibliografía 40

Figuras y tablas

Figura 1. Principales afectaciones en la estructura del suelo y la disponibilidad de forrajes inducidos por la compactación en procesos de ganadería extensiva en la Amazonia. 10

Figura 2. Erosión del suelo y transporte de sedimentos derivado de la degradación de pasturas en sistemas de ganadería tradicional en la Amazonia. 11

Figura 3. Diagramación de la pérdida de biodiversidad y fertilidad del suelo influenciada por los procesos de deforestación y establecimientos de pasturas en un periodo de 25 años bajo ganadería extensiva en la Amazonia. 14

Figura 4. Cambios en aspectos visuales asociados con pasturas degradadas en la Amazonia. 16

Figura 5. Inventario ganadero para el año 2021 en el departamento del Caquetá. 17

Figura 6. Reducción de la producción de leche y carne en el departamento del Caquetá. 18

Figura 7. Esquematización del pastoreo rotacional (periodos de descanso y ocupación). 28

Figura 8. Pasos para la realización de aforo de pasturas. 30

Figura 9. Beneficios sobre el suelo asociado con el manejo silvopastoril. 31

Tabla 1. Descripción de los costos totales de inversión para el establecimiento por hectarea de pastura tecnificada con una UGG de 2 animales ha^{-1}. 19

Tabla 2. Descripción de los costos de mantenimiento por *año de una pastura* de 1 ha con una UGG de 2 animales ha-1. 20

Tabla 3. Descripción de las utilidades generadas. 21

Tabla 4. Capacidad de carga promedio de pasturas en estado óptimo y degradadas. 22
Tabla 5. Comparación entre pasturas óptimas y degradas, en términos de producción de leche, carne y terneros destetos en un área de 10 ha. 22
Tabla 6. Comparación de los ingresos netos obtenidos entre pasturas en estado óptimo y degradas en un área de 10 ha. 22
Tabla 7. Selección de especies leguminosas potencialmente asociadas a pasturas y principales características productivas. 25
Tabla 8. Selección de especies de pastos usados en regiones tropicales y principales características productivas. 25
Tabla 9. Comparación de la capacidad de carga, producción de leche y ganancia de peso diaria, entre áreas de pastura tradicional y sistema silvopastoril en regiones tropicales. 32
Tabla 10. Características productivas de especies comúnmente utilizadas en la implementación de bancos mixtos de forrajes. 33
Tabla 11. Orientación detallada para la realización de la evaluación visual de la estructura del suelo (VESS). 38
Tabla 12. Características de los agregados del suelo para la asignación de las puntuaciones en la evaluación de la estructura del suelo (VESS). 39

Introducción

El suelo es uno de los recursos naturales no renovables más importantes, debido a que cumple múltiples funciones como el ciclaje de nutrientes, la producción de alimentos, la regulación del agua, además de contribuir con la regulación del clima mediante la captura de gases de efecto invernadero, permitiendo la conservación de la vida y los ecosistemas en el planeta. Adicionalmente, es un ecosistema indispensable para el desarrollo de las actividades humanas, por lo que, conservar la calidad del suelo es esencial para brindar la capacidad de las próximas generaciones de cultivar y alimentarse (Karaca et al., 2021).

No obstante, la funcionalidad del suelo en la región amazónica colombiana se ha visto afectada por la conversión de bosques para el establecimiento de pasturas, bajo un modelo ganadero extensivo. La reducción de la biomasa vegetal natural, además del manejo inadecuado de los potreros inducido por el sobrepastoreo y la mala rotación ha resultado en alteraciones de los procesos hidrológicos del suelo, influenciados por la compactación (Lopes et al., 2020).

Las alteraciones en la estructura del suelo se reflejan en una limitada capacidad de desarrollo de las raíces de las plantas y, por tanto, en una reducción de la producción de forrajes. A su vez, estas alteraciones conducen a procesos de erosión y pérdida de nutrientes, generando áreas improductivas después de 7 a 10 años de uso, además de generar impactos negativos en los niveles de producción de carne y leche, afectando

directamente la economía de los pequeños y medianos productores. Otras implicaciones del deterioro de los pastos, es que promueven el abandono de las áreas improductivas y posteriormente la ampliación de la frontera agropecuaria con el fin de obtener áreas con mayor productividad, aumentando las tasas de conversión de hábitats naturales.

Frente a este escenario, este documento pretende ilustrar de manera explicativa y didáctica cuales son las principales afectaciones del modelo ganadero extensivo tradicional sobre la calidad del suelo y la producción de forrajes, así como, dar a conocer algunas alternativas de producción sostenibles que mejoran las propiedades del suelo y los procesos de productivos. Adicionalmente, se exhibe una herramienta metodológica práctica de bajo costo, que puede ser fácilmente utilizada por los productores dentro de sus predios, con el fin de obtener un diagnóstico de la calidad del suelo que los oriente a una mejor toma de decisiones.

Pasturas tradicionales y calidad del suelo

Incidencia del modelo ganadero tradicional sobre las propiedades físicas del suelo

El suelo es considerado como un cuerpo natural constituido de materia orgánica e inorgánica que se mezclan íntimamente mediante procesos naturales, formando a su vez un medio poroso (pequeñas cavidades o huecos entre las partículas de suelo) biológicamente activo, que sirve como reservorio de agua, medio para la filtración y como participante en el ciclo de otros elementos a través del ecosistema global. Sin embargo, es altamente susceptible a los cambios en su uso, los cuales se han convertido en los principales impulsores de degradación y procesos de cambio ambiental. La mala administración de este recurso puede deteriorar rápidamente grandes extensiones de tierra, lo que con frecuencia se convierte en una gran amenaza para la subsistencia rural en muchos países desarrollados y en desarrollo (Paz-González et al., 2014).

En la Amazonia colombiana, el manejo tradicional de los pastos, bajo un modelo ganadero extensivo, es uno de los principales mecanismos que alteran las condiciones naturales del suelo. Los principales factores de degradación física están asociados con el sobrepastoreo y al pisoteo excesivo de los animales inducidos por una mala rotación (Shang et al., 2014), proveyendo suelos altamente compactados.

La compactación implica alteraciones en varias características del suelo-planta. Por ejemplo, restringe el acceso de las raíces que se alargan a los nutrientes y al agua, debido a la degradación ocasionada en la estructura del suelo. La presión constante sobre la superficie afecta la distribución, el volumen y el tamaño de los poros, resultando en aumentos en la densidad del suelo, así como en la reducción de la capacidad de aire, la capacidad de agua disponible y la capacidad de infiltración (Figura 1). Además, en las zonas tropicales la compactación puede modificar las propiedades hidráulicas del suelo y afectar la escorrentía a través de exceso de saturación, lo que conlleva a inundaciones frecuentes en los periodos de lluvias (Owuor et al., 2018; Peng et al., 2021).

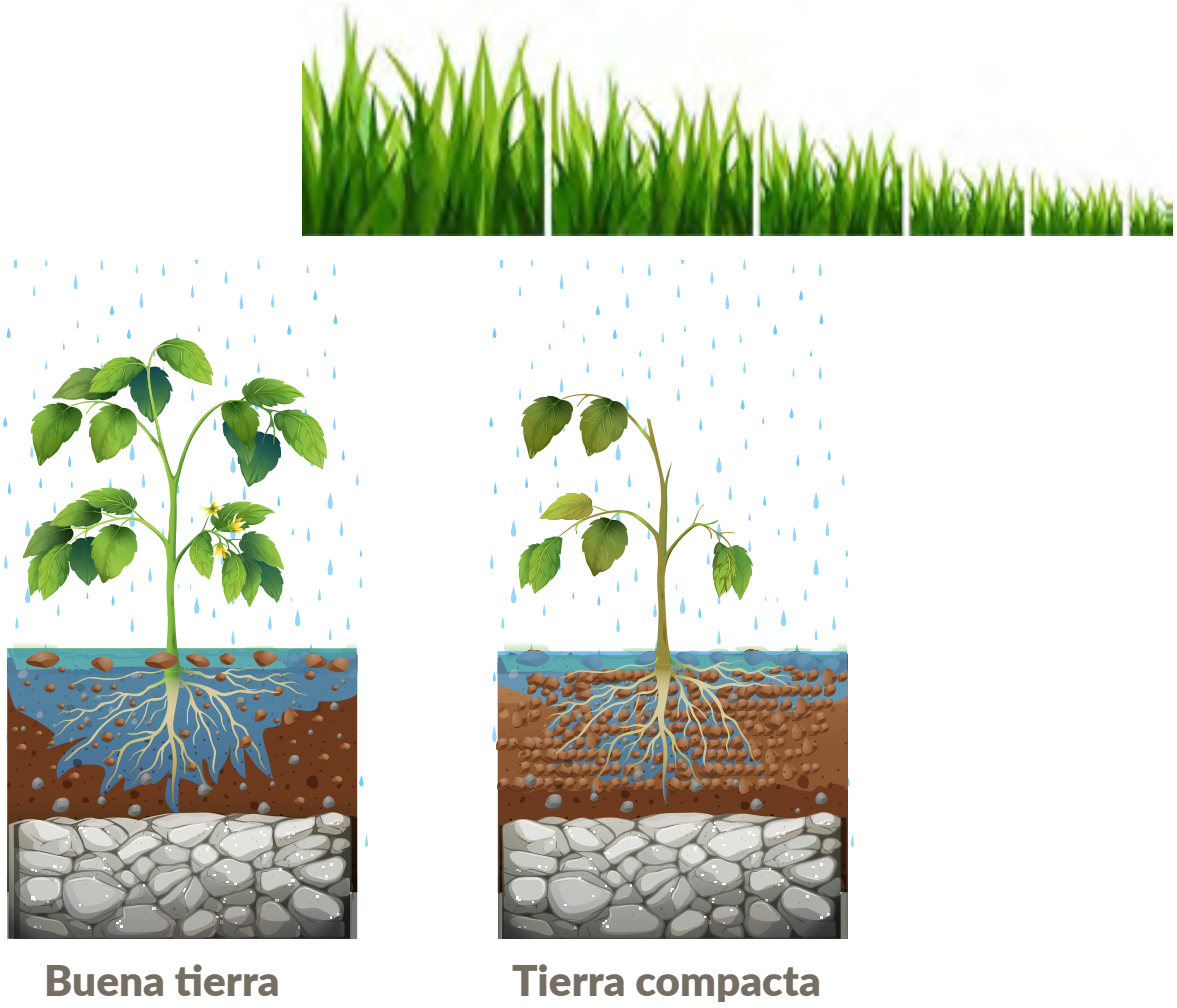


Figura 1. Principales afectaciones en la estructura del suelo y la disponibilidad de forrajes inducidos por la compactación en procesos de ganadería extensiva en la Amazonia

Fuente: https://www.pinterest.es/dagika_44/_saved/

La intensificación de las alteraciones en la estructura del suelo declina progresivamente la productividad en los pastos después de un manejo deficiente, promoviendo la aparición de parches de suelo desnudo (suelos erosionados), y pérdida progresiva de la gramínea (Figura 1). A su vez, los procesos de degradación incrementan la escorrentía, y consecuentemente el transporte de sedimentos en superficie, provocando pérdidas de suelo, nutrientes y materia orgánica, que son fundamentales para un óptimo desarrollo de las plantas (Figura 2) (Fonte et al., 2014).

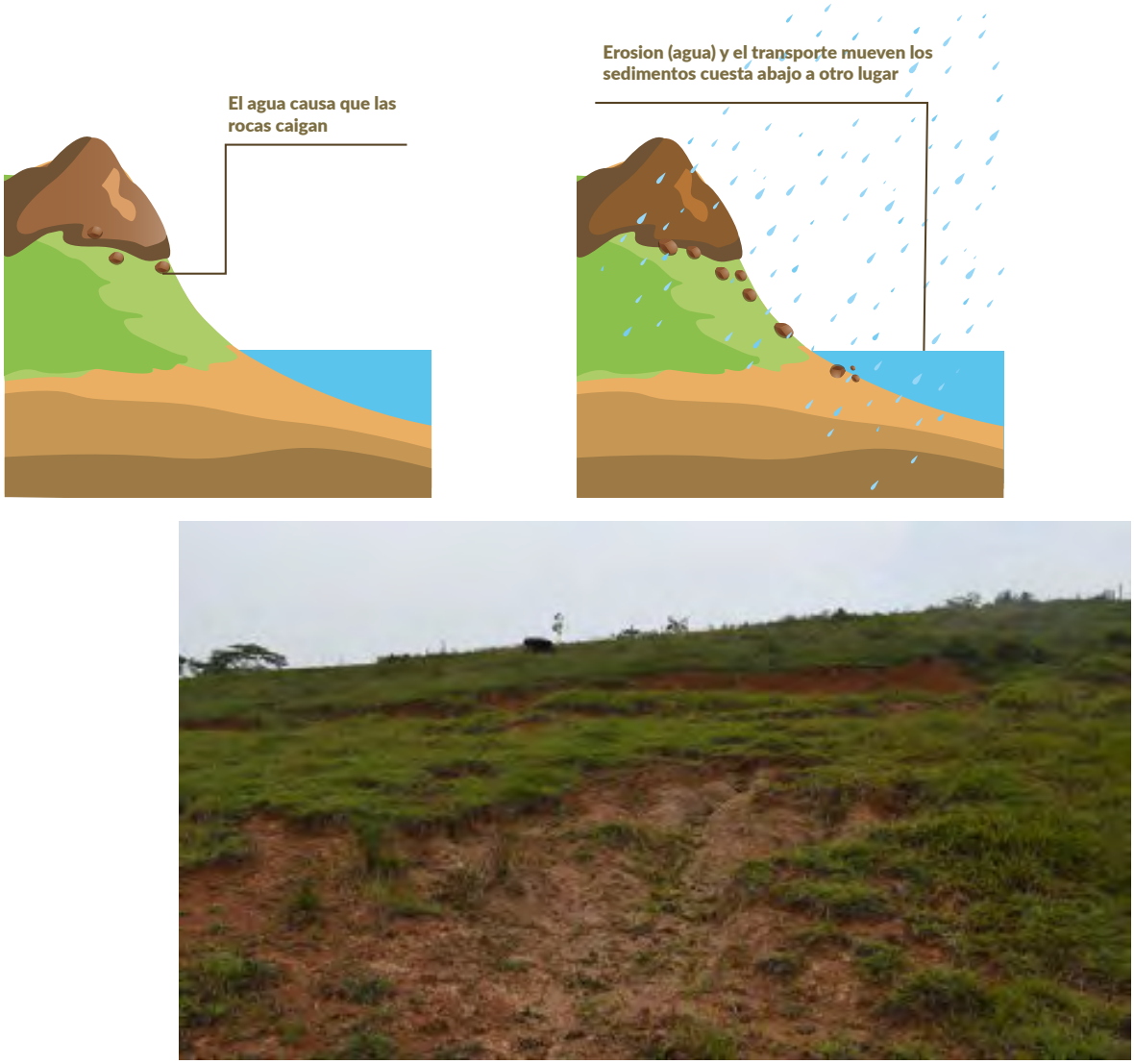


Figura 2. Erosión del suelo y transporte de sedimentos derivado de la degradación de pasturas en sistemas de ganadería tradicional en la Amazonia

Fuente: https://es.mongabay.com/2017/06/colombia-panorama-erosion-conflicto-uso-suelos-cesar-caqueta/

Por esta razón es importante conservar la funcionalidad del suelo y todos los procesos que allí existen, con el fin de permitir agroecosistemas equilibrados a nivel ambiental, ecológico y productivo. Si se fomenta una mejor educación agropecuaria y un uso sostenible de la tierra, las actividades inherentes a esta serán sostenibles en un futuro, con la obtención de suelos más productivos, que darán beneficios para animales y humanos.

Implicaciones del manejo inadecuado de pasturas sobre las propiedades biológicas y la disponibilidad de nutrientes en el suelo

En la Amazonia Colombiana la transformación de áreas de bosques primarios a pasturas se produce típicamente a través de un proceso de extracción de madera, seguido por la quema de la vegetación nativa restante y la posterior siembra de pasturas, generalmente del género *Brachiaria sp*. Este proceso ayuda a mejorar la acidez del suelo, mediante la adición de cenizas y la liberación de elementos como Ca y Mg durante los incendios, además mejora la disponibilidad de nutrientes en una etapa inicial, apoyando la formación de pastos y la producción de biomasa vegetal (Melo et al . 2017).

Aunque se cree que generalmente la conversión de bosques a pasturas conduce a una pérdida de carbono (C) en el suelo, lo cierto es que, en los primeros años, la incorporación de cenizas también mejora las reservas de C en el suelo. Sin embargo, a largo plazo, las prácticas de manejo inadecuadas impactan sobre la propiedades químicas y biológicas del suelo. La degradación del suelo agota las reservas de C y nutrientes a través del tiempo, promovido principalmente por los procesos erosivos, que terminan en muchos casos con la pérdida de la capa orgánica del suelo, así como en la remoción de nutrientes mediante la escorrentía superficial y la lixiviación. A diferencia del carbono, nutrientes esenciales

como el fósforo, potasio, calcio y magnesio no pueden fijarse biológicamente en la atmósfera y se originan a partir de los procesos de meteorización de las rocas parentales, que consiste en procesos de formación del suelo que pueden tardar miles de años. Adicionalmente, el establecimiento de pasturas disminuye la diversidad de componentes vegetales dentro de los sistemas agropecuarios, reduciendo la entrada de residuos orgánicos en cantidad y calidad, que son una fuente importante de nutrientes en el suelo.

El suelo también es un ecosistema vivo y dinámico, repleto de pequeños organismos (microscópicos) y otros más grandes que realizan funciones vitales, incluida la conversión de materiales orgánicos que se incorporan por encima y por debajo del suelo, en nutrientes para las plantas. Así mismo, estos organismos tienen la habilidad de controlar enfermedades, plagas y malezas que afectan a las plantas, sin embargo, su actividad se ve restringida con la pérdida de la fertilidad química del suelo.

Se bien se ha detallado que los cambios asociados a la cobertura o el uso del suelo pueden alterar notablemente los aportes y la dinámica de nutrientes, estos también regulan las comunidades microbianas del suelo (compuesta principalmente por bacterias, hongos y nemátodos), las cuales actúan como sensores que responden a las alteraciones de las tensiones ambientales y antropogénicas externas. Las actividades de los microorganismos están reguladas en gran medida por la disponibilidad de carbono, nitrógeno y potasio en el suelo, donde la pérdida de los sustratos que contienen estos nutrientes, en especial el carbono, reduce considerablemente la composición biológica de los organismos del suelo (Thomas et al., 2020; Peng et al., 2021).

Diagrama de proceso de tala y quema de bosque y pasturas viejas y cambios en la fertilidad asociados a la pérdida de diversidad

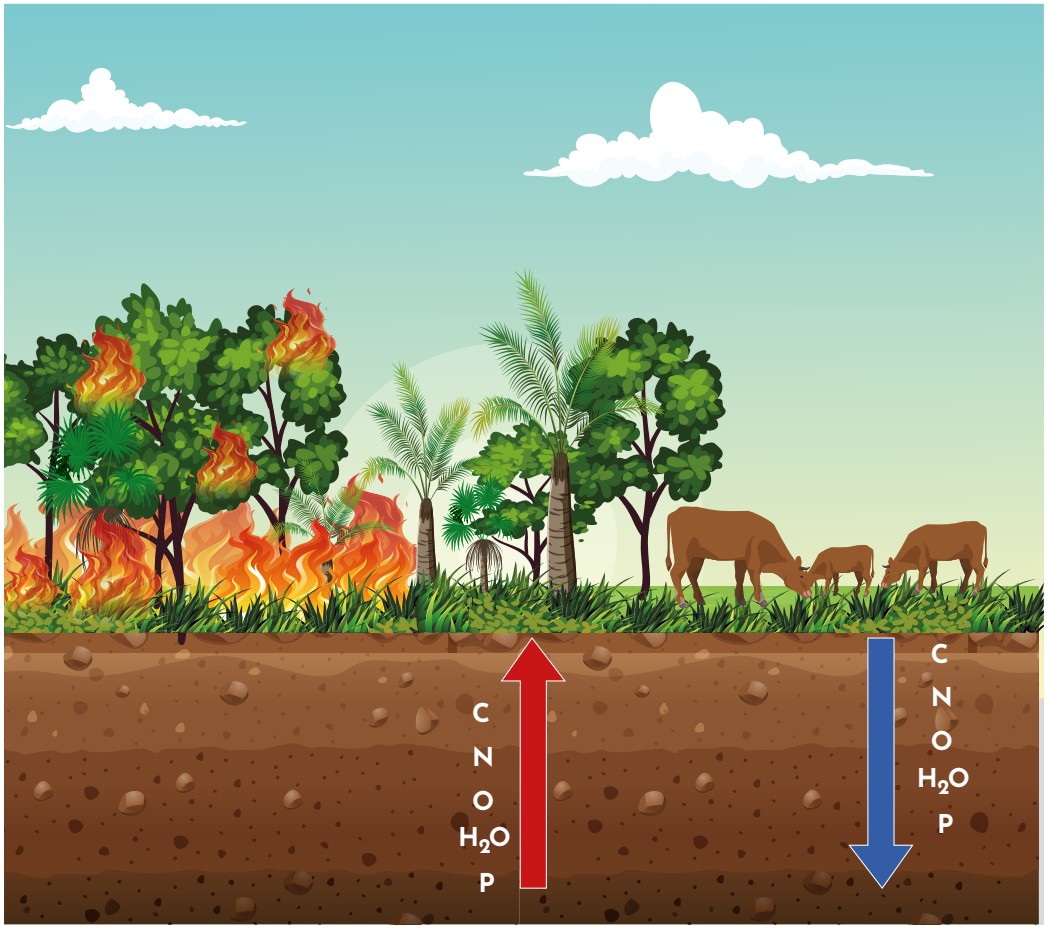


Figura 3. Diagramación de la pérdida de biodiversidad y fertilidad del suelo influenciada por los procesos de deforestación y establecimientos de pasturas en un periodo de 25 años bajo ganadería extensiva en la Amazonia

Otros componentes como la macrofauna del suelo (termitas, hormigas, lombrices, entre otros) también se ven afectados por los procesos de degradación. La diversidad de la macrofauna puede reducirse o incluso desaparecer, en los sistemas de uso del suelo más intensivos y disminuir gradualmente a lo largo de los gradientes de deforestación en zonas de bosque (Rodríguez et al., 2021). Por esta razón, se resalta la importancia de la conservación del suelo y la biodiversidad dentro de los componentes agrícolas y pecuarios en el bioma amazónico. Encontrar un equilibrio entre lo productivo y lo ambiental generará ecosistemas sustentables, donde ambas partes humano-ambiente obtendrán beneficios dentro de las áreas de producción.

Degradación de pasturas y producción ganadera

Impacto de la ganadería convencional sobre la producción de carne y leche

La producción de leche y carne en las zonas tropicales depende directamente de la producción de forrajes en cantidad y calidad, y de la composición racial del hato. En la amazonia la degradación de las pasturas generalmente está asociada a la pérdida de la fertilidad natural de los suelos, y se considera degradada cuando la especie principal pierde su nivel productivo en los potreros (Padilla et al., 2009).

Esta disminución progresiva de la capacidad para producir forraje se manifiesta visualmente con la presencia de hojas menos verdes y más angostas, así como en una baja capacidad de rebrote (Figura 4). Como consecuencia, se presenta pérdida de cobertura de la especie forrajera, disminuyendo la cantidad de alimento disponible para los animales (Figura 1), y dando paso a especies no deseadas, conocidas comúnmente como malezas (Rincón, 2006; Motta-Delgado, Ocaña-Martínez & Rojas-Vargas, 2019).



Figura 4. Cambios en aspectos visuales asociados con pasturas degradadas en la Amazonia

Pastura degradada por sobrepastoreo en el departamento del Caquetá.

Algunos de los factores más relevantes que generan una disminución en la producción de forrajes en las praderas e influyen en la cantidad y calidad de la pastura se presentan a continuación:

- Escogencia errada del material forrajero.
- Malas prácticas del pastoreo.
- (alta carga animal, sub-pastoreo, sobre pastoreo).
- Invasión por plantas dañinas o malezas.
- Falta o inadecuada fertilización.
- Compactación del suelo: baja infiltración del agua.
- Ataque de insectos plaga.

Generalmente en la producción doble propósito que es la dominante en el departamento del Caquetá (Figura 5), con

un promedio de producción de 4.5 litros vaca^{-1} día^{-1}, el cual es un promedio bajo comparado con departamentos como Antioquia y Cundinamarca donde los promedios de producción están alrededor de 20 litros vaca^{-1} día^{-1} (Torrijos-Rivera, 2021).

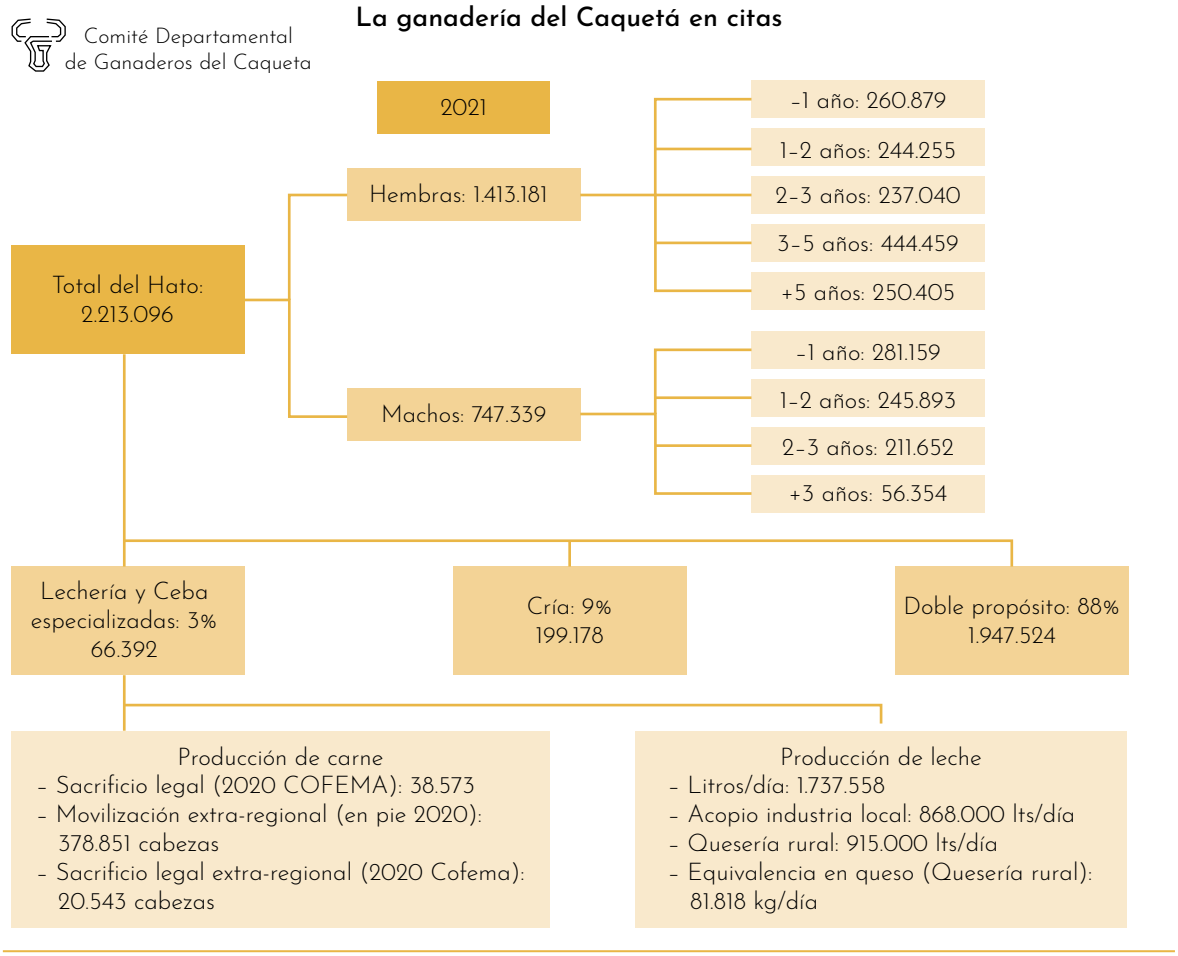


Figura 5. Inventario ganadero para el año 2021 en el departamento del Caquetá

Fuente: https://issuu.com/rafaeltorrijos/docs/contexto_2021

Una de las causas de esta baja producción es el modelo de explotación tradicional, predominante en la zona donde las pasturas degradadas limitan nutricionalmente a los bovinos y estos no logran expresar su mayor potencial productivo (Torrijos-Rivera, 2021).

Entonces un bovino que genéticamente está diseñado para producir entre 10 y 12 litros de leche día^{-1} termina produciendo un volumen inferior al 50% de su potencial (Figura 6), generando pérdidas económicas para el ganadero. Así

mismo, la producción de carne también se ve afectada por la degradación de los pastos, Un bovino que tiene la capacidad de incrementar aproximadamente entre 800 y 1000 gr día^{-1}, actualmente tiene ganancias de peso por animal diarias que oscilan entre los 400 y 450 gramos, en el departamento del Caquetá, debido a la baja calidad y disponibilidad de forrajes.



Figura 6. Reducción de la producción de leche y carne en el departamento del Caquetá

Estimación de costos y beneficios

A continuación se realizara un análisis costo – beneficio del establecimiento, manejo y producción de una pastura basados en las proyecciones realizadas por Gutiérrez et al. (2018)

¿A qué se le llama costo?

Es el valor de los insumos para tener un producto determinado, en este caso una pastura, en un tiempo determinado, para esto es necesario tener en cuenta:

- Conocer las actividades que se realizan para el establecimiento de la pastura
- Identificar los principales costos de manejo y operación de la pastura
- Valorar los costos en el mercado.
- Utilizar precios promedio/estables.
- Determinar los costos por hectárea.

¿A qué se le llama beneficio?

Son las ganancias que se obtienen después de una inversión que incurre unos costos, para esto es necesario

- Identificar todos los beneficios económicos asociadas a al establecimiento de la nueva pastura
- Conocer el valor de los beneficios en el mercado.
- Determinar los beneficios por hectárea.

A continuación, se estimará el costo del establecimiento (Tabla 1) y mantenimiento (Tabla 2) de una pastura, con un área de una hectárea y una unidad animal (UGG) de 2 animales ha^{-1}, así como los beneficios monetarios (Tabla 3) estimados cuando son realizadas las prácticas descritas en los costos.

Establecimiento

Tabla 1. Descripción de los costos totales de inversión para el establecimiento por hectarea de pastura tecnificada con una UGG de 2 animales ha^{-1}.

Descripción	*Unidad de medida*	*Cantidad*	*Valor unitario*	*Valor Total*
Adecuación del terreno	Jornales	2	$ 30,000	$ 60,000
Mecanización	ha	1	$ 500,000	$ 500,000
Aplicación de herbicida	Jornales	3	$ 30,000	$ 90,000
Aplicación de enmienda	Jornales	1	$ 30,000	$ 30,000
			Total	$ 680,000
		Siembra		
Siembra	Jornales	2	$ 30,000	$ 60,000
Resiembra	Jornales	1	$ 30,000	$ 30,000

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Control de malezas	Jornales	2	$ 30,000	$ 30,000
			Total de siembra	$ 150,000
		Insumos		
Enmiendas (calfos)	Bulto X 50K	10	$ 40,000	$ 400,000
Fertilizante DAP	Bulto X 50K	2	$ 85,000	$ 170,000
Fertilizante urea	Bulto X 50K	1	$ 65,000	$ 65,000
Herbicida (glifosato)	Galón	1	$ 60,000	$ 60,000
			Total agroquímicos	$ 695,000
Semilla de pasto mombasa	Kilo	10	$ 44,000	$ 440,000
			Total de material vegetal	$ 440,000
		Inversión		
Vacas lecheras	Unidad	2	$ 3,000,000	$ 6,000,000
			Total de inversión	$ 6,000,000
			Total	$ 7,965,000

Fuente: https://www.biopasos.com/biblioteca/100v%20Cartilla_Manejo_Pasturas_CRPLivestock_Final-2.pdf

Costos de mantenimiento

Tabla 2. Descripción de los costos de mantenimiento por *año de una pastura* de 1 ha con una UGG de 2 animales ha^{-1}.

Rubro	$ ha año^{-1}
Manejo de ganado	$ 273,750
Sal Mineralizada (10%)	$ 100,000
Sanidad (Vacunas, Purga)	$ 2,362,500
Mano de obra permanente (1/4 jornal día^{-1})	
Manejo de pastura	
Fertilizantes	$ 81,000
Herbicidas	$ 25,000
Mano de obra	$ 50,000
Enegia	$ 25,000
Total	$ 2,917,250

Fuente: https://www.biopasos.com/biblioteca/100v%20Cartilla_Manejo_Pasturas_CRPLivestock_Final-2.pdf

Según Gutiérrez et al. (2018), se calculan ingresos aproximados de $3.969.000 ha año^{-1} producto de la venta de leche de dos vacas con una producción media de 7 litros durante 270 días de lactancia. Por lo tanto, la Tabla 3 refleja la descripción de las utilidades generadas después de la inversión.

Tabla 3. Descripción de las utilidades generadas.

Litros de leche/año	*Terneros destetos*	*Mantenimiento*	*Unidad/ha/año*
$ 3,969,000	$ 1,600,000	$ 2,917,250	$ 2,651,750

Fuente: https://www.biopasos.com/biblioteca/100v%20Cartilla_Manejo_Pasturas_CRPLivestock_Final-2.pdf

Entonces entendemos que si hacemos una inversión de $ 7.965.000 incluyendo compra de animales, establecimiento de pastura y costos de mantenimiento, tendremos utilidades netas de $2.651.750 ha año-1.

Pérdida de ingresos por pasturas degradadas

La mayoría de los hatos ganaderos en el departamento del Caquetá no explotan sus pasturas en el 100% de su potencial, lo cual se ve reflejado en una disminución sustancial en la producción de leche y carne, con incidencia directa sobre los ingresos de los productores.

Por lo tanto, a continuación, se hará un análisis de los ingresos que se dejan de percibir por efecto de la pérdida de la calidad del suelo y consecuentemente la degradación de pasturas.

Capacidad de carga

La Tabla 4 ilustra una breve comparación de la capacidad de carga entre una pastura es condiciones óptimas y una pastura degradada.

Tabla 4. Capacidad de carga promedio de pasturas en estado óptimo y degradadas.

Concepto	Pasturas Optimas	Pasturas degradadas
Carga Animal	2 UGG*	0.65 UGG**

Fuente: Soto et al., 2014; Fedegan, 2016

Entonces si una finca cuenta con un área de 10 hectáreas en pasturas, habría diferencias considerables en términos de producción si las pasturas se encuentran en estado óptimo o degradas. A continuación de ilustran dichas diferencias:

Tabla 5. Comparación entre pasturas óptimas y degradas, en términos de producción de leche, carne y terneros destetos en un área de 10 ha.

Diferencias en Pasturas		
Concepto	Pasturas Óptimas	Pasturas Degradadas
Animales	20	7
Porducción de leche (70% del hato con una media de 5 litros vaca^{-1} dia^{-1})	70	25
Producción de carne con base en una ganancia de 400 gr animal^{-1} dia^{-1}	8000	2800
Teneros destetos por año del ordeño	20	7

Por lo tanto, al haber diferencias en términos productivos, se tendrá de manera inherente diferencias en los ingresos totales obtenidos dentro de cada predio. A continuación, la Tabla 6 compara los ingresos brutos obtenidos dentro de los diferentes manejos.

Tabla 6. Comparación de los ingresos netos obtenidos entre pasturas en estado óptimo y degradas en un área de 10 ha.

Diferencias en Pasturas				
Concepto	Pasturas Óptimas	Pasturas Degradadas	Diferencia día	Diferencia mes
Producción de leche (70% del hato con una media de 5 litros vaca^{-1} día^{-1})	$ 70,000	$ 25,000	$ 45,000	$ 1,350,000
Producción de carne con base en una ganancia de 400 gr animal^{-1} dia^{-1}	$ 48,000	$ 16,800	$ 31,200	$ 936,000
Teneros destetos por año del ordeño	$ 16,000,000	$ 5,600,000	$ 28,493	$ 854,795
Producción año^{-1}	$ 59,069,775	$ 20,856,830		
Diferencias en pasturas año^{-1}	$ 38,212,945			

Entonces podemos concluir que las pasturas degradadas además de generar impactos a nivel ambiental también generan pérdidas productivas y económicas, desmejorando considerablemente la calidad de vida de los productores ganaderos en el departamento.

Alternativas sustentables de producción bovina

Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas

Basados en consideraciones establecidas por Gutiérrez et al. (2018)

Selección del sitio de la pastura

Para el establecimiento de la pastura se hace necesario conocer los recursos disponibles en la finca tales como: mano de obra, disponibilidad de herramientas e infraestructura esto nos permite tener un mayor éxito a la hora de establecer las pasturas

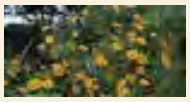
Para la escogencia del área se deben tener las siguientes consideraciones

- Propósito de la pastura (ceba o lechería)
- Tipo de gramínea a utilizar
- Topografía del área a intervenir
- calidad del suelo de la zona además de los drenajes
- Tipo de vegetación dominante

Con esta información se logra definir la manera en la cual se establecerá la pastura y la especie a sembrar. La Tabla 7 y Tabla 8, brindan información de algunas especies leguminosas y pastos que se pueden asociar y seleccionar en el

establecimiento de pasturas, así como información de las principales características productivas que se deben tener en cuenta para la implementación dentro de los predios.

Tabla 7. Selección de especies leguminosas potencialmente asociadas a pasturas y principales características productivas.

Leguminosas							
Especie		*Ciclo vegetativo*	*pH*	*Fértilidad del suelo*	*Altitud (msnm)*	*Proteína (%)*	*Digestibilidad (%)*
Leucaena leuco-cephala		Perenne	6.0-8.0	Media	0-1200	20-25	65-80
Desmo-dium velutinum		Perenne	4.0-8.5	Baja a media	0-1500	20-25	65-80
Arachis pintoi		Perenne	4.0-8.0	Baja a media	0-1500	10-15	60-70
Leucaena diversifolia		Perenne	5.5-7.5	Baja a media	0-2000	20-25	50-60
Tithonia Diversifo-lia		Perenne	4.5-7.5	Baja a media	0-2400	14-28	65-72

Fuente: https://www.biopasos.com/biblioteca/100v%20Cartilla_Manejo_Pastu-ras_CRPLivestock_Final-2.pdf

Tabla 8. Selección de especies de pastos usados en regiones tropicales y principales características productivas.

Leguminosas							
Especie		*Ciclo vegetativo*	*pH*	*Fértilidad del suelo*	*Altitud (msnm)*	*Proteína (%)*	*Digestibilidad (%)*
Brachiaria brizantha-Toledo		Perenne	4.0-8.0	media-al-ta	0-1800	7-14	55-70
Brachiaria brizantha-Piatá		Perenne	4.0-8.0	media-al-ta	0-1800	7-14	55-70
Brachiaria brizantha-Marandú		Perenne	4.0-8.0	media-al-ta	0-1800	7-14	55-70
Brachiaria hibrido-Cayman		Perenne	4.5-8.0	media	0-1600	12-15	55-62

Leguminosas							
Especie		Ciclo vegetativo	pH	Fértilidad del suelo	Altitud (msnm)	Proteína (%)	Digestibilidad (%)
Brachiaria hibrido- Mulato II		Perenne	4.5-8.0	media	0-1600	12-15	55-62
Brachiaria humidicola		Perenne	3.5-6.0	baja	0-1800	6-8	50-56
Brachiaria decumbes		Perenne	4.0-6.0	medio-ba-jo	0-1800	8-10	50-60
Brachiaria dictyoneu-ra		Perenne	4.0-6.0	medio-ba-jo	0-1800	9-11	50-60
Mombasa		Perenne	6.0-8.0	alta	0-2000	10-15	55-65
Braquipara		Perenne	4.5-6.0	medio	0-1600	8-11	50-70

Fuente: https://www.biopasos.com/biblioteca/100v%20Cartilla_Manejo_Pastu-ras_CRPLivestock_Final-2.pdf

Preparación del terreno

Una vez seleccionado el sitio donde se va a establecer la pastura es necesario considerar los siguientes aspectos

- Eliminación de elementos que dificulten la preparación del terreno (troncos, piedras entre otros).
- Labranza (mecanizada o mínima)
- Control de arvenses (Malezas)
- Aplicación de enmiendas y fertilizantes.

Siembra

Es uno de los pasos claves en el propósito de tener éxito en el establecimiento, y es preciso realizarlo lo más pronto posible

después de la preparación del terreno y teniendo en cuenta el inicio de la temporada de lluvias.

Así mismo es de tener en cuenta

- Tipos de material a utilizar (Semilla o material vegetativo)
- Método de siembra (al voleo, en hileras, franjas o chuzo)

Manejo después de la siembra

- Resiembra
- Control de malezas
- fertilización

Primer pastoreo

Esta actividad se debe realizar en promedio para la gran mayoría de especies de gramíneas entre los 90 y 120 días posteriores a la siembra, es recomendable que el primer pastoreo se haga con animales que no superen los 300 kg de peso vivo, con el fin de no maltratar las plantas y tener un buen macollamiento para el segundo corte.

Manejo de la pradera

Para lograr un desarrollo óptimo de la pastura y que esta tenga un periodo productivo eficiente a través de los años es clave.

El buen manejo de las pasturas da como resultado

- Una buena recuperación de las praderas
- Mayor disponibilidad de forraje.
- Mejor calidad de forraje.
- Mejor control de parásitos y enfermedades
- Mejor fertilidad del suelo

- Mayor UGG
- Menor aparición de arvenses.

Pastoreo rotacional

Es el mecanismo, de administración de la pastura mediante el cual los animales cambian de potreros consumiendo el forraje disponible (Figura 7), se consideran dos periodos:

Ocupación: Es el tiempo que los animales están en el potrero, debe ser corto para evitar el sobrepastoreo y favorecer la recuperación de la pradera dando fuerza a los rebrotes.

Descanso: Es el tiempo en el que los animales están fuera del potrero, el pasto inicia su periodo de recuperación hasta que está listo para la entrada nuevamente del ganado.

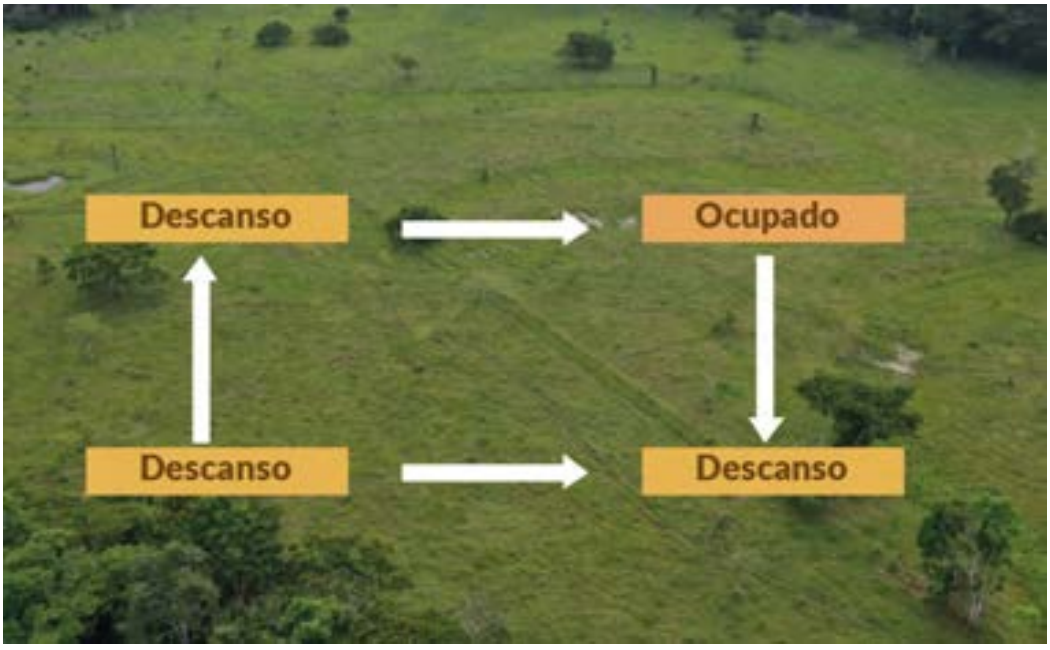


Figura 7. Esquematización del pastoreo rotacional (periodos de descanso y ocupación)

Nota: Si la pastura no es un híbrido, el tiempo de descanso debe terminar justo antes que el pasto florezca.

Cálculo de la capacidad de carga

Se colectan muestras de la pastura en un área de 1 m^2 como mínimo 10 repeticiones

a. *Peso promedio de la muestra*
b. *Se suma el peso de todas las muestras recogidas y se divide entre el número de muestras.*
c. *Producción de forraje verde (FV)*
d. *El peso promedio por m^2 se multiplica por el área de potrero disponible*
e. *Nota: en el cálculo de la estimación de forraje dependiendo de la báscula es mejor estandarizar las mediciones a la unidad kg.*
f. *Pérdidas estimadas*
g. *Debido al pisoteo de animales, sus heces y orina, es necesario calcular la cantidad de forraje verde (FV) que se puede llegar a perder. la práctica recomienda estimar entre un 10–30%.*
h. *Forraje verde disponible (FVD)*
i. *A los valores de FV le restamos las pérdidas estimadas para obtener la disponibilidad de forraje por hectárea y por cada uno de los pastoreos.*
j. *Consumo unidad gran ganado (UGG)*
k. *En este punto calcularemos el consumo por animal, estimando un consumo de 10% de su peso vivo. en promedio la UGG son 450 kg de peso vivo*
l. *Entonces la relación entre forraje disponible y consumo por animal-día conoceremos la capacidad de alimentación de cada potrero.*
m. *Nota: Es necesario que el periodo de descanso permita una recuperación completa de la pastura para un nuevo pastoreo, se estima que para zonas tropicales con pasturas mejoradas este periodo debe oscilar entre 40 y 60 días (Gutiérrez et al., 2018).*



Figura 8. Pasos para la realización de aforo de pasturas

Manejo silvopastoril

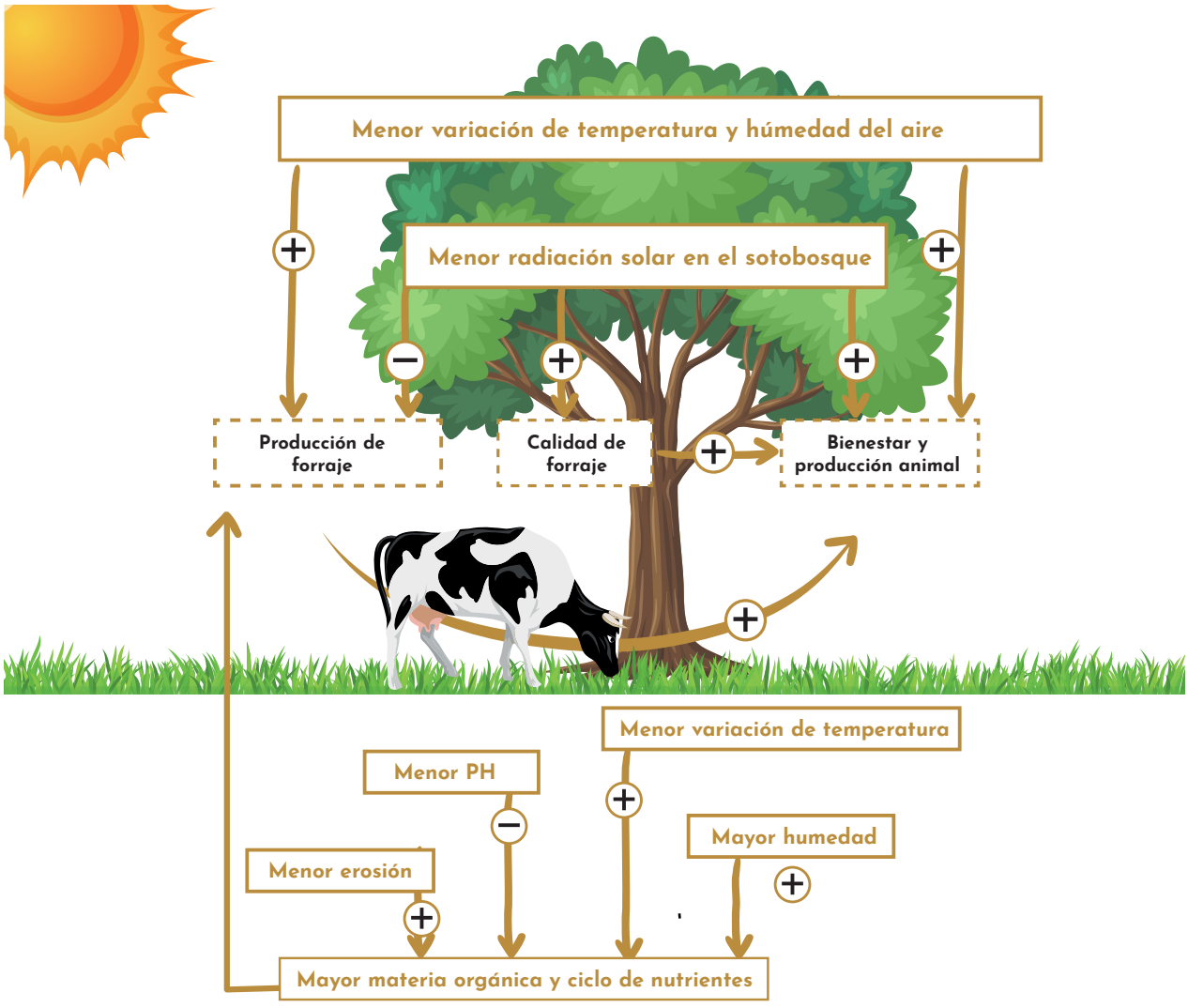
La diversificación de los pastos, particularmente con especies forestales, a menudo resulta en una mayor producción de forrajes y calidad de suelo, permitiendo un mejor ciclaje de nutrientes y una mayor resistencia al impacto ocasionado por el ganado sobre el suelo, además de permitir una mayor producción de leche y carne.

Pero ¿Cómo el componente arbóreo en asociación con pasturas permite agroecosistemas más sustentables? Si bien se ha estudiado, unos de los principales beneficios se han asociado con una mayor capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo, mejorando múltiples funciones del mismo.

La adopción de sistemas silvopastoriles permite espacios más diversos. Por ejemplo, alrededor de los árboles se puede encontrar las llamadas "islas de fertilidad" (Avendaño-Yáñez et al., 2018), debido a que las plantas perennes leñosas aumentan el aporte de materia orgánica en forma de caída

de hojarasca, exudación y renovación de raíces, permitiendo una mayor entrada de nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio (Figura 8). Sumado a esto, las pasturas poseen un sistema radicular denso, con un ciclo de vida más corto, incorporando materia orgánica y nutrientes constantemente en la subsuperficie del suelo. Un sistema de raíces más diversificado dentro las áreas de sistemas silvopastoriles también promueven una mejor distribución de macro y microporos en el suelo, procesos que resultan en suelos menos compactados, así como en microhábitats aptos para el establecimiento de comunidades de microorganismos (Vazquez et al., 2020; Polanía-Hincapié et al., 2021).

Figura 9. Beneficios sobre el suelo asociado con el manejo silvopastoril.



Un mayor almacenamiento de carbono también resulta en una estructura del suelo más resistente a los factores de

intervención externos, debido a que el carbono actúa como un agente de cementación en los agregados del suelo, es decir, permite la presencia de agregados más rígidos, y por lo tanto los protege de alteraciones externas como el pisoteo animal. Esto también se podría interpretar en una mayor capacidad de carga dentro de los potreros, así como en suelos menos erosionados, y con mayor retención de agua y nutrientes (Hoosbeek et al., 2018; Olaya-Montes et al., 2020).

La heterogeneidad del hábitat creado por los árboles y los animales en pastoreo también mejora la productividad de los sistemas agropecuarios. El uso de árboles en sistemas de producción tropical reduce potencialmente el estrés calórico de los animales al generar microclimas en las áreas de pastoreo. Bajo la copa de los árboles se ha encontrado reducciones de temperatura entre 2 a 9 °C con relación a la encontrada en pasturas abiertas. Así mismo, la sombra favorece la eficiencia de las vacas productoras de leche, las cuales toleran menos el calor debido a que producen una gran cantidad de calor metabólico en los procesos digestivos, generado por el alto consumo de materia seca para mantener buenos niveles de producción.

La Tabla 9 presenta una comparación de la capacidad de carga y la producción de leche y carne entre una pastura tradicional y un sistema silvopastoril en áreas del trópico húmedo:

Tabla 9. Comparación de la capacidad de carga, producción de leche y ganancia de peso diaria, entre áreas de pastura tradicional y sistema silvopastoril en regiones tropicales.

Cracterísticas	*Unidad*	*Pastura*	*Sistema silvopastoril*
Capacidad de carga	UGG	0.6-0.8	1.1-2.5
producción de leche	litros vaca^{-1} día^{-1}	3.5-6	7-10
Ganancia de peso	kg animal^{-1} día^{-1}	0.25-0.45	0.42-0.78

Fuente: Cuartas-Cardona et al., 2014; Cairo, 2017; Enciso et al., 2018

Por lo tanto, es importante comprender que la diversificación de las áreas de pasturas son alternativas potencialmente

productivas, y son estrategias promisorias que contribuyen a la regulación de los procesos climáticos globales, además de conservar y mejorar la calidad del suelo.

Bancos mixtos de forrajes y uso efectivo del agua en la ganadería

Los bancos mixtos de forrajes son una alternativa para mejorar la calidad alimenticia del ganado, estas áreas se componen de una asociación de varias especies con características energéticas y proteicas (gramíneas, arbustos, árboles forrajeros) sembradas y manejadas con una densidad superior a 10000 plantas por hectárea, con el propósito de obtener follaje verde de buenas características composicionales destinado a la alimentación de los animales (Valle-Moreno et al., 2018).

Estas características convierten a los bancos mixtos de forraje en una excelente alternativa para mejorar la oferta alimenticia y el sostenimiento del ganado, además, trae beneficios ambientales asociados a la protección del suelo, ciclaje de nutrientes y la generación de sombra (Giraldo et al., 2011).

Entre las principales especies energéticas usadas en el trópico, encontramos Caña forrajera, Maíz forrajero, Elefante, Mombasa-guinea, entre otros (Tabla 10). A su vez, otras especies como el Botón de oro, Veranera, Matarraton, y Leucaena, se destacan por su alto componente proteico, las cuales son utilizadas para corte, acarreo, picado y conservación de forrajes (ensilaje) (Tabla 10).

Tabla 10. Características productivas de especies comúnmente utilizadas en la implementación de bancos mixtos de forrajes.

Especies para banco mixto de forraje					
Nombre		*Tipo*	*Altitud (msnm)*	*Adaptación de los suelos*	*Requerimiento de luminosidad*
Boton de oro (*Tithonia diversifolia*)		Arbusto	0-2400	Desde neutros a acidos, desde fertiles hasta muy pobres, no soporta suelos ma drenados ni inundaciones	Requiere plena exposición al sol pero tolera sombra media

Especies para banco mixto de forraje					
Nombre		Tipo	Altitud (msnm)	Adaptación de los suelos	Requerimiento de luminosidad
Matarratón (*Gliricidia sepium*)		Árbol	0-1600	Se desarrolla en suelos livianos y profundos, tolera acidez moderada y sitios erosionados, no crece bien en pesados y humedos	Exige plena exposición al sol
Morera (*Morus alba*)		Arbusto	0-2500	Exige suelos fertiles y bien drenados, alta materia órganica y demanda fertilización continua	Requiere plena exposición al sol pero tolera sombra ligera
Nacedero (*Trichantera gigantea*)		Árbol	0-2300	Crece bien en suelos profundos, aireados y bien drenados, pero tolera suelos acidos y con bajos niveles de fosforo. Soporta sitios humedos	Tolera niveles medios de sombra
Leucaena (*Leucaena leucosephala*)		Árbol	0-1600	No soporta suelos muy acidos con toxicidad por aluminio o hierro, ni mal drenados, tolera la sequia y no tolera la sombra	Exige plena exposición al sol
Clitoria (*Clitoria ternatea*)		Leguminosa herbácea	0-1600	Suelos que no se inunden, con pH entre 4.5-8.0	Tolera niveles medios de sombra
Yuca forrajera (*Manthot esculenta*)		Arbusto	0-1500	Suelos sueltos, poco profundos con buena fertilidad	Exige plena exposición al sol

Ventajas y desventajas de los Bancos Mixtos de Forraje

Ventajas:

- Son una fuente de alimento con altos contenidos de energía y proteína para los animales en época donde escasea el alimento.

- Las especies de los bancos mixtos de forraje tiene la ventaja de poderse secar con el fin de producir harina con las mismas propiedades nutricionales del forraje fresco, además también se pueden ensilar.
- El asocio de gramíneas, árboles y arbustos ayuda a proteger el suelo, optimiza la provisión de servicios medioambientales en la finca ganadera, aumenta la biodiversidad y ciclaje de nutrientes.

Desventajas:

- Exigencias de fertilizaciones continuas, por la exigencia nutricional de las especies establecidas.
- Altos costos de mantenimiento debido al continuo control de arvenses
- Estricto control fitosanitario.

Diagnóstico visual de la calidad del suelo

Una herramienta metodológica práctica para productores

El concepto de calidad de suelo posee varias definiciones entre ellas la usada por (Larson y Pierce, 1991) donde precisan que la calidad del suelo es "la capacidad para funcionar dentro de los límites del ecosistema e interactuar positivamente con los ecosistemas circundantes". Actualmente existe todo un grupo de indicadores que representan la interacción entre las propiedades físicas, químicas y biológicas con procesos involucrados naturales o antrópicos, que permiten su medición.

Un aspecto fundamental y clave a la hora de evaluar la calidad del suelo, es su *estructura*, generalmente se afirma que cuando una estructura es pobre, es la causa común de los problemas físicos del suelo. Además, la estructura del suelo tiene influencia directa en los procesos físicos, químicos y biológicos que sustentan las funcionalidad del suelo.

Por lo tanto, cuando los suelos están expuestos a cambios en el uso de la tierra, sus propiedades físicas y biológicas se ven afectadas por los cambios en la calidad del suelo derivado un manejo intensivo (Guimarães et al., 2011; Pulido-Moncada et al., 2017).

A continuación, se presenta un método fácil y rápido para hacer un diagnóstico de la estructura visual del suelo de su finca.

La evaluación visual de la estructura del suelo (VESS, por sus siglas en inglés), que fue propuesto por Guimarães et al. (2011), es un mecanismo de bajo costo y fácil aplicación, que permitirá a los productores tener una noción acertada y verás del estado de la estructura del suelo, orientando a una mejor toma de decisiones, que potencialice la productividad dentro de los predios. Este protocolo consiste en un método rápido y simple que permite clasificar la estructura del suelo basándose en la inspección visual y táctil de un bloque de suelo extraído con una pala. La escala de evaluación varía entre 1 (estructura buena), hasta 5 (estructura pobre), donde las puntuaciones son asignadas por la persona que hace la evaluación. A continuación, se da a conocer algunas consideraciones para la realización de esta metodología.

Consideraciones previas

Materiales:

Pala plana (palín) de aproximadamente 20 cm de ancho y 22-25 cm de largo.

Opcional: Plástico, saco o bandeja de 50-80 cm de color claro, cuchillo pequeño y cámara digital.

Cuando muestrear:

En cualquier época del año, pero preferiblemente cuando el suelo esté húmedo. Si el suelo está demasiado seco o mojado puede ser difícil obtener una muestra de calidad. La inspección de raíces es mejor cuando el cultivo está establecido o pocos meses después de la cosecha.

¿Dónde muestrear?:

Escoja un área del cultivo o suelo uniforme, o bien un área específica donde sospeche que hay problemas en la estructura del suelo. Dentro de esta área, planee una cuadrícula para dividir la superficie en 10 o más puntos de muestreo. En parcelas experimentales puede ser conveniente restringir los muestreos a 3 o 5 por parcela.

Método de evaluación

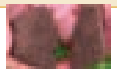
Para la realización de la evaluación visual de la estructura del suelo (VESS), se debe considerar aspectos relacionados con las condiciones del terreno y la manera en que se debe tomar y fragmentar la muestra de suelo. Así mismo, se debe detectar y medir capas homogéneas dentro del bloque de suelo extraído para la asignación de la puntuación. A continuación, la Tabla 11 y 12 ilustran el paso a paso y los aspectos a considerar en la evaluación.

Tabla 11. Orientación detallada para la realización de la evaluación visual de la estructura del suelo (VESS).

Pasos	*Opciones*	*Procedimiento*
	Estración y examen del bloque suelo	
Extraiga el bloque de suelo (calicata de 30 * 30 * 30 cm aprox)	En suelos sueltos	Extraiga un bloque de aproximadamente 20 cm de una de las paredes de la calicata, clavanco la pala lo mas profundo posible, si dejarlo quebrar pongalo sobre el plastico o la bandeja
	En suelos firmes	Cabe un hoyo un poco mas ancho y profundo que la pala, dejando un lado sin disturbar. A partir del lado intacto
Examen del bloque de suelo	estructura uniforme	Elimine las partes compactadas o rastrojos alrededor del bloque de suelo
	dos o mas capas con estructura diferente	Estime la profundidad de cada estrato y preparece para evaluar cada uno por separado
	Fragmentación del bloque	
Fragmentado del bloque		Mida la longitud del bloque y distinga estratos, manipule con cuidado el bloque con las dos manos para revelar las capas de cohesión entre grupos de agregados, si es posible separe los agregados naturales y terrones

Pasos	Opciones	Procedimiento
Desintegre los agregados mayores para confirmar la evaluación		Fragmente los agregados mas grandes hasta alcanzar los agregados de 1.5 s 2.0 cm de lado, examine su forma, porosidad, raices y facilidad de romperse, los agregados no porosos y con esquinas angulosas indican una estructura mas pobre y en consecuencia elevan el puntaje.
		Asignción de puntaje
Asignar una nota		Compare el suelo con las fotos de las 5 categorias y seleccione la que más le parezca
Calcule la nota o score del bloque con dos o más capas de diferente estructura		Multiplique la nota de cada una de las capas por su espesor, sume las notas de las capas, y luego divida el total por el largo del bloque. Por ejemplo; para un bloque de 25 cm, con una capa de 10 cm de profundidad de suelo suelto (Sq1), sobre un estrato más compacto (Sq3) a una profundidad de entre 10-25 cm, la nota del bloque es: [(1x10)+(3x15)]/25=Sq 2.2

Tabla 12. Características de los agregados del suelo para la asignación de las puntuaciones en la evaluación de la estructura del suelo (VESS).

Calidad estructural	*Tamaño y apariencia en los agregados*	*Porosidad visible y raíces*	*Apariencia después de la fragmentación: varios suelos*	*Apariencia después de la fragmentación: Mismo suelo diferentes manejos*	*Rasgo característicos*	*Apariencia y descripción de un agregado natural o fragmento de -1.5 cm de diámetro*	
Sq1 Friable Los agregados se desgranan fácilmente con los dedos	Generalmente < 6 mm después de fragmentar el bloque	Muy poroso Raíces por todo el suelo			 Agregados finos	 1 cm	El solo acto de fragmentar el suelo es suficiente para obtenerlos. Los agregados más grandes están compuestos por agregados más pequeños unidos por raíces
Sq2 Entero Los agregados son fáciles de romper con una mano	Una mezcla de agregados porosos y redondeados de 2 mma 7 cm. Sin la presencia de terrones causados por labranza	La mayor parte de los agregados son porosos Raíces por todo el suelo			 Agregados muy porosos	 1 cm	Cuando se presentan estos agregados son redondeados, muy frágiles se desmenuzan fácilmente y son muy porosos
Sq3 Firme La mayoría de los agregados se rompen con una mano	Una mezcla de agregados porosos de 2mm a 10 cm. Menos del 30% son < 1 cm Algunos agregados angulares y no porosos (terrones) pueden estar presentes	Puede haber macroporos y grietas presentes Porosidad y raíces; ambas dentro de los agregados			 Baja porosidad dentro de los agregados	 1 cm	Los agregados son bastantes fáciles de obtener. Tienen poca porosidad visible y son redondeadas. Las raíces normalmente crecen a través de los agregados
Sq4 Compacto Cuesta romper agregados con una mano	Generalmente >10 cm sub-angulares y no porosos, es posible encontrar estructura laminar, menos del 30% de los agregados < 7 cm	Pocos macroporos y grietas Todas las raíces están agrupadas en macroporos y alrededor de los agregados			 Agregados con macroporos aislados	 1 cm	Agregados fáciles de obtener cuando el suelo está húmedo, formas cúbicas con ángulos muy marcados y grietas internas
Sq5 Muy compactado Difíciles de romper	Generalmente >10 cm muy pocos < 7 cm, angulares y no porosos	Muy baja porosidad Macroporos pueden estar presentes. Puede contener zonas anaeróbicas. Pocas raíces en el caso de haberlas y restringidas a las grietas			 Color gris azulado	 1 cm	Los agregados son fáciles de obtener cuando el suelo está húmedo, aunque una fuerza considerable puede ser necesaria. Normalmente no se observa ningún poro o grieta

Bibliografía

Avendaño-Yáñez et al., (2018); Cuartas Cardona et al., 2014; Fonte et al., 2014; Guimarães et al., 2011; Hoosbeek et al., 2018; Karaca et al., 2021; Lopes et al., 2020; Melo et al., 2017; Olaya–Montes et al., 2020; Owuor et al., 2018; Padilla, n.d.; Paz González et al., 2014; Peng et al., 2021; Polanía-Hincapié et al., 2021; Rodriguez et al., 2021; Shang et al., 2014; Thomas et al., 2020; Vazquez et al., 2020)

Avendaño-Yáñez, M. de la L., López-Ortiz, S., Perroni, Y., & Pérez-Elizalde, S. (2018). Leguminous trees from tropical dry forest generate fertility islands in pastures. Arid Land Research and Management, 32(1), 57–70. https://doi.org/10.1080/15324982.2017.1377782

Cairo, J. d. (2017). El sistema silvopastoril como una alternativa adecuada para iniciar la reconversión ganadera en territorios Amazónicos. Disponible en: https://www.pidamazonia.com/content/el-sistema-silvopastoril-como-una-alternativa-adecuada-para-iniciar-la-reconversi%C3%B3n-ganadera#:~:text=entrar%C3%ADan%205%20hect%C3%A1rea-,Se%20estima%20que%20la%20deforestaci%C3%B3n%20de%20esta%20%C3%A1rea%20emite%20aproximadamente,-carga%20de%202%20U.G.G.%2Fhect%C3%A1rea&text=en%2050%20hect%C3%A1rea,aproximadamente%20400%20toneladas%20de%20carbono

Cuartas Cardona, C. A., Naranjo Ramírez, J. F., Tarazona Morales, A. M., Murgueitio Restrepo, E., Chará Orozco, J. D., Ku Vera, J., Solorio Sánchez, F. J., Flores Estrada, M.

X., Solorio Sánchez, B., & Barahona Rosales, R. (2014). Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 27(2), 76–94.

Enciso K; Bravo A; Charry A; Rosas G; Jäger M; Hurtado JJ; Romero M; Sierra L; Quintero M; Burkart S. (2018). Estrategia sectorial de la cadena de ganadería doble propósito en Caquetá, con enfoque agroambiental y cero deforestación. Publicación CIAT No. 454. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 125 p. Disponible en: http://hdl.handle.net/10568/91981

Fedega. (2016). Suplementación alimenticia en condiciones de pastoreo: La meta es lograr la producción bovina precoz. Disponible en: https://static.fedegan.org.co/notas/PG_24042016.pdf

Fonte, S. J., Nesper, M., Hegglin, D., Velásquez, J. E., Ramirez, B., Rao, I. M., Bernasconi, S. M., Bünemann, E. K., Frossard, E., & Oberson, A. (2014). Pasture degradation impacts soil phosphorus storage via changes to aggregate-associated soil organic matter in highly weathered tropical soils. Soil Biology and Biochemistry, 68, 150–157. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.09.025

Giraldo, J., Sinisterra, J. & Murgueitio, E. (2011). Árboles y arbustos forrajeros en policultivos para la producción campesina: Bancos Forrajeros Mixtos. LEISA revista de agroecología, 27(2).

Guimarães, R. M. L., Ball, B. C., & Tormena, C. A. (2011). Improvements in the visual evaluation of soil structure. Soil Use and Management, 27(3), 395–403. https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00354.x

Gutiérrez, J. F., Hering, J., Muñoz, J. J., Enciso, K., Bravo, A. M., Hincapié, B., ... & Burkart, S. (2018). Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas-Algunos aspectos clave a considerar (No. 471).

Hoosbeek, M. R., Remme, R. P., & Rusch, G. M. (2018). Trees enhance soil carbon sequestration and nutrient cycling in a silvopastoral system in south-western Nicaragua. Agroforestry Systems, 92(2), 263–273. https://doi.org/10.1007/s10457-016-0049-2

Karaca, S., Dengiz, O., Demirağ Turan, İ., Özkan, B., Dedeoğlu, M., Gülser, F., Sargin, B., Demirkaya, S., & Ay, A. (2021). An assessment of pasture soils quality based on multi-indicator weighting approaches in semi-arid ecosystem. Ecological Indicators, 121, 107001. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107001

Larson, W.E., Pierce, F.J., 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In: Dumanski, J., Pushparajah, E., Latham, M., Myers, R. (Eds.), International Workshop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. Vol. 2: Technical Papers. Proc. Int. Workshop. Chiang Rai, Thailand. 15–21 Sept. 1991. Int. Board for Soil Res. and Management, Bangkok, Thailand

Lopes, V. S., Cardoso, I. M., Fernandes, O. R., Rocha, G. C., Simas, F. N. B., de Melo Moura, W., Santana, F. C., Veloso, G. V., & da Luz, J. M. R. (2020). The establishment of a secondary forest in a degraded pasture to improve hydraulic properties of the soil. Soil and Tillage Research, 198, 104538. https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104538

Melo, V. F., Orrutéa, A. G., Motta, A. C. V., Testoni, S. A., Melo, V. F., Orrutéa, A. G., Motta, A. C. V., & Testoni, S. A. (2017). Land Use and Changes in Soil Morphology and Physical-Chemical Properties in Southern Amazon. Revista Brasileira de Ciência Do Solo, 41. https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170034

Motta-Delgado, P. A., Ocaña-Martínez, H. E., & Rojas-Vargas, E. P. (2019). Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: una revisión. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 20(2), 387-408.

Olaya-Montes, A., Llanos-Cabrera, M. P., Cherubin, M. R., Herrera-Valencia, W., Ortiz-Morea, F. A., & Silva-Olaya, A. M. (2020). Restoring soil carbon and chemical properties through silvopastoral adoption in the Colombian Amazon region. Land Degradation & Development, ldr.3832. https://doi.org/10.1002/ldr.3832

Owuor, S. O., Butterbach-Bahl, K., Guzha, A. C., Jacobs, S., Merbold, L., Rufino, M. C., Pelster, D. E., Díaz-Pinés, E., & Breuer, L. (2018). Conversion of natural forest results in a significant degradation of soil hydraulic properties in the highlands of Kenya. Soil and Tillage Research, 176, 36–44. https://doi.org/10.1016/j.still.2017.10.003

Padilla, C. (2009). Degradación y recuperación de pastizales. 4.

Paz González, A., de Abreu, C. A., Tarquis, A. M., & Medina-Roldán, E. (2014). Impacts of Land Use Changes on Soil Properties and Processes. The Scientific World Journal, 2014, e831975. https://doi.org/10.1155/2014/831975

Peng, S., Liu, W., Xu, G., Pei, X., Millerick, K., & Duan, B. (2021). A meta-analysis of soil microbial and physicochemical properties following native forest conversion. CATENA, 204, 105447. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105447

Polanía-Hincapié, K. L., Olaya-Montes, A., Cherubin, M. R., Herrera-Valencia, W., Ortiz-Morea, F. A., & Silva-Olaya, A. M. (2021). Soil physical quality responses to silvopastoral implementation in Colombian Amazon. Geoderma, 386, 114900. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114900

Rincón, A. C. (2006). Factores de degradación y tecnologías de recuperación de praderas. Disponibles en: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3791/1/024.1.pdf

Rodriguez, L., Suárez, J. C., Pulleman, M., Guaca, L., Rico, A., Romero, M., Quintero, M., & Lavelle, P. (2021). Agroforestry systems in the Colombian Amazon improve the provision of soil ecosystem services. Applied Soil Ecology, 164, 103933. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103933

Shang, Z. H., Gibb, M. J., Leiber, F., Ismail, M., Ding, L. M., Guo, X. S., Long, R. J., Shang, Z. H., Gibb, M. J., Leiber, F., Ismail, M., Ding, L. M., Guo, X. S., & Long, R. J. (2014). The sustainable development of grassland-livestock systems on the Tibetan plateau: Problems, strategies and prospects. The Rangeland Journal, 36(3), 267–296. https://doi.org/10.1071/RJ14008

Soto Montoya, C. (2014). Establecimiento de un sistema de pastoreo Voisin y evaluación de la productividad forrajera en una finca de ceba en Puerto Berrio Antioquia (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).

Thomas, A. L., Kallenbach, R., Sauer, T. J., Brauer, D. K., Burner, D. M., Coggeshall, M. V., Dold, C., Rogers, W., Bardhan, S., & Jose, S. (2020). Carbon and nitrogen accumulation within four black walnut alley cropping sites across Missouri and Arkansas, USA. Agroforestry Systems, 94(5), 1625–1638. https://doi.org/10.1007/s10457-019-00471-8

Torrijos-Rivera, R. (2021). Cifras de ontexto ganadero Caquetá 2021. Ed. Comité departamental de Ganaderos del Caquetá. Florencia, Caquetá. 32.

Valle-Moreno, R. J. D., Zarate-Ortiz, E. C., Barrera, L. E., & Ruiz-Corrales, C. (2018). Bancos mixtos de forrajes como alternativa alimenticia en periodos críticos de la producción animal en el Centro Agropecuario y de Biotecnología El Porvenir.

Vazquez, E., Teutscherova, N., Lojka, B., Arango, J., & Pulleman, M. (2020). Pasture diversification affects soil macrofauna and soil biophysical properties in tropical (silvo)pastoral systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 302, 107083. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107083


ARAÍNMBA
PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN