

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



POTENCIAL DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS FINCAS
GANADERAS COMO SUMIDERO DE CARBONO EN EL TRÓPICO HÚMEDO EN
LEONCIO PRADO

TESIS

Para optar el grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentado por:

ROLANDO MIGUEL ROJAS RAMON

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
UNIDAD DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 007-2022-UPG-FRNR-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 05:30 p.m. del viernes 15 de abril de 2022, reunidos virtualmente vía Microsoft Teams, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

**" POTENCIAL DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS
FINCAS GANADERAS COMO SUMIDERO DE CARBONO EN EL
TRÓPICO HÚMEDO EN LEONCIO PRADO "**

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención: Gestión Ambiental **ROLANDO MIGUEL ROJAS RAMON**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando APTO con el calificativo de **EXCELENTE**. Acto seguido, a horas 7.20 p.m. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dr. JORGE RIOS ALVARADO
Presidente del Jurado

.....
Dr. JOSÉ KALLÓN GUERRA LU
Miembro del Jurado

.....
Ing. M.Sc. WARREN RIOS GARCÍA
Miembro del Jurado

.....
Ing. M.Sc. RAFAEL ROBLES RODRIGUEZ
Asesor

.....
Dr. MILTON H. MUÑOZ BERROCAL
Asesor



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 228- 2023 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Escuela de Posgrado UNAS

Tipo de documento:

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
-------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
POTENCIAL DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS FINCAS GANADERAS COMO SUMIDERO DE CARBONO EN EL TRÓPICO HÚMEDO EN LEONCIO PRADO	ROLANDO MIGUEL ROJAS RAMON	24 % Veinticuatro

Tingo María, 17 de agosto de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomás Menacho Mallqui
DIRECTOR

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



POTENCIAL DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS FINCAS GANADERAS COMO SUMIDERO DE CARBONO EN EL TRÓPICO HÚMEDO EN LEONCIO PRADO

Autor	: Rolando Miguel Rojas Ramon
Asesores de tesis	: <i>M.Sc.</i> Rafael René Robles Rodríguez : Dr. Milthon Muñoz Berrocal
Programa de investigación	: Gestión Ambiental
Línea de Investigación	: Adaptación al cambio climático
Eje temático de investigación	: Fijación, captura y almacenamiento de carbono
Lugar de ejecución	: Ex Distrito de Aucayacu
Duración	: Fecha de inicio: noviembre 2018 : Fecha término: abril 2021
Financiamiento	: Precio S/. 9,769.10 nuevos soles

Tingo maría – Perú 2023



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA

1. DATOS GENERALES DE POSGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Maestría : Ciencias en Agroecología
Título de Tesis : Potencial de mitigación al cambio climático de las fincas ganaderas como sumidero de carbono en el trópico húmedo en Leoncio Prado
Autor : Rolando Miguel Rojas Ramon
Asesores de tesis : M.Sc. Rafael René Robles Rodríguez
: Dr. Milthon Muñoz Berrocal
Programa de investigación : Gestión Ambiental
Línea de Investigación : Adaptación al cambio climático
Eje temático de investigación : Fijación, captura y almacenamiento de carbono
Lugar de ejecución : Ex Distrito de Aucayacu
Duración : **Fecha de inicio:** noviembre 2018
: **Fecha término:** abril 2021
Financiamiento : Precio S/. 9,769.10 nuevos soles
FEDU : No
Propio : Si
Otros : No

Tingo María – Perú

2023

.....
Ing MS.c. RAFAEL R. ROBLES RODRÍGUEZ
Asesor

.....
Dr. MILTHON E. MUÑOZ BERROCAL
Asesor

.....
Ing. ROLANDO MIGUEL ROJAS RAMON
Tesisista

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios y a la Virgen de Guadalupe por darme la vida, salud, sabiduría y fuerzas para lograr mis metas y objetivos trazados a lo largo de mi vida.

A mi **MADRE** Lidia Violeta Ramon Quintana, mi **HERMANA** Lidia Natalia Rojas Ramon y mi **SOBRINO** Jeziel Antonio Salvador Rojas quienes son los pilares fundamentales en mi vida, mi **PADRE** Rolando Arturo Rojas Arroyo quien desde lo más alto se encuentra protegiéndome y guiándome día a día.

A mi **FAMILIA** Ramon Quintana; a todos por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. también, a mis **COMPAÑEROS Y MEJORES AMIGOS** quienes me acompañaron en todo este tiempo.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Escuela de Pos Grado a la maestría en Ciencias En Agroecología Mención Gestión Ambiental.
- A mis asesores de tesis: MSc. Rafael René Robles Rodríguez y Dr. Milthon Honorio Muñoz Berrocal.
- A los miembros de jurado de tesis: Dr. Jorge Ríos Alvarado, PhD José Kalion Guerra Lu, MSc. Warren Ríos García, por su apoyo y mejora de la tesis.
- A mi asesor y amigo el Ing. M.Sc. Rafael Robles Rodríguez quien me acompañó en los años de estudio de Pre Grado y Pos Grado y haber sido un complemento importante en este trabajo de investigación.
- A mis colegas Jhonatan Portocarrero Antoño y Gianyra Elizabeth Reyna Soto personas muy importantes con quienes inicié este trabajo de investigación y que a pesar de las dificultades que se ha tenido nos apoyamos en conjunto para salir adelante y cumplir nuestros objetivos finales.
- A mis amigos y colegas con quienes compartimos aulas durante el desarrollo de la maestría Jherlith Liliana Vásquez Acosta, Ronald Steward Celis Tarazona, Luery Alegría Angeles, Lucila Reyes Coral, Geraldine Huamancayo Ysminio, por tener la dicha de compartir momentos felices y alegres y de estar siempre juntos en la universidad.

ÍNDICE

	Página
I.INTRODUCCIÓN	1
II.REVISIÓN DE LITERATURA	1
2.1 . La actividad ganadera en el Perú.....	1
2.2 . Características de las pasturas tropicales.....	2
2.3 . Causas de la degradación de las pasturas	3
2.4 . Efectos de la degradación de las pasturas	3
2.5 . Cambio climático y gases de efecto invernadero	3
2.6 . Dióxido de carbono (CO ₂) y su rol en el efecto invernadero	4
2.7 . Sistema silvopastoril.....	5
2.8 Tipos de sistemas silvopastoriles	6
2.8.1 Cercas vivas.....	6
2.8.2 Bancos forrajeros de leñosas perennes.....	6
2.8.3 Leñosas perennes y pasturas en callejones	6
2.8.4 Árboles y arbustos dispersos en potreros.....	7
2.8.5 Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales.....	7
2.8.6 Cortinas rompevientos.....	7
2.8.7 Bancos de proteína.....	7
2.9 Contribuciones de los sistemas silvopastoriles a la mitigación del cambio climático	8
2.10 Adaptación al cambio climático en sistemas ganaderos	9
2.11 Mitigación al cambio climático en sistemas ganaderos	10
2.12 Componentes del almacenamiento de carbono en sistemas ganaderos.....	12
2.13 Estudios de estimaciones de almacenamiento de carbono	13

III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Zona de estudio	14
3.2. Época de evaluación	16
3.3. Calculo del tamaño muestral	17
3.4. Materiales y equipos.....	18
3.5. Metodología para el desarrollo del estudio.....	19
3.5.1 Fase pre-campo	19
3.5.2 Fase campo	22
3.5.3 Fase de gabinete	34
3.6. Variables.....	35
3.7. Análisis estadísticos.....	36
3.7.1. Para el diagnóstico de fincas	36
3.7.2. Para determinar diferencias entre tipos de sistemas	37
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Tipificación de los sistemas de producción ganadera basado en el nivel de degradación de sus pasturas en el ex distrito de José Crespo y Castillo	38
4.1.1. Tipificación de los sistemas de producción ganadera.....	38
4.1.2. Caracterización de los sistemas de producción ganadera	39
4.2. Determinación de las reservas de carbono aéreo y bajo suelo de las fincas seleccionadas según su nivel de degradación.....	45
4.2.1. Selección de fincas de los grupos identificados.....	45
4.2.2. Características de las fincas seleccionadas	46
4.2.3. Evaluación de las reservas de carbono aéreo	56
4.2.4. Evaluación de las reservas de carbono bajo suelo.....	61
4.3. Determinación del sistema ganadero con mayor potencial de mitigación al cambio climático como sumidero de carbono	66

4.4. Propuestas para mejorar el potencial de mitigación en los sistemas ganaderos del área de estudio	68
VI. CONCLUSIONES.....	73
VII. RECOMENDACIONES	74
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	75
IX. ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Fincas ganaderas en los distritos de la Provincia de Leoncio Prado	17
2. Tabla del Nivel de degradación en pasturas naturales.....	20
3. Tabla de niveles de degradación en pasturas mejoradas	21
4. Medias de los índices de degradación de las pasturas evaluadas	40
5. Análisis de varianza entre los grupos conformados según los índices de degradación para los dos tipos de pasturas (media \pm error estándar).....	42
6. Características evaluadas de las pasturas naturales en los grupos.....	42
7. Características evaluadas de las pasturas mejoradas en los grupos.....	44
8. Fincas seleccionadas por grupo conformado.....	46
9. Algunas características de las fincas seleccionadas de cada grupo tipificado.....	47
10. Características dasométricas de las especies arbóreas de la Finca 1	50
11. Características dasométricas de la guayaba de la Finca 2	51
12. Especies arbustivas encontradas en la cerca viva de la Finca 3	53
13. Características dasométricas de los parches de la Finca 3.....	54
14. Pesos medios de biomasa y carbono (t/ha) del componente herbáceo en las fincas (media \pm error estándar).....	56
15. Contenidos medios de biomasa y carbono del componente hojarasca entre fincas (media \pm error estándar).....	57
16. Biomasa y carbono arbóreo entre fincas (media \pm error estándar).....	58
17. Biomasa y carbono de cercas vivas (media \pm error estándar).	59
18. Biomasa y carbono aéreo en las fincas (media \pm error estándar).	60
19. Biomasa y carbono radicular herbáceo entre fincas (media \pm error estándar).	61
20. Biomasa y carbono radicular arbóreo entre fincas (media \pm error estándar).	62
21. Biomasa y carbono radicular de cercas vivas entre fincas (media \pm error estándar).	63
22. Carbono orgánico del Suelo (COS) entre las fincas (media \pm error estándar).	64
23. Carbono total bajo suelo entre fincas (media \pm error estándar).....	65
24. Reservas de carbono total por sistema de estudio (media \pm error estándar).	66
25. Porcentajes de las reservas de carbono aéreo y bajo suelo entre los sistemas de estudio.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Figura
Figura 1. Mapa de ubicación del estudio.....	15
Figura 2. Proceso de evaluación de las pasturas.....	22
Figura 3. Esquema de la parcela y sus medidas en estudio.....	24
Figura 4. Delimitación de las parcelas de muestreo.....	24
Figura 5. Esquema de la parcela circular. Área 1 000 metros cuadrados.....	25
Figura 6. Identificación de especies arbóreas y medición del Dap.	26
Figura 7. Evaluación de la biomasa herbácea.....	28
Figura 8. Proceso para determinar el porcentaje de materia seca del pasto.....	29
Figura 9. Evaluación de la hojarasca.....	30
Figura 10. Construcción de la minicalicata para muestreo del suelo.....	32
Figura 11. Dendograma de agrupamiento de las 68 fincas evaluadas con base a los niveles de degradación de sus pasturas.	38
Figura 12. Porcentaje de fincas en los grupos conformados.....	39
Figura 13. Nivel de degradación, según los índices de degradación.....	41
Figura 14. Mapa de ubicación de la Finca 1, con degradación leve.....	49
Figura 15. Características de la Finca 1. Pasturas mejoradas con degradación leve, con árboles dispersos en potreros (capirona) y cerco vivo.....	49
Figura 16. Mapa de ubicación de la Finca 2 con degradación entre leve y severa.....	50
Figura 17. Características de la Finca 2. Pasturas naturales con degradación leve- severa, árboles dispersos (guayaba) y sin cercas vivas.....	51
Figura 18. Mapa de ubicación de la Finca 3 con degradación severa.....	52
Figura 19. Características de la Finca 3. Pasturas naturales con degradación severa y con cercas vivas.	52
Figura 20. Imágenes de los tres parches de evaluación.....	54
Figura 21. Mapa de ubicación de la Finca 4 con degradación muy severa.....	55
Figura 22. Características de la Finca 4. Pasturas naturales con degradación muy severa.	55
Figura 23. Tenores de carbono herbáceo por finca.....	56
Figura 24. Tenores de carbono de hojarasca por finca.....	58
Figura 25. Contenidos medios de carbono arbóreo entre fincas.....	59

Figura 26. Carbono aéreo comparativa entre las fincas en estudio	61
Figura 27. Carbono radicular herbáceo entre fincas.....	62
Figura 28. Carbono radicular arbóreo entre fincas	63
Figura 29. Carbono orgánico de suelo (COS) entre fincas.....	64
Figura 30. Carbono total bajo suelo entre fincas	65
Figura 31. Reservas de carbono total por sistema de estudio	67

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló en el ex distrito de Aucayacu, con el objetivo de determinar las reservas de carbono de los componentes aéreos y bajo suelo. Trabajamos con 68 fincas según el tamaño muestral. El primer trabajo consistió en tipificar las 68 fincas de acuerdo con su nivel de degradación de sus pasturas. Se utilizó el análisis multivariado de conglomerados para la tipificación, encontrando cuatro distintos tipos de fincas de acuerdo su nivel de degradación. El primer grupo tienen pasturas mejoradas, árboles dispersos en sus potreros, cercas vivas y presentan una degradación leve. El segundo grupo presenta una degradación entre leve-severa, pasto natural y mejorado, con árboles dispersos sin cercas vivas. El tercer grupo tiene pastos naturales sin árboles y con cercas vivas con una degradación severa, el grupo 4 que presenta una degradación muy severa con pastos naturales, sin árboles y sin cercas vivas. La determinación de las reservas de carbono se realizó escogiendo una finca de cada grupo, resultando la finca 1, con mayores reservas de carbono aéreo y bajo suelo (108,16 t C/ha), la finca 4 presenta menor contenido de carbono (54.02 t C/ha). Las fincas 2 y 3 tienen estadísticamente contenidos de carbono similares, que van desde 74 a 84 t C/ha. Las reservas de carbono en los sistemas ganaderos dependen del nivel de degradación de sus pasturas y del número de componentes bióticos, los sistemas con árboles en sus potreros son los sistemas silvopastoriles con mayor potencial de mitigación al cambio climático.

Palabras clave: Sistemas silvopastoriles, degradación de pasturas, reservas de carbono

ABSTRACT

The research work was carried out in the ex-district of Aucayacu with the objective of determining the carbon reserves from the aerial and underground components. The work was done with sixty eight farms, according to the sample size. The first job consisted in typifying the sixty eight farms according to the level of degradation of their pastures. Multivariate clustering was used for the typification, where four distinct types of farms were found, according to the level of degradation. The first group had improved pastures, trees dispersed in the pastures, living fences, and presented a slight degradation. The second group presented a slight to severe degradation, natural and improved grasses, and dispersed trees without living fences. The third group had natural grasses without trees nor living fences and a severe level of degradation. The fourth group presented a very severe level of degradation with natural grasses and no trees, nor living fences. The determination of the carbon reserves was done by choosing a farm from each group; the results were that farm 1 had the greatest aerial and underground carbon reserves (108,16 t C/ac) and farm 4 presented the least carbon content (54,02 t C/ac). Farms 2 and 3 statistically had similar carbon contents, which were from 74 to 84 t C/ac. The carbon reserves for the livestock systems depend on the level of degradation of the pastures and the number of biotic components; the systems with trees in the pastures were the silvopastoral systems with the greatest potential to mitigate climate change.

Keywords: silvopastoral systems, pasture degradation, carbon reserves

I. INTRODUCCIÓN

Un aumento de los GEI atmosféricos provoca variaciones climáticas en la precipitación, humedad, temperatura, viento y otras. Este cambio afecta tanto al medioambiente, la salud y la economía de diferentes maneras (IPCC 2014a). Por lo tanto, los sistemas ganaderos deberán adoptar o adaptar muchas mejores prácticas para ayudar a adaptarse a las secuelas del cambio climático a fin de mantener y mejorar la productividad, la socioeconomía y el medio ambiente.

Si bien es cierto el sector pecuario contribuye al calentamiento global, con el 14% de las emisiones de carbono, también presenta una importancia social altamente significativa. Siendo representado por el 40% del producto bruto interno (PBI) agrícola mundial, generando trabajo para alrededor de 1.300 millones de personas. De estas, alrededor de 1.000 millones son pobres que dependen de la agricultura para subsistir.

Los productos animales proporcionan un tercio de las proteínas del mundo. Por otro lado, el crecimiento demográfico y el aumento de los ingresos económicos, han impulsado un crecimiento significativo de la demanda de productos animales. Se espera que a nivel mundial la producción cárnica alcance niveles significativos, de 229 millones de toneladas en 2000 a 465 millones de toneladas en 2050, entre tanto se espera que la producción láctea se incremente de 580 millones de toneladas a 1043 millones de toneladas durante el mismo período.

Los sistemas ganaderos actúan como fuente de gases de efecto invernadero, del mismo modo, estos contribuyen en la mitigación del cambio climático. La primera forma es eliminar el carbono del suelo y la biomasa de los árboles que cubren los bosques, los bosques plantados, los árboles dispersos en los pastizales y los pastizales. Con esta opción, algunas granjas pueden reducir sus emisiones o volverse más sostenibles. El segundo método es reducir las emisiones, lo que significa usar fertilizantes y métodos de extensión que usen más recursos, así como usar métodos para reducir los costos de energía en la producción agrícola. Las medidas de mitigación ayudan a disminuir los costos de producción y, por lo tanto, aumentan la competitividad de la producción ganadera.

Las fincas ganaderas que se encuentran en la superficie donde se realizó el estudio, tienen la capacidad de aumentar la cantidad de árboles y la diversidad de pastos y pastos para mejorar la productividad, las actividades socioeconómicas y el medio ambiente. El componente ambiental abarca los relacionados a preservar la biodiversidad, el carbono, el agua y el suelo como medidas para reducir el cambio climático.

El surgimiento de la producción ganadera en el área de estudio mostró la presencia de un sistema de producción débil debido a pastos de mala calidad, la mayor parte de los cuales son de origen natural y con altos signos de descomposición. Según el censo agropecuario de 2012, en el distrito primero de José Crespo y Castillo existen 467 fincas ganaderas con más de 6.000 vacas. Los sistemas ganaderos establecidos corresponden a sistemas tradicionales de explotación, existiendo en muchos de ellos, la presencia de leñosas de regeneración natural dentro de sus pasturas, variando es especies y densidades; asimismo, el uso de cercas vivas con varias especies asociadas. Esta incorporación de especies leñosas en sus sistemas de pasturas, generan un tipo de arreglos silvopastoriles, tales como árboles dispersos de regeneración natural y cercas vivas multiestratos.

Se sabe que los programas forestales hacen contribuciones significativas a la mitigación y adaptación climática. Otro método de estabilización es la eliminación de carbono por parte de las plantas producidas en el sistema y el suelo agrega materia orgánica.

Sin embargo, los sistemas de producción ganadera en el ámbito de estudio tienen mayor capacidad para mitigar el cambio climático, ya que la combinación de especies de plantas dentro de estos sistemas de producción puede actuar como sumideros de carbono.

Con base en todo lo anterior, se considera importante la pregunta: ¿Cuáles son las oportunidades para las prácticas ganaderas como sumideros de carbono en la ex zona de José Crespo y Castillo? La hipótesis que planteamos es que la capacidad de absorción y almacenamiento de carbono en los diferentes sistemas ganaderos está inversamente relacionada con la tasa de descomposición de sus pastos en la antigua zona de José Crespo y Castillo.

Para lograr dicha investigación se propone los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

Determinar el potencial de mitigación al cambio climático de los sistemas ganaderos como sumidero de carbono en el trópico húmedo bajo distintos escenarios de degradación de sus pasturas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Tipificar los sistemas de producción ganadera en base al nivel de degradación de sus pasturas, en el ex Distrito de José Crespo y Castillo.
2. Determinar las reservas de carbono aéreo y bajo suelo de las fincas seleccionadas según su nivel de degradación
3. Determinar el sistema ganadero con mayor potencial de mitigación al cambio climático como sumidero de carbono.
4. Proponer estrategias para mejorar el potencial de mitigación en los sistemas ganaderos del área de estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La actividad ganadera en el Perú

En el Perú, en la selva, sierra y costa son las regiones que se dedican a la actividad ganadera, las que van a determinar diversas características y sistemas de producción según la tipología de crianza. Y de esta manera, esta actividad, se debe desarrollar basándose en las potencialidades del territorio y a la utilidad de técnicas de crianza, con la finalidad de disponer con una actividad ganadera competitiva en un mercado regional, nacional y global.

Hay 768.800 cabezas de ganado en el área forestal, según el último censo agropecuario nacional (INEI 2012), basado en diferentes tipos de cebras. Esta cantidad de ganado se encuentra en 458.882 fincas agrícolas en el interior. Con base en el Plan de Producción Ganadera para el año 2017-2021 elaborado por el MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (2017), la ganadería continúa en tres áreas: ganado comercial (esencialmente en la costa), ganado menor y mediano (en la costa, zonas alto andinas y bosques) y ganado para la producción de alimentos (en la costa, zonas alto andinas y bosques).

La actividad ganadera bovina de carne está desarrollada y generalizada de manera práctica en el país, que ocupa una línea en el sector socioeconómico con gran impacto en el campo, fue cuestionada hasta la actualidad fuertemente por su desarrollo productivo y el impacto ambiental (Primavesi et al. 2004). Pese a ello, si se desea obtener sus dificultades reales, es necesario valorar aspectos intrínsecos como el proceso de la ganaderización y la influencia que ejerce en los recursos naturales, la disminución progresiva en los aspectos productivos y económicos, la falta de enfoque empresarial, la débil labor gremial, el lento desarrollo de la organización para la comercialización y aperturas de mercados.

La crianza de bovinos como actividad, caracterizado por generar puestos de trabajo y ampliar de un desarrollo social y contribuir al Producto Interno Bruto –PIB- nacional y agropecuario, hay una ausencia política agrarias específicas y transparentes, que guíen un

desempeño adecuado de la actividad ganadera, incluso dentro de la estructura económica y de la sostenibilidad ambiental (FAO 2015). De igual forma, el sector ha salido adelante con tecnología deficiente, el manejo ambiental, la administración empresarial, la evaluación económica y la participación con otras actividades productivas y con un mercado particular (FAO 2009). Esto fue un impedimento para vigorizar los progresos que son esenciales en el sistema ganadero para ser eficiente a las exigencias del mercado y hacer frente a cada una de las aflicciones en el entorno público y global.

El subsector ganadero debe utilizar las ventajas comparativas, como clima, suelo, pastos, zona geográfica, ganado vacuno, los recursos humanos, para obtener un gasto mínimo, teniendo los resultados esperados de interés interna y mitigando las importaciones, manejando y ofertando el producto a otros países y haciendo mejoras de vida de los productores comprometidos en este rubro. Es meritorio el valor que se le otorga a esta actividad por la mayor cantidad de tierras ocupadas (FAO 2007).

2.2 Características de las pasturas tropicales

Según el CIAT (2005) actualmente en América Tropical el 60% del área en pasturas degradadas. Alegre (2014), la Amazonía Peruana cuenta con 60 millones de hectáreas de bosque que aún no han sido deforestadas y 10 millones que ya están en proceso de degradación por los efectos de la tala indiscriminada y quema de la agricultura migratoria, de la inadecuada administración de los cultivos y del sobrepastoreo.

Según Pérez (2014) cuando una pradera tropical presenta indicadores del más del 20% sin una población vegetal esperada, con presencia de malezas superando el 10% del área, suelos con niveles de compactación elevadas, niveles altos de acumulación de agua por falta de drenaje y sin posibilidad de filtración, formando escorrentía, con una recuperación lenta de pasturas, será considerado pastura en degradación.

Los pastos mejorados tienden a deteriorarse de cinco a siete años después de su establecimiento (Holmann, et al. 2004), mientras que los pastos severamente degradados producen biomasa comestible de baja calidad (Betancourt et al. 2007).

2.3 Causas de la degradación de las pasturas

Según Staff (2014) La degradación en pasturas son debido a un exceso de pastoreo, la aplicación excesiva de herbicidas, el alto índice de quema indiscriminada, niveles altos de compactación, niveles altos de minerales dañinos en el suelo, así mismo Brown (2003), y Padilla y Sardiñas (2003) señalan que el origen son la baja fertilidad de los suelos, la presencia elevada de plantas invasoras, las sequías prolongadas, ataque de enfermedades y plagas, el lento desarrollo de las especies nuevas, la deficiencia en la administración de las pasturas, la escasez de fabáceas, los criterios inadecuados para cultivo en los pastos y las nuevas experiencias pecuarias.

Para los pastizales, los bajos niveles de nitrógeno en el suelo es la principal causa de pudrición (Robbins et al., 1986, cit. Rincon, 2006), que presentan como clorosis o enrojecimiento de las hojas y deficiencia de la planta.

2.4 Efectos de la degradación de las pasturas

Los estudios en el 2014, entre los motivos de destrucción de los pastos, se encuentra la reducción significativa de la producción de pastos, debido a la mala alimentación, el esperado aumento de especies no deseadas, el escaso desarrollo de las áreas con animales de cultivo, también con el fin de disminuir. en términos de peso animal por unidad, los ingresos brutos de la obtención de carne y/o leche por Animal por día y los precios de crianza igualan o superan las ganancias por producción.

2.5 Cambio climático y gases de efecto invernadero

El Cambio Climático (CC) es una alteración en el clima causado por factores naturales y antropogénicos. Este fenómeno afecta a todos los países y se manifiesta en el cambio climático (cambios de temperatura y precipitaciones), cambios en el nivel del mar y condiciones climáticas extremas como sequías, huracanes, tormentas, etc. (IPCC, 2001).

Las pruebas del cambio climático son convincentes, como indica el quinto informe de la junta intergubernamental sobre variaciones climáticas (IPCC) muestra que la temperatura global aumentará 2 °C durante este siglo, con una idea optimista de bajas

emisiones, especificando que estos cambios son inevitables y la única salida ante esta realidad es la adaptación y mitigación (IPCC 2014).

Evidencia clara del efecto de los gases de efecto invernadero antropogénicos en el calentamiento global; es concebible que desde la época preindustrial las medidas de CO₂ en el medio ambiente se hayan ampliado en un 40% (IPCC 2014b), con una correlación en el ámbito económico global, cuyo PIB mundial entre 1995 y 2014 incrementando a un 68,5% (BANCO MUNDIAL 2016).

El fenómeno de efecto invernadero durante millones de años ha permitido la vida en el planeta manteniendo una temperatura adecuada (15°C); no obstante, este evento, después de que el hombre comenzó a emplear maquinarias con uso de combustibles fósiles como medios de producción, inicio un considerable incremento en la cantidad de gas de efecto invernadero en la atmósfera (Landa et al. 2010), provocando el calentamiento global. Por otra parte, el sol como principal origen de energía del planeta tierra, que tiene una radiación que en gran parte atraviesa la atmósfera llegando hasta la superficie terrestre, admite un control climático (Benavides y León 2007), posteriormente una porción de esa energía es absorbida y otra es reflejada hacia el espacio, de esta manera las elementos de los vapores involucrados en el efecto invernadero almacenan una proporción elevada de energía y retornan a la área terrestre provocando el efecto invernadero, en consecuencia la variación climática.

2.6 . Dióxido de carbono (CO₂) y su rol en el efecto invernadero

El CO₂ es un gas que cumple un rol trascendental en el efecto invernadero, es necesario conocer la importancia y necesidad del carbono sobre la extensión terrestre y cuál es su función en la atmósfera, que viene a ser un componente del ciclo del carbono.

El carbono y su ciclo se dividen en cuatro almacenes interconectados: la biosfera terrestre, que incluye sistemas de agua dulce; los océanos, el aire; y los desechos, incluyendo los fósiles. Los sedimentos pueden actuar como fuentes de liberación de carbono o como sumideros, absorbiendo carbono de otras partes del ciclo (Ciesla, 1996).

Los componentes fundamentales del metabolismo del carbono son la oxidación, la respiración y la fotosíntesis (Molina y Paz, 2002). Gracias a la fotosíntesis, las plantas verdes toman CO₂ del aire y lo convierten en compuestos para el crecimiento y desarrollo de las plantas. El carbono se almacena en hojas, troncos y raíces subterráneas, especialmente en la

madera de troncos y ramas. Por lo tanto, los bosques son controladores significativos de los niveles de carbono atmosférico.

“El equilibrio del carbono se ve alterado por la emisión de carbono antropológico en el aire, sumado a la agregación de 3.400 millones de toneladas de carbono cada año en el clima, lo que aborda un desarrollo en el ritmo del carbono ambiental en la solicitud de 0,5% cada año” (Locatelli 1999).

Es crucial comprender el ciclo del carbono en la vida de una planta, detalla la unión del carbono en sus tejidos (una interacción conocida como fijación de carbono). El carbono es apreciado como dióxido de carbono y se aísla durante la fotosíntesis en el desarrollo de los carbohidratos (denominando a esta acción captura, almacenamiento o secuestro).

2.7 Sistema silvopastoril

Un sistema silvopastoril viene a ser una actividad pecuaria el cual las leñosas estables van a interactuar entre los elementos habituales (animales, herbáceas y forrajeras) en un sistema de administración integral (Pezo et al.1998).

Una particularidad de los sistemas silvopastoriles, es la unión de un componente leñoso con la crianza de ganado vacuno provocando la interacción ecológica, económica y biológica; estructurando una alternativa de producción (Ibrahim et al. 2007).

Los sistemas silvopastoriles presentan actividades que van a interactuar entre el elemento animal, varias especies leñosas y los pastos, para producir productos variados que son utilizados por el ganadero. Un factor ambiental es la disposición que tiene un ecosistema para crear productos de utilidad para la humanidad, entre los que cabe mencionar el equilibrio de gases de efecto invernadero, secuestro de carbono y la producción de oxígeno, estética escénica y la preservación de la biodiversidad, recursos hídricos y suelos (Ibrahim et al. 2005).

La importancia de la administración de los árboles con una cantidad adecuada para no tener un exceso de animales en áreas pequeñas lo que conllevara a un nivel elevado de compactación del suelo, extinción de cubierta vegetal y como consecuencia a una erosión del suelo. En tal sentido, se consigue distribuir los árboles con distancias de 15 a 30 metros, con el sistema tres bolillos (Ibrahim et al. 2005).

2.8 Tipos de sistemas silvopastoriles

2.8.1 Cercas vivas

Depende de la plantación de especies leñosas o potencialmente arbustivas en forma recta como cercas vivas para alambres espinosos o lisos, como límites de una propiedad o delimitando parcelas según sus diferentes usos del suelo (potreros, maderables, cultivos anuales o duraderos) (Pezo y Ibrahim 1998). El muro vivo puede estar constituido exclusivamente por especies leñosas o por la relación de especies leñosas con postes muertos (Ojeda et al. 2003). Las ventajas que favorecen a la finca son: segmentación de potreros, señalan las fronteras de la finca, brindan espacios con sombra al ganado, se obtiene madera, producen especies frutales para el consumo humano, se utiliza como fuente alimenticia para el ganado incrementando el valor de la parcela; de igual forma, el beneficio ambiental de las fincas están: que van a actuar como corta fuegos, reducen la intervención sobre los bosques, brindan un aire saludable, mejoran y mantienen los suelos, incrementando las especies de animales silvestres mejorando la perfección de la finca (Ibrahim 2003).

2.8.2 Bancos forrajeros de leñosas perennes

Consiste en un sistema de cultivo de especies forestales peñosas o forrajeras herbáceas que se desarrollan en bloque y con una alta densidad, con expectativas a incrementar la producción de fitomasa con niveles nutritivos altos (Ibrahim 2003).

2.8.3 Leñosas perennes y pasturas en callejones

Es la administración del sistema silvopastoril con diseños de cultivo en callejones, el cual se instalan especies forrajeras en medio de hileras de árboles o especies arbustivas leñosas. Las fabáceas son utilizadas con mayor frecuencia debido a su crecimiento rápido (Ibrahim 2003). La instalación de pasturas en callejones se utiliza como potreros o como espacios con cultivos y pasturas de corte; también, las especies maderables en el sistema pueden ser leñosas (Ojeda et al. 2003, Llanderal 2000).

2.8.4 Árboles y arbustos dispersos en potreros

Los arbustos y árboles en un sistema están distribuidos al azar en las extensiones de pastoreo. Por lo general, con la finalidad de que los árboles y arbustos brinden sombra al animal durante la época de verano, o refugio en época de lluvia. También; para producir productos (frutos, forraje, semillas y leña) y actividades (contribuye con materia orgánica, fijación de nitrógeno, protección) (Esquivel et al. 2003). Los árboles y/o arbustos ubicados de manera dispersa en los potreros pueden también ser el producto de la actividad del hombre, con la administración selectiva de la vegetación de reserva o bien por la instalación de arbustos y árboles en las parcelas ya desarrolladas (Ibrahim 2003, Llanderal 2000).

2.8.5 Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales

Están referidos a los sistemas silvopastoriles, donde se instalan pasturas para la crianza de ganado vacuno en parcelas forestales o bosques secundarios y/o frutales (Ibrahim 2003). En estos sistemas el aprovechamiento de madera-frutos será su principal propósito. En este sistema la ganadería sirve para generar ingresos durante su desarrollo para que los árboles obtengan una rentabilidad favorable (Llanderal 2000).

2.8.6 Cortinas rompevientos

Esta desarrollado en líneas de árboles (entre uno y diez), rodeando una determinada área de cultivos, pasto, o árboles bloqueando al viento; actuando como una cortina contra vientos siendo al mismo tiempo una cerca viva (Ibrahim 2003). Este sistema va a mejorar las condiciones a favor de los animales contra la lluvia y el viento, mejorando también las condiciones de los forrajes (Ojeda et al. 2003). Es importante la aplicación de este sistema en topografías con sequía permanente, pues las cortinas pueden extender la estación de desarrollo de las especies forrajeras. Cabe resaltar que las pasturas degradadas, las cortinas rompen vientos pueden mitigar la erosión eólica (Llanderal 2000).

2.8.7 Bancos de proteína

Las áreas con cultivos de forraje con contenidos elevados de proteína son parcelas con árboles y/o arbustos cultivados en bloque y a alta densidad (superando a 5 000 plantas ha-1). Son asociados con pasturas o algún forraje de tipo herbáceo. La finalidad es de

incrementar la producción de forraje para ser ofertado al animal, con una alta calidad nutritiva (Ojeda et al. 2003).

2.9 Contribuciones de los sistemas silvopastoriles a la mitigación del cambio climático

Para aminorar el impacto negativo del pastoreo animal en el medio ambiente, priorizando la producción de gases de efecto invernadero, se prevén medidas complejas, entre las que se encuentran la reducción de la deforestación y las quemas como práctica de manejo, mejorar la calidad de alimentación de los animales, el uso de especies naturales (uso de alimentos y atmósfera. nitrógeno). procesamiento y la promoción de prácticas biológicas y la sustitución de agroquímicos (Chará et al. 2011).

El panorama ganadero dirigido con una visión sustentable se dan de manera parcial el mantenimiento de áreas con bosques nativos, sabanas naturales y humedales, en cambio un escenario de pasturas sin árboles se convierte en una extensión agroforestal a través la asociación de diferentes arreglos espaciales como la administración de la sucesión vegetal, son cercas vivas, muros cortavientos, los bancos de forraje para acarreo y corte, el pastoreo en áreas forestales, los árboles distribuidos en los potreros y los sistemas silvopastoriles intensivos que, en grupo, conforman un sistema productivo estratificado con alta diversidad animal y vegetal (Giraldo et al. 2011, Chará y Giraldo 2011).

En un agroecosistema ganadero la productividad primaria es incrementada al contar con más árboles, arbustos forrajeros, arvenses y pastura vigorosa influye a reducir las variantes climáticas con varios componentes que resumen:

- **Incremento de los depósitos de carbono en el suelo y la vegetación leñosa.**
- **Reducción de emisiones de metano por mayor eficiencia en el rumen del ganado.**
- **Menores pérdidas de nitrógeno hacia la atmósfera por rápido y eficiente reciclaje de excretas.**

La espesura arbustiva y arbórea juega un rol importante en la fluidez del dióxido de carbono a estructuras químicas sólidas especialmente las cadenas de carbohidratos ligados a lignina. El sistema radicular de estas plantas se introduce en varias direcciones del suelo

incrementando la porosidad e intercambio gaseoso del suelo. La hojarasca es un alimento y medio de vida de muchos organismos que actúan en procesos de degradación (lombrices de tierra, miriápodos, escarabajos y otros) que van airear el suelo mejorando sus condiciones, disminuir la compactación, agilizar el reciclaje de nutrientes y acelerar el proceso de mineralización de la materia orgánica de origen vegetal y animal (Murgueitio et al. 2009).

La existencia de carbono orgánico en el suelo puede ser hasta tres veces superior a comparación de los organismos vivos, lo cual motiva “La dinámica del carbono en la biosfera va a depender de lo que ocurra en los suelos en gran medida” (Moreno y Vélez 1993). Por ello, los cambios en las reservas del carbono orgánico del suelo llegarían a poseer consecuencias sustanciales al reducir o incrementar los niveles de la concentración de CO₂ en la atmósfera y como consecuencia en el clima global. El trabajo en conjunto de las lombrices y escarabajos en los sistemas silvopastoriles intensivos en áreas ganaderas del valle del río Cesar en el caribe seco en Colombia, descomponen el excremento de los bovinos en no más de 10 días y revuelve hasta 5 kg de suelo por cada bosta en el proceso de degradación (Giraldo et al. 2011).

2.10 Adaptación al cambio climático en sistemas ganaderos

Densidades altas de árboles dentro de los potreros genera sombra, mitiga las temperaturas altas, esto incrementa la calidad y productividad de los forrajes, manteniendo la humedad de los suelos, disminuye la estacionalidad en la producción de leche y carne, e incrementa la producción y fecundación de los bovinos (Murgueitio et al. 2014).

Dicho por autor en mención, en los mismo escenarios climáticos de la región del Caribe seco en Colombia los sistemas silvopastoriles disminuyen de 2 a 3°C la temperatura promedio al año llegando a tener una reducción del 13°C en los días con mayor calor, aumenta la humedad relativa entre 10 y 20%, y la evapotranspiración baja un aproximado de 1,8 mm/día, estos son factores que confirman el potencial que tienen estos sistemas de reducir el impacto del cambio climático y permite que la ganadería se adapte a la circunstancia climática real. Mientras tanto, las fabáceas presentes en los potreros poseen un efecto inmediato en mitigar la emisión de N₂O del suelo al reducir la disponibilidad de nitrato para la desnitrificación (Gallego-Castro et al. 2014).

De igual forma, los taninos condensados presentes y otros metabolitos secundarios que se encuentran en fabáceas y otras variedades de plantas empleadas en los

sistemas silvopastoriles poseen la habilidad de corregir los esquemas de fermentación en el rumen y reducir la población metanogénica ruminal, provocando la disminución de la formación de metano, a diferencia de los sistemas de alimentación basada en gramíneas (Ruíz et al. 2014).

Según Murgueitio et al. (2016) conociendo las ventajas descritas de los sistemas silvopastoriles en la mitigación del CC, la aceptación de parte de los responsables no ha sido similar con su importancia debido a la presencia de varias limitaciones sobre las que se requiere más información. Entre las principales limitaciones se encuentran las convicciones, las costumbres y el arraigo de los ganaderos. Según la perspectiva especializada, debe considerarse que los resultados normales no serán algo similar a partir de una finca y otra, debido a elementos, por ejemplo, el tipo de suelo, la cubierta subyacente en la que se desarrolla la actividad, la capacidad del individuo que realiza el trabajo de campo y, en un nivel muy básico, la determinación de las especies de plantas que se relacionan con los estados agroclimáticos de la zona, por lo que expresan su mayor potencial de creación hereditaria

2.11 Mitigación al cambio climático en sistemas ganaderos

Las técnicas probadas para reducir las consecuencias del cambio climático incrementando su importancia mundialmente. Existen muchas oportunidades tecnológicas basadas en agroecología, agroforestería, y alternativas de buenas prácticas ganaderas (BPG) (Murgueitio et al. 2013) interpretadas en ganadería bajo una administración orgánica o en proceso de transformación a ésta. Bajo una idea de la ganadería extensiva, el uso de la diversidad arbórea y arbustiva nativa, y de regeneración natural, es oportuna y de fácil acceso a los ganaderos, por los demasiados usos y servicios ambientales que brinda este recurso.

Las especies arbóreas locales existentes de regeneración natural que tienen múltiples funciones, son producción de árboles maderables, forraje, leña, alimento, medicina tradicional y son usados como reductores o controladores de los rayos solares, fertilizan el suelo, y son considerados corredores biológicos por ser desarrolladas en sistemas agroforestales para reducir las consecuencias del cambio climático. La implementación de estas especies en los sistemas silvopastoriles puede significar una opción para el uso sostenido de la tierra con beneficiando al productor y el medio ambiente. También, favorecen en disminuir la expulsión de gases con efecto invernadero con la disminución de la deforestación o degradación de los bosques, bloqueando las fugas e incrementando las reservas de carbono, y brindar de múltiples

servicios ecosistémicos a la sociedad, provocando el progreso sustentable de la ganadería, incluso mitigando y adaptando al cambio climático de los sistemas productivos (Murgueitio et al. 2013).

En estudios realizados en los estados del sureste de México (Alayón-Gamboa et al. 2016), identificaron que los sistemas agroforestales y el empleo de prácticas silvopastoriles con cercos vivos (SCV) y presencia de árboles en potreros (SAP), adicionan carbono (C) en la en el suelo y biomasa viva. Asimismo, cuentan con una elevada capacidad para disminuir los gases de efecto invernadero, y según su estructura del sistema silvopastoril, adicionan ventajas ambientales en la reparación de ecosistemas y benefician a la seguridad alimentaria (Jiménez-Ferrer et al. 2008, Nahed-Toral et al. 2013). En relación con la reducción de emisiones de carbono, algunos registros indican que los valores más elevados se obtienen en sistemas con árboles dispersos en potreros ($88,89 \text{ t C ha}^{-1}$) y por sistemas de cercos vivos ($87,5 \text{ t C ha}^{-1}$) finalmente en monocultivo en pasturas ($60,62 \text{ t C ha}^{-1}$) (Jiménez-Ferrer et al. 2008).

Los climas de trópico húmedo, la aplicación de cerca viva con *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., inducen a un almacenamiento de carbono en el suelo de $20,44 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, a diferencia de $19,22 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ derivadas de pasturas con monocultivo de ganadería extensiva. También, de disminuir la temperatura y conservar la humedad en el suelo, estas cercas mejoran el flujo de CO_2 (Villanueva-López et al. 2015).

En relación con el metano (CH_4) entérico, se observa un significativo efecto negativo que producen los rumiantes en su expulsión a la atmósfera. El gas de efecto invernadero (GEI) posee un potencial en el calentamiento global 25 veces más que el CO_2 que constituye una caída de hasta el 12% del total de la energía requerida por los rumiantes (De Blas et al. 2008). Es considerado que los sistemas de producción de rumiantes adicionan entre 18% y 33% del metano total que se libera hacia la atmósfera (Eckard et al. 2010).

Es por ello la búsqueda de estrategias para la disminución. Se han utilizado técnicas en condiciones económicas, sociales, de recursos naturales y productivas de los ganaderos han sido la administración de la dieta animal utilizando buenas prácticas, recursos locales, sistemas silvopastoriles y ganadería orgánica; siendo más viables para el ganadero por un costo mínimo. Los métodos más completos para la reducción del metano entérico, como la aplicación de inhibidores, biotecnología genética, antibióticos, en la actualidad no llegan a la

mayoría de los productores ganaderos. En consecuencia, los trabajos se están desarrollando en el uso de follajes en la alimentación del ganado (Kú-Vera et al. 2013, Kú-Vera et al. 2014).

2.12 Componentes del almacenamiento de carbono en sistemas ganaderos

El carbono acumulado se da en cuatro componentes en los sistemas agroforestales: biomasa sobre el suelo (pastos y árboles), carbono orgánico del suelo, hojarasca y sistemas radiculares (Snowdon et al. 2001). Siendo las pasturas el primordial elemento herbáceo en los sistemas silvopastoriles. Las muestras registrarán toda la variabilidad de la biomasa herbácea, teniendo en cuenta los puntos de muestreo en distancias diferentes entre los árboles. Para la cuantificación de biomasa herbácea es a través de marcos de muestreo (50x50 cm); la hojarasca incluye todos los restos orgánicos (semillas, frutos, hojas y ramas). Siendo similar para la cuantificación del componente herbáceo (López et al. 2005).

La biomasa bajo el suelo está representada por los sistemas radiculares y comprenden un sumidero de carbono adicional. Este componente es sustancial en proyectos de fijación de carbono, y representa entre un 10 y un 40% del total de biomasa (Macdiken 1997). Para el muestreo metodología más utilizada es del barreno de golpe, donde la extracción de muestras del suelo es con un barreno con un volumen definido. Luego, las raíces son separadas del suelo y por especies. Es importante también ejecutar una estratificación del suelo en diferentes profundidades, ya que el número de raíces es más alta y fina en las capas más externas del suelo (BÖHM 1979).

La evaluación de la capacidad de carbono comienza con la revisión de la biomasa del sistema biológico, aplicando la parte de carbono, que es el valor de la tasa de carbono en la biomasa. La parte de carbono almacenada en las estructuras de los árboles se evalúa en gran medida con un valor de 0,5 (López et al. 2005). La variación en una parte del carbono consigue cambiar regularmente entre 0,42 y 0,47 en la asta de los árboles en los modelos silvopastoriles (Andrade e Ibrahim 2003).

En los suelos el carbono orgánico posee gran envergadura, ya que el suelo viene a ser un gran sumidero de carbono; no obstante, no tiene la atención requerida en los proyectos de carbono, por lo que los pactos actuales sobre el carbono no contemplan a este componente, ya que no se puede observar con facilidad como la biomasa aérea. El carbono natural del suelo

debería registrarse en toda la región del proyecto, a una profundidad de 30 cm, ya que el cambio de uso de la tierra afecta en mayor medida a las capas superficiales (IPCC 1996).

2.13 Estudios de estimaciones de almacenamiento de carbono

Beraún (2011), hace mención que el carbono aéreo en un sistema con pastura mejorada (SPM) fue de 8,59 t.C.ha⁻¹, mientras que un sistema con pastura natural (SPN) fue de 3,42 t.C.ha⁻¹; el carbono radicular en el SPM fue de 3,77 t.C.ha⁻¹, mientras que en el SPN fue de 2,79 t.C.ha⁻¹. El carbono orgánico del suelo en el SPN a las profundidades de 10-20-30 cm fueron de 22,01; 10,35; 10,02 t.C.ha⁻¹ respectivamente y en el SPM presentó 2,30; 2,30; 1,15 t.C.ha⁻¹ respectivamente. El carbono bajo suelo en el SPM fue de 46,15 t.C.ha⁻¹ y en el SNP fue de 49,98 t.C.ha⁻¹.

Huamancayo (2012) desglosó el almacenamiento de carbono con los modelos multiestrato, aguaje y pastura natural, encontrando reservas de 55,65; 55,83 y 56,96 t.C.ha⁻¹ respectivamente, lo que demuestra que las pasturas naturales tienen mayor capacidad de ahorro de carbono. En el intermedio, el carbono natural del suelo obtuvo almacenes de 42.43, 44.65 y 51,26 t.C.ha⁻¹ entre los modelos de multiestrato, aguaje y pastura natural respectivamente. Las cantidades en reserva de carbono herbáceo para los sistemas multiestrato, aguaje y natural observadas son de 3,99; 3,84 y 3;01 t.C.ha⁻¹ correspondientemente. En tanto al carbono arbóreo obtuvo 2,25 t.C.ha⁻¹.

Andrade (1999) indica que en sistemas con pastos, los niveles de carbono almacenado era mayor en los sistemas silvopastoriles (95 t.C.ha⁻¹), y las pasturas en monocultivo (68 para *Brachiaria* y 84 t.C.ha⁻¹ para ratana).

Trouve et al. (1994) encontraron niveles de almacenamiento de Carbono de 63 a 76 t.C.ha⁻¹, en sistemas silvopastoriles con *E. deglupta* en el Congo. Siendo el aporte de las pasturas en el almacenamiento de Carbono inferior a t.C.ha⁻¹.

En la zona de estudio, según Rojas (2017) la mayor reserva de carbono pertenece al sistema con *Mauritia flexuosa* L.f. (92,85 t.C.ha⁻¹) siendo después el sistema multiestrato (88,56 t.C.ha⁻¹). En tanto el sistema tradicional es superior al sistema con tiene la especie forestal capirona (79,57 y 42,62 t.C.ha⁻¹ respectivamente), resultando este último el sistema con menores reservas de carbono estimado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

El presente estudio se realizó:

- **UBICACIÓN POLÍTICA:** Ex Distrito José Crespo y Castillo, Aucayacu, Provincia de Leoncio Prado, Región de Huánuco (Figura 1).
- **UBICACIÓN GEOGRÁFICA:** Se encuentra ubicada a 8°55'53'' latitud Sur y a 76°07'50'' de longitud oeste.
- **FACTORES CLIMÁTICOS:** La temperatura media anual es 23.8°C, siendo la máxima 30.9°C y 18.6 °C la mínima, entre tanto, la precipitación pluvial anual oscila entre 2 193 a 3 760 mm (SENAMHI 2017).

Se encuentra en una zona considerada como bosque muy húmedo-premontano tropical (bmh-PT). Presenta una altitud de 540 msnm

- **FISIOGRAFÍA:** Las propiedades edáficas y fisiográficas del área de dominio han sido definidas teniendo en consideración el mapa geológico del cuadrángulo de Huánuco (escala 1:100,000) elaborado por el INGEMMET, identificándose la siguiente configuración fisiográfica;

Valles Aluviales. - Se caracterizan por tener una sección en forma de V, con una pendiente moderada de 0% a 10%, ubicadas a una profundidad llena de sales de una mezcla fluvial y aluvial que incluye arena, arena y grava. Esta característica se encuentra en la región central de sur a norte del condado y significa que unos 71 km del condado (que bordean el río Wallaga) son tierras muy fértiles.

Valles Plenipénicos. - Sus medidas fluctúan entre los 200 msnm. y los 500 msnm, se diferencia por prolongadas colinas con delicadas inclinaciones entre 5% - 12% que cuelgan en la zona Este y Oeste de la región, este desarrollo fisiográfico contiene una variedad biótica.

La zona es montañosa. - Este evento tiene una altitud de hasta 1200 metros sobre el nivel del mar. Este paisaje se caracteriza por pendientes desde moderadas (pendiente 10°) hasta pronunciadas (> 55%) Cordillera Azul, que se extiende de este a norte a noreste en la zona que limita con la región de y Contamana y Hermilio Valdizán, en los departamentos de Ucayali y Huánuco. La mayor parte del sitio trata sobre opciones y seguridad; las áreas rurales son como pequeñas granjas dispersas en grandes extensiones. Los rasgos geomorfológicos que conectan esta zona con la llanura aluvial son abanicos aluviales generados por el río Huallaga.

Los atributos fisiográficos y de ayuda han hecho que la zona de asentamientos humanos se ubiquen en los niveles más bajos de las laderas, donde existen las mejores oportunidades para el uso de recursos. Allí, con mejores terrenos y mayor disponibilidad, se ha dispuesto y creado un número crítico de asentamientos que concentran una gran parte de la población del país.

- **ACTIVIDADES ECONÓMICAS:** El movimiento financiero más elevado en la provincia de Leoncio Prado es la agricultura, ocupando el 65,72% de la PEA, con un 65% de la agricultura, ensayos de innovación y rendimiento insignificantes y un sistema de información básico. El desarrollo empresarial muestra niveles básicos en dos localidades de la zona: en Rupa Rupa donde aborda el 24,30% de la PEA y el distrito de José Crespo y Castillo, donde esta acción aborda el 40% de la PEA, según el Censo 2012. El área de ensamblaje es incipiente, reteniendo apenas el 5% de la oferta de trabajo. El área de la industria de viajes, a pesar de la integridad de nuestra provincia, tiene numerosas limitaciones en cuanto al marco de las calles, las administraciones, la preparación y la actualización de los lugares de vacaciones, aunque este movimiento se ha expandido últimamente.

3.2. Época de evaluación

Estos estudios se efectuaron en una muestra de fincas ganaderas de la zona de estudio durante el verano (2019), y, luego de seleccionar las fincas encuestadas en función de su nivel de daño, se realizaron las conclusiones de este estudio. En enero y febrero del 2020 se desarrolló el trabajo de campo.

3.3. Cálculo del tamaño muestral

De acuerdo a los datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del último Censo Nacional Agropecuario (INEI 2012), el área de estudio corresponde a la zona de José Crespo y Castillo, que cuenta con granjas de muchos animales en la zona de Leoncio Prado (Tabla 1).

Tabla 1. Fincas ganaderas en los distritos de la Provincia de Leoncio Prado

DISTRITOS	Fincas ganaderas	Número de animales
José Crespo y Castillo	429	6 004
Rupa Rupa	130	1 469
Daniel Alomías Robles	192	1 872
Hermilio Valdizán	54	463
Padre Felipe Luyando	64	615
Mariano Dámazo Beraún	210	1 393

Según el documento IV del censo agropecuario (2012), en el distrito de José Crespo y Castillo existían 429 fincas ganaderas con un número estimado de 6004 cabezas, método de muestreo simple (MAS) para determinar el tamaño de la muestra (MAS):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{(N-1)E^2 + Z^2 pq} \quad (1)$$

n = Tamaño muestral

Z = Nivel de confianza (95%= 1.96)

pq = varianza (0.3x0.7)

N = la población conocida (429)

E = nivel de error de estimación (10% = 0.10)

La diferencia calculada se basa en una investigación preliminar realizada en 10 fincas seleccionadas al azar en base a una pregunta de opción múltiple (con respuestas de sí y no, es decir, SÍ y NO) que son de particular interés en las prácticas de las fincas. la pregunta era: "si hay más de tres jardines en su tierra"; luego se encontró que tres de las diez fincas que se examinaron antes tenían más de tres centavos, pero las siete restantes no. Para ello, la respuesta correcta (p) tuvo un valor de 0,3 y la respuesta incorrecta tuvo un valor de 0,7. este valor se reemplaza por la fórmula MAS.

Se estimó un tamaño muestral de 68 fincas aplicando un nivel de confianza del 95%, para una varianza calculada con una variable dicotómica (0,3; 0,7) y un 10% de error de estimación. Es decir, se trabajó el muestreo inicial con 68 fincas. Elaborándose una metodología para la determinación del nivel de degradación de sus pasturas de las 68 fincas.

3.4. Materiales y equipos

Para asegurar el desarrollo del trabajo se describen los equipos necesarios:

- **MATERIALES**
 - Pala plana.
 - Wincha de 50 metros.
 - Machete.
 - Cilindro de densidad aparente de volumen conocido.
 - Bolsas de papel.
 - Libreta de apuntes.
 - Metro de madera.
 - Regla.
 - Bolsas platicas de 10 x 20.
 - Metro cuadrado.
 - Cuadrante de 0.50 x 0.50 metros.
 - Tijera.
 - Rafia

- EQUIPOS
 - Balanza de 10 kg.
 - Balanza de precisión digital.
 - Estufa.
 - Forcípula
 - Tijera podadora.
 - Cámara fotográfica.
 - Calculadora.
 - Computadora.
 - Impresora.
 - GPS

3.5. Metodología para el desarrollo del estudio

3.5.1 Fase pre-campo

En esta fase se busca desarrollar parte de los protocolos para el cumplimiento del primero objetivo específico. Para tipificar y caracterizar los sistemas ganaderos de acuerdo con el nivel de degradación de sus pasturas en el ex distrito de José Crespo y Castillo; necesitamos aplicar un método para calcular el nivel de degradación de las pasturas descritas por León (2006).

Para evaluar la degradación de los pastos se utilizaron dos tablas de degradación basadas en la determinación de pastos naturales y pastos mejorados en 68 fincas.

A. Tabla de degradación para las pasturas naturales

En la tabla de destrucción de pastos naturales, se le dio un 50% de importancia a los pastos que, técnicamente, serían los más importantes para la ganadería, especialmente para la alimentación animal. El formato fue; número de especies dentro de la extensión del trabajo de investigación, disponibilidad y condición de los pastos dentro de esta misma área. El 50% restante corresponde al cierre del área estimada, que tuvo en cuenta las

condiciones económicas y otras del subsuelo, entre ellas: Malas hierbas, suelo desnudo y erosión del suelo.

Para facilitar la determinación del nivel de disminución, se proporciona una escala numérica de 1,0 a 3,0. El número de puntos obtenidos es el resultado de multiplicar cada punto especificado por el grupo de valores (ver Tabla 2), donde el número de puntos adicionales de 2,6 a 3,0 conduce a un deterioro en moderado, y el valor umbral es de 1,0 a 1,5. a una tasa muy baja. Entonces, por ejemplo, el resultado es 2.0; está en un nivel muy bajo.

Tabla 2. Tabla del Nivel de degradación en pasturas naturales

NIVELES DE DEGRADACIÓN PARA EVALUAR PASTURAS NATURALES		Rango de la puntuación acumulada			
Moderada		2,6 – 3,0			
Severa		1,6 – 2,5			
Muy severa		1,0 – 1,5			
CARACTERÍSTICAS DE LAS PASTURAS NATURALES (50%)					
Sp palatables	Escala *A (20%)	Condición de pastura	Escala *B (15%)	Disponibilidad	Escala *C (15%)
> 60%	3	Regular	3	Media	3
30-59%	2	Malo	2	Pobre	2
< 19%	1	Muy malo	1	Muy pobre	1
COBERTURA DEL ÁREA EVALUADA 1 HA O POTRERO (50%)					
Maleza	Escala *D (15%)	Suelo desnudo	Escala *E (20%)	Erosión	Escala *F (15%)
<5%	3	No hay 0%	3	Apariciones	3
6-15%	2	Espacios pequeños	2	Laminar	2
16-35%	1	Manchas aisladas	1	Surcos o cárcavas	1

* A, B,C,D,E,F; representan el % de importancia que se debe multiplicar por el puntaje otorgado en cada escala

Fuente: León 2006.

B. Tabla de degradación para las pasturas mejoradas

Los pastos mejorados o plantados requieren un complejo manejo debido a sus características, como los requisitos de nutrientes del suelo, la tasa de rebrote, etc. Por ello, se han establecido 5 niveles de reducción, determinados por el sistema que se está implantando, así como otros métodos relacionados con el mismo.

El número de puntos adicionales corresponde a los niveles de cero, leve, moderado, severo y severo (ver Tabla 3). Al igual que con los pastos naturales, el 50% se destinó a la evaluación de mejoramiento de pastos y el 50% restante se evaluó para el área de protección. Las características de los pastizales incluyeron especies mejoradas de las áreas de origen, disponibilidad y condición de los pastos en el área. El área total propuesta incluía maleza, tierra desnuda y erosión.

Tabla 3. Tabla de niveles de degradación en pasturas mejoradas

NIVELES DE DEGRADACIÓN PARA EVALUAR PASTURAS MEJORADAS O SEMBRADAS		Rango de la puntuación acumulada			
Nulo		4,9 - 5,0			
Leve		3,6 - 4,8			
Moderada		2,6 - 3,5			
Severa		1,5 - 2,5			
Muy severa		1,0 - 1,5			
CARACTERÍSTICAS DE LAS PASTURAS MEJORADAS					
Sp. Mejoradas	Escala *A (20%)	Condición de pastura	Escala *B (15%)	Disponibilidad	Escala *C (15%)
> 81%	5	Excelente	5	Muy alta	5
51-80%	4	Bueno	4	Alta	4
41-50%	3	Regular	3	Media	3
20-40%	2	Malo	2	Pobre	2
< 19%	1	Muy Malo	1	Muy pobre	1

COBERTURA DEL ÁREA EVALUADA 1 HA					
Malezas	Escala *D (15%)	Suelo desnudo	Escala *E (20%)	Erosión	Escala *F (15%)
<5%	5	No hay 0%	5	NO	5
6-15%	4	Espacios pequeños	4	Indicios	4
16-35%	3	Manchas aisladas	3	Apariciones	3
36-55%	2	Manchas localizadas	2	Laminar	2
> 56%	1	Completamente desnudo >10%	1	Surcos o cárcavas	1

A,B,C,D,E,F; representan el % de importancia que se debe multiplicar por el puntaje otorgado en cada escala
Fuente: León 2006.

*

3.5.2 Fase campo

En las tablas de degradación de pastos, cada pasto estaba cubierto por 68 fincas seleccionadas al azar. Con la ayuda de estas tablas, fue posible determinar el nivel de degradación de los pastos utilizando los índices de degradación de las 68 fincas encuestadas.



Figura 2. Proceso de evaluación de las pasturas

A. Tipificación de los grupos de sistemas ganaderos

Con los métodos deductivos establecidos, se formaron grupos de familias ganaderas mediante estadística cuantitativa (Escobar y Berdegué 1990) utilizando la estrategia de análisis de conglomerados (AC) que permitió confirmar las fincas y dividir las de acuerdo sus registros. Esto hizo posible recolectar razas de granja o ganado. Se seleccionaron cuatro tipos diferentes de sistemas en función del grado de descomposición de sus pastos, dada la elección de la escala de menor a mayor. Se utilizó un dendrograma como gráfico para describir los grupos.

B. Caracterización de los grupos de sistemas ganaderos

Cuando ya se identificaron los grupos de rebaños mediante análisis multivariado, se evaluaron utilizando parámetros según el nivel de descomposición de sus pastos. Se utilizaron estadísticas descriptivas, gráficos y tablas para describir mejor estas tendencias entre los grupos. Después del proceso, se seleccionó una finca representativa de cada grupo para el análisis de carbono.

C. Parcela de muestreo

Los sistemas mixtos son los métodos utilizados para el secuestro de carbono propuestos por el Instituto Mundial de Agroforestería (ICRAF) (Rugnitz et al. 2009) y los métodos propuestos por el grupo de Ganadería y Medio Ambiente (GAMMA) (Ibrahim y Pezo 2003).

Para la delimitación del área de muestreo, tal como recomienda el sistema propuesto por el Grupo GAMMA, (Ibrahim 2003) para evaluar la biomasa en pastos se delimitó un cuadrante de 20 x 50 metros, obteniendo una superficie de 1 000 metros cuadrados.

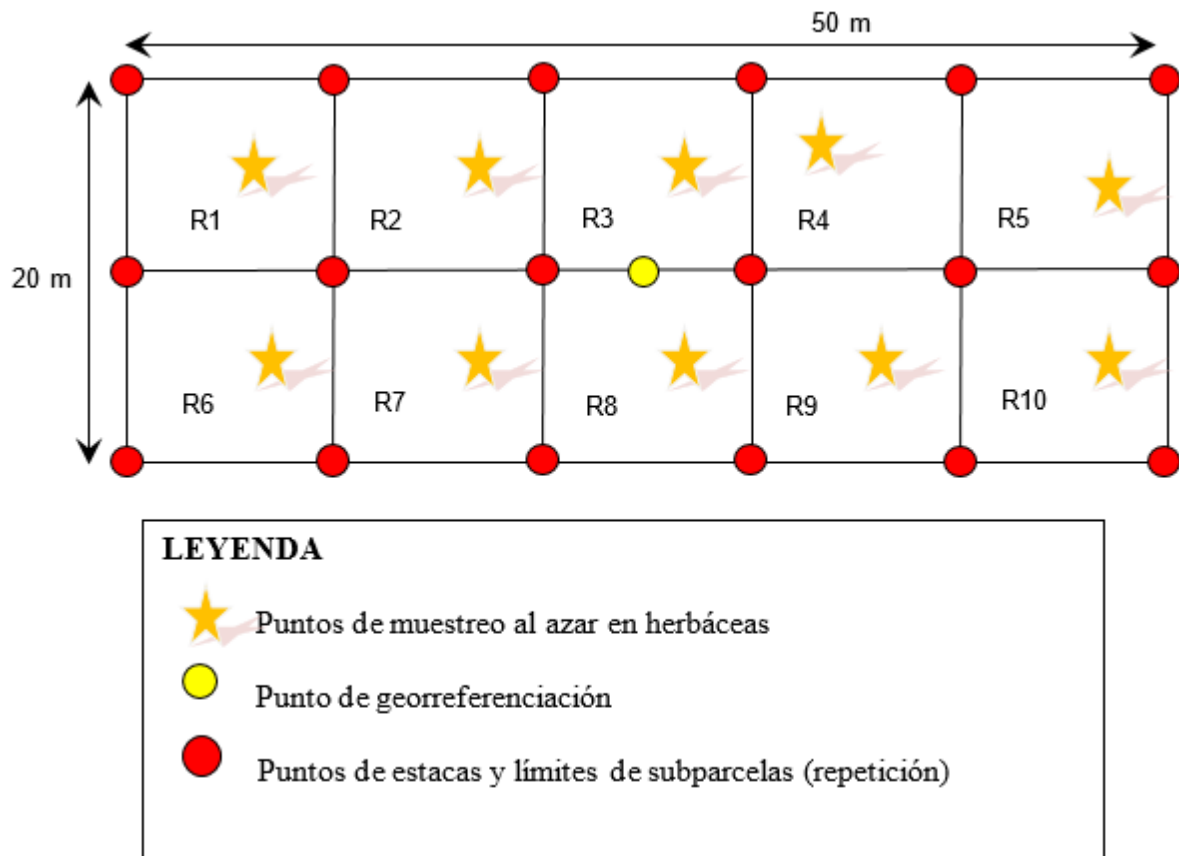


Figura 3. Esquema de la parcela y sus medidas en estudio



Figura 4. Delimitación de las parcelas de muestreo

Cada sección (réplica) se mide en 10m x 10m. y estaba rodeada de rafia de colores. Los puntos numéricos (asteriscos) indican datos de muestra para la biomasa aérea (hierbas y hojarasca) y la biomasa subterránea (raíces); las letras rojas muestran los límites de cada una de las parcelas; y un punto amarillo indica cada punto de georeferencia del paquete.

Los sitios de investigación estaban en la misma pendiente, por lo que no reportaron diferencias regionales.

Para sistemas donde existieron árboles dispersos de regeneración natural, la parcela de muestreo fue circular de un área de 1 000 metros cuadrados (Figura 3), cuyo radio tuvo 17,85 metros.

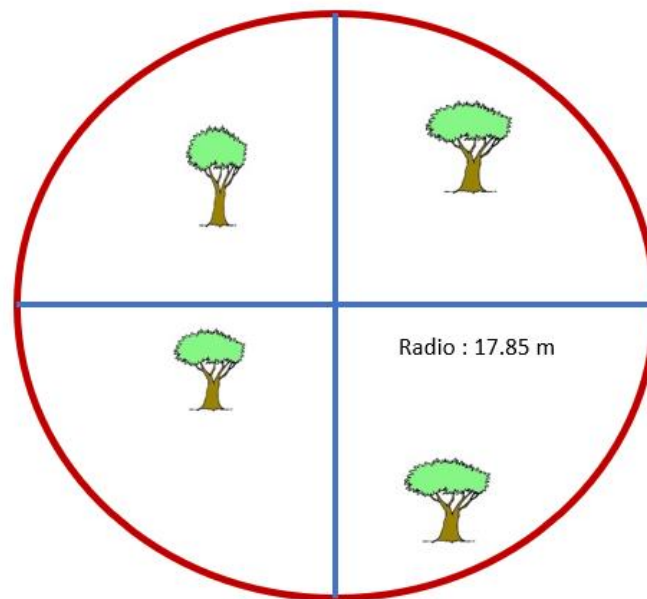


Figura 5. Esquema de la parcela circular. Área 1 000 metros cuadrados.

Esta se marcó con una rafia de color, para delimitar el área. Sobre ella se realizó 10 muestras de la biomasa sobre el suelo (herbáceo y hojarasca) y la biomasa bajo suelo (raíces).

Se incluyen dentro de la estimación los árboles presentes de regeneración natural, el cual se procedió a su identificación y medición del DAP, para posteriormente ubicar la ecuación alométrica más adecuada para su estimación de biomasa.

D. Estimación de las reservas de carbono aéreo

El nivel de carbono atmosférico en los sistemas ganaderos está determinado por la cantidad de biomasa leñosa (árboles, palmeras, etc.), biomasa del estrato herbáceo (gramíneas, leguminosas, malezas) y biomasa de hojarasca (o necromasa).

1. Determinación de la biomasa arbórea

Para estimar la densidad de árboles se utilizaron ecuaciones alométricas de especies conocidas y el número total de árboles dispersos sobre el pastizal. El diámetro a la altura del pecho y la altura fueron medidas diferentes.



Figura 6. Identificación de especies arbóreas y medición del Dap.

Para especies arbóreas de madera dura (capirona y guayaba), se empleó la ecuación alométrica para madera dura (IPCC 2003).

$$Y = \text{EXP} [-2,289 + 2,649 * \text{LN} (\text{dap}) - 0,021 * (\text{dap})^2]$$

Donde:

Y = materia seca sobre el suelo, en kg de materia seca por árbol

EXP = "elevado a la potencia de"

dap = diámetro a la altura del pecho en cm

LN = logaritmo natural;

Para árboles dispersos en pasturas se utilizó la ecuación de Ruiz (2002):

$$\text{LOG}_{10} Y = - 2.18062 + 0.08012 (\text{dap}) - 0.0006244 * (\text{dap})^2$$

Donde:

$\text{LOG}_{10} Y$ = Logaritmo de referencia 10 de la materia seca sobre el suelo,
en Kg de materia seca por árbol

dap = diámetro a la altura del pecho, en cm

Para la evaluación de la biomasa arbórea de palmeras, se empleó la ecuación alométrica de Frangi y Lugo (1985), Citado por Ruginitz et al. (2009).

$$Y = 4.5 + 7.7 * H$$

Donde:

Y = materia seca sobre el suelo, en kg de materia seca por árbol

H: altura en metros

Para determinar el carbono de la biomasa leñosa de las especies arbóreas, se aumentó en un factor de 0,5 según el método ICRAF (Ruginitz et al. 2009). Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Carbono arbóreo (t ha}^{-1}\text{)} = \text{biomasa arbórea (t ha}^{-1}\text{)} * 0,5$$

2. Determinación de la biomasa herbácea

Utilizando un cuadrado de madera de 1m. x 1 m, se escogió aleatoriamente un punto de muestreo para cada área seleccionada (rectangular o circular) y se tomaron 10 muestras. Se cortó una muestra de pasto de la plaza con tijeras de podar para recolectar la biomasa aérea (herbácea) total a nivel del suelo (2 cm sobre la superficie) y se registró como masa verde (MV). El peso en verde de cada muestra se midió utilizando una escala horaria con un peso de 10 Kg. De la sección de pasto - 10 repeticiones por programa (sistema).



Figura 7. Evaluación de la biomasa herbácea

Para determinar la materia seca (MS), se contrajo una muestra de biomasa herbácea (alrededor de 100 gramos) en sacos nominales. En el laboratorio de pastos se registra el peso de la muestra con una balanza digital, se envuelve en un sobre de papel y se mete en un horno por tres días a una temperatura de 70°C hasta alcanzar una constante en el peso seco. La muestra seca se pesó en una sola balanza digital, extrayendo una porción de materia seca de cada muestra. Finalmente, de acuerdo a la tercera ley simple, se calculó la biomasa en materia seca por metro y se le sumó toneladas por hectárea (t ha⁻¹). Se emplearon los métodos utilizados por Beraun (2011).

$$\% \text{ MS} = (\text{MS}_{\text{submuestra}} / \text{MV}_{\text{submuestra}}) * 100$$

Donde:

%MS: Porcentaje de la materia seca (valor en %)

MS submuestra: Peso de la submuestra seca (kg)

MV submuestra: Peso de la submuestra en verde (Kg)

100: Factor para obtener el porcentaje

$$\text{Biomasa herbácea (t ha}^{-1}\text{)} = \text{MVH}_{\text{muestra}} * (\% \text{MS}) * 10$$

Donde:

Biomasa herbácea (t ha⁻¹): Biomasa herbácea (materia seca)

MVH muestra: Materia verde herbácea de la muestra expresada en kg m⁻²

% MS: Porcentaje de la materia seca de la muestra.

10: Factor para convertir kg m⁻² a t ha⁻¹



Figura 8. Proceso para determinar el porcentaje de materia seca del pasto

3. Determinación de la biomasa hojarasca

Se determina por la carta de cubierta o hojas caídas y otras muertas (nudos, ramas) superficie de 0,5 m². x 0,5 m. en cada cuadrante 1m x 1m. Para la fase de desecho se realizaron 10 iteraciones por sitio (sistema).



Figura 9. Evaluación de la hojarasca

Las muestras recolectadas se envían en paquetes codificados, se registra su peso en una balanza digital, posteriormente, se llevan al laboratorio y se meten en un horno por tres días a una temperatura de 70°C para alcanzar una resistencia estable de seco encontrado. El peso de los residuos se calculó en toneladas por hectárea (t ha⁻¹). Se emplearon los cálculos utilizados por Beraún (2011).

$$\text{Biomasa hojarasca (t ha}^{-1}\text{)} = \text{MVh}_{\text{muestra}} * (\% \text{MS}) * 10$$

Donde:

Biomasa hojarasca (t ha⁻¹): Biomasa hojarasca (materia seca)

MVh_{muestra}: Materia verde hojarasca de la muestra expresada en kg m⁻²

% MS: Porcentaje de la materia seca de la muestra.

10: Factor para convertir kg m⁻² a t ha⁻¹

4. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea (arbórea, herbácea y hojarasca)

Para realizar la determinación del contenido de carbono de cada componente se utilizó el método ICRAF (Rügnitz et al. 2009) donde se incrementó en una diferencia de 0.5. Las ecuaciones utilizadas.

Carbono arbórea (t ha⁻¹) (CH) = biomasa arbórea (t ha⁻¹)*0,5

Carbono herbácea (t ha⁻¹) (Ch) = biomasa herbácea (t ha⁻¹)*0,5

Carbono hojarasca (t ha⁻¹) (CR) = biomasa hojarasca (t ha⁻¹)*0,5

Luego:

Carbono biomasa aérea = Carbono arbórea + Carbono herbácea + Carbono hojarasca

5. Determinación del carbono bajo suelo

El carbono que se encuentra debajo del suelo en sistemas silvopastoriles es el resultado de la biomasa de las raíces (herbáceas) y del carbono orgánico del suelo.

6. Determinación de la biomasa radicular

En particular, las raíces del subsuelo son denominadas también un significativo sumidero de carbono. En los proyectos de secuestro de carbono, esta fracción se considera del 10 al 40% de la superficie total de carbono (Macdiken 1997). La biomasa de raíces se obtuvo por estimación directa.

La biomasa de raíces se obtendrá construyendo un pozo de prueba de 50 cm de largo, 30 cm de ancho y 50 cm de profundidad como sitio de muestreo. Se empleó el método de análisis directo de biomasa de raíces descrito por Böhm (1979), el cual está basado en tomar muestras de suelo con un hoyo de altura conocida (área 20.25 cm² y largo 10 cm). Como afirman Rüginitz et al. (2009), las raíces se analizaron en tres dimensiones: 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm, dependiendo del número de raíces en 30 cm. Cada muestra de suelo con raíces se depositó en bolsas individuales, anotando la profundidad. Por lo tanto, las raíces finas se lavaron y filtraron (tamiz de 2 mm) de las raíces finas a mano.



Figura 10. Construcción de la minicalicata para muestreo del suelo

Las raíces se colectaron con toallas de papel y se midieron por peso verde en una balanza digital. En este sentido, al igual que la biomasa herbácea, se secan al horno.

Se extrapola a toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$) este peso de biomasa de las raíces, aplicando la ecuación usada por Beraun (2011).

$$\text{Biomasa radicular (t ha}^{-1}\text{)} = \sum_{i=1}^{i=n} (MV_{r\ \text{muestra}} * (\% \text{ MS}) * 10)_{\text{profundidad}}$$

Donde:

i = Profundidad evaluada

n = tres profundidades

Biomasa radicular ($t\ ha^{-1}$) = Biomasa radicular (materia seca)

$MV_{r\ \text{muestra}}$ = Materia verde radicular de la muestra en $kg\ m^{-2}$

$\% \text{ MS}$ = Porcentaje de la materia de la muestra

10 = Factor para convertir $kg\ m^{-2}$ a $t\ ha^{-1}$

El carbono en la biomasa de raíces se obtuvo multiplicando por un factor de 0,5 como se describe en el método ICRAF (Rügnitz et al. 2009). Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Carbono radicular (t ha}^{-1}\text{) (CR)} = \text{biomasa radicular (t ha}^{-1}\text{)} * 0,5$$

7. Estimación del carbono orgánico del suelo

El contenido de carbono orgánico se analizó mediante el método Walkley Black (método de oxidación húmeda). En cada nivel (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) se tomaron muestras de suelo mediante pozos de muestreo. las muestras se apilan (hacia abajo) para homogeneizar la muestra. Se miden 200 gramos de esta muestra que contiene un código por cada tipo de suelo y la profundidad de la muestra, posteriormente se envía al laboratorio de suelos (Facultad de Agronomía UNAS) para determinar la profundidad del material.

El carbono del suelo se determinó en cada sección (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) utilizando la ecuación descrita por Macdicken (1997). El carbono secuestrado en el suelo no se garantiza necesariamente agregando el carbono secuestrado por persona. Utilizamos las condiciones descritas por Beraún (2011).

$$\text{COS (t ha}^{-1}\text{)} = \sum_{i=1}^{i=n} ([\text{CO}/100] * \text{Dap} * \text{Ps} * 10000)_{\text{profundidad}}$$

Donde:

COS (t h⁻¹): Carbono orgánico del suelo

i: profundidad evaluada.

n: tres profundidades

[CO] (%): Concentración de carbono orgánico en %.

%CO= 0,58 x %MO (según Walkley y Black 1938)

Dap (t m⁻³): densidad aparente de la profundidad evaluada (t m⁻³)

Ps(m): profundidad de muestreo (m)

10000: área m⁻²

La determinación de volumen se realizó por el método cilíndrico, que consiste en hundir un cilindro metálico en el suelo para obtener una muestra de volumen conocido (502,66 cm³), secada en estufa a 105 °C durante 72 horas. calcular su peso seco (PS). Por lo tanto, el peso seco se divide por el volumen del suelo (volumen interno del cilindro) de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$Da = PS/V_{\text{cilindro}}$$

Donde:

Da: Densidad aparente (g/cm^3)

PS: Peso seco

V_{cilindro} : Volumen del cilindro

8. Estimación del carbono bajo suelo (radicular, carbono orgánico del suelo)

Se agregaron la biomasa de raíces y el carbono orgánico total para estimar el carbono del suelo.

9. Estimación del almacenamiento del carbono total en los sistemas

Para estimar la cantidad de carbono almacenado en una muestra, se creó la siguiente fórmula:

$$CAS \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = CA + CH + Ch + CR + COS$$

Donde:

CAS: Carbono almacenado por sistema (t ha^{-1})

CA: Carbono arbóreo (t ha^{-1})

CH: Carbono herbáceo (t ha^{-1})

Ch: Carbono hojarasca (t ha^{-1})

CR: Carbono radicular (t ha^{-1})

COS: Carbono orgánico de suelo (t ha^{-1})

Con los resultados encontrados se compararán los tipos de sistemas en estudio, determinando las características de los sistemas con mayor potencial de mitigación.

3.5.3 Fase de gabinete

En esta fase se desarrollaron partes de las actividades concernientes a los objetivos 1, 2, 3 y 4.

Tipificación

A partir de los datos de degradación de pastizales, se realizó una TIPIFICACIÓN a partir de los datos de degradación de pastizales. El agrupamiento de patrones de manada se realizó utilizando estadísticas multivariadas (Escobar y Berdegué 1990) utilizando el método de análisis de conglomerados (AC) utilizando el método de la distancia media y euclidiana. Por lo tanto, se tipificaron cuatro tipos de sistemas agrícolas o ganaderos utilizando un dendrograma como gráfico de decisión para la agrupación.

Identificar y promover los arreglos por componentes encontrados con mayor potencial para la mitigación al cambio climático.

Para ello, los resultados se basan a las reservas de carbono encontradas en cada sistema se identificaron los mejores arreglos que hacen posible las mayores reservas de carbono.

Proponer estrategias para mejorar el potencial de mitigación de los tipos de sistemas

Se han realizado propuestas técnicas para aumentar la posibilidad de reducir el cambio climático, dependiendo principalmente de incrementar su producción primaria, es decir, incrementar la captura de carbono, mediante de actividades silvopastoriles y regeneración generalizada de árboles, muchas especies de la variedad seto; así como mejorar la calidad de los pastos y mejorar sus métodos de producción y disposición de desechos basados en textos bíblicos y el conocimiento de otros países para reducir la producción de metano.

3.6. Variables

Variable independiente

La variable independiente corresponde a las fincas de estudio, que en un inicio fueron las 68 fincas. Posterior al agrupamiento, se consideró como variable independiente a las cuatro fincas que corresponden a los grupos encontrados en el área de estudio.

- Carbono arbóreo
- Carbono herbáceo
- Carbono de hojarasca
- Carbono radicular
- Carbono orgánico de suelo
- Carbono total almacenado por el sistema

3.7. Análisis estadísticos

3.7.1. Para el diagnóstico de fincas

a. Muestreo aleatorio simple

Para hallar el tamaño de muestra se aplicó por medio de la siguiente fórmula (Cochran 1996)

$$n = \frac{Z^2 pqN}{(N - 1)E^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

N: es el tamaño de la población (429 fincas)

Z: nivel de confianza 95%

E: error muestral deseado 10%

p: 0.3 (varianza de acierto preencuesta: fincas con más de tres potreros)

q: 0.7 (varianza de error preencuesta: fincas que no tienen más de tres potreros)

n: tamaño de la muestra (68 fincas)

b. Análisis multivariado para la tipificación de fincas

El análisis estadístico implicó el uso de múltiples métodos estadísticos. Los conglomerados (tipos de granjas) se identificaron mediante el análisis de conglomerados. Las variables se determinaron mediante tablas de frecuencia y la significancia estadística se evaluó mediante tablas de prueba t de Student. El software utilizado fue Infostat Versión 2020 (Di Rienzo et al. 2020).

Se incluyen estadísticas descriptivas para interpretar mejor las características de los tipos de fincas.

3.7.2. Para determinar diferencias entre tipos de sistemas

Para ello se define la variable independiente:

- Tipos de sistemas

El valor numérico fue un diseño bien estructurado basado en el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Es la variable bajo consideración;

μ = Media total;

S_i = Efecto del i-ésimo tipo de sistema;

E_{ijk} = término experimental del error.

La prueba de media DGC se utilizó para establecer diferencias significativas entre los tipos de sistemas. Se utilizó Infostat Versión 2020 (Di Rienzo et al. 2020).

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tipificación de los sistemas de producción ganadera basados en el nivel de degradación de sus pasturas en el ex distrito de José Crespo y Castillo

4.1.1. Tipificación de los sistemas de producción ganadera

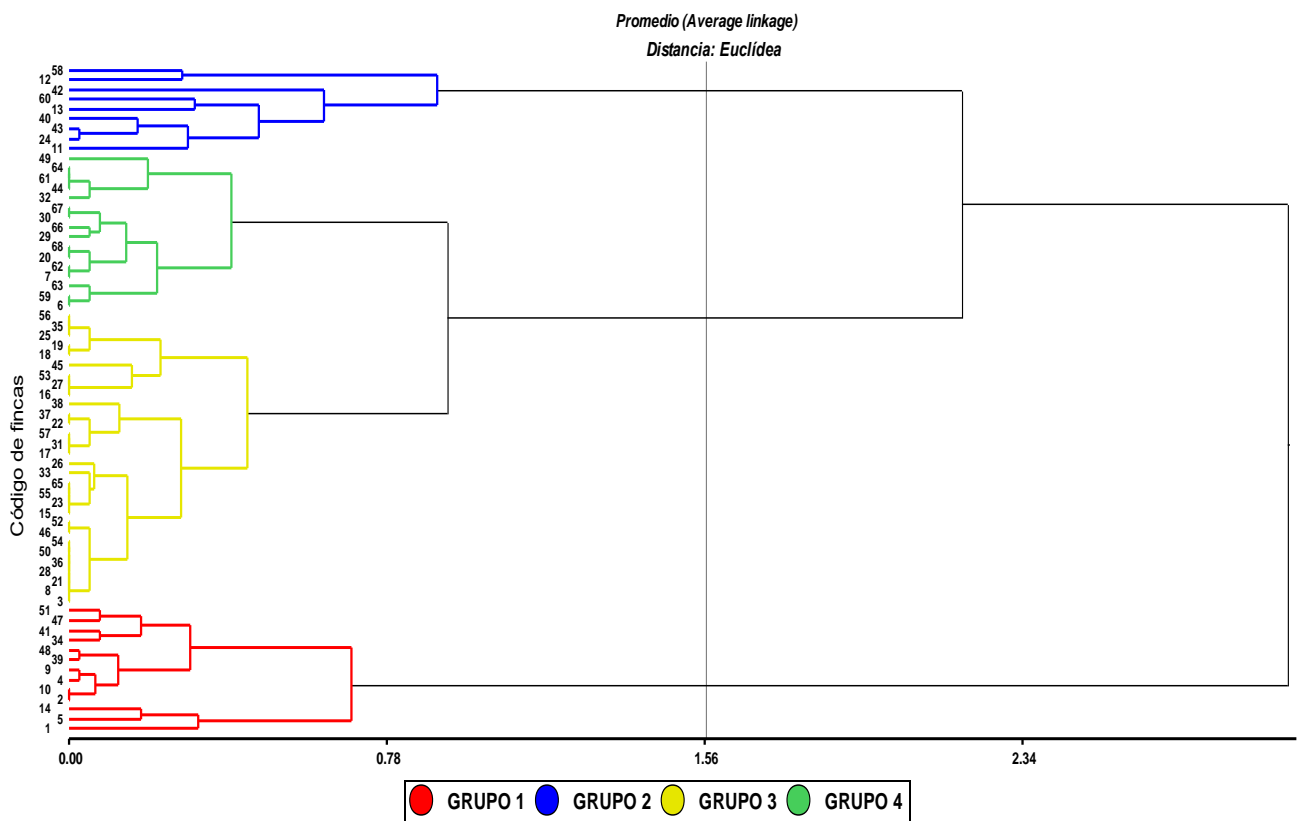


Figura 11. Dendrograma de agrupamiento de las 68 fincas evaluadas con base a los niveles de degradación de sus pasturas.

Por encima de la higuera. La figura 11 es un dendrograma que muestra la formación de cuatro grupos de fincas diferentes, conformado por un conglomerado o grupo de prueba con 68 fincas escogidas al azar basados en los índices de reducción evaluados, con pastos tanto naturales como mejorados. Estos cambios están destinados a la mejora. El agrupamiento se realizó por distancia euclidiana adoptando el método de correlación estándar, obteniendo una correlación genética alta (0,96).

Las fincas se clasificaron de acuerdo con los índices de pastoreo reducido propuestos por León (2006) de 68 fincas seleccionadas al azar usando estadística multivariada, análisis de tiempo conglomerado y ecuación promedio (Relación Media) y espacio euclidiano definiendo cuatro grupos visiblemente separados. Esta técnica, propuesto por Pardos et al. (1999); Rapi et al. 2001 por Paz et al. (2003), admite las características de grupos individuales, donde analizar sus características es fácil.

El primer grupo (rojo) tiene 13 fincas, el siguiente grupo (azul) tiene 9 fincas, el tercer grupo (amarillo) tiene 30 fincas y finalmente el cuarto grupo (amarillo verde) tiene 16 fincas.

La Figura 12 describe los porcentajes que representa cada grupo conformado.

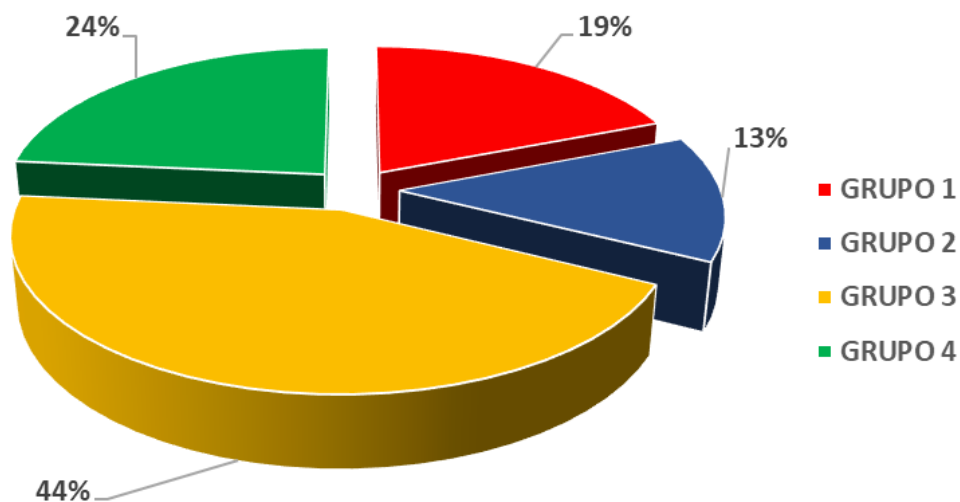


Figura 12. Porcentaje de fincas en los grupos conformados

4.1.2. Caracterización de los sistemas de producción ganadera

Cada grupo creado tiene ciertas características. De las 68 fincas encuestadas, algunas tenían solo pastos; algunas fincas solo tenían mejores pastos, y otras tenían tanto pastos naturales como mejorados. Para cada tipo de pastura se analizaron tablas de regresión basadas en seis indicadores que miden las características de la pastura y la cobertura. Gracias a esto se

pudo obtener un índice de degradación, que para pastos naturales va de 1 a 3 (muy seco, seco y moderadamente degradado), y para pastos mejorados de 1 a 5 (muy seco, seco, moderado, húmedo y no húmedo).

Los grupos creados se dividieron según el nivel de degradación, medido por los índices de degradación. La Tabla 4 y la Figura 13 muestran los datos de degradación para cada grupo y las tasas de degradación de los pastizales. Se puede percibir que el grupo de fincas 1, constituido por 19 fincas, ha desarrollado pasto con un índice de 4.13, lo que lo califica como un poco bajo. El segundo grupo, representado por 13 fincas, representa pastos naturales y modificados, es decir, todos los pastos; para pastos naturales el índice promedio de 2.42 define como muy dañado, mientras que para pastos mejorados tiene un índice de 4.10 que define como moderado. El tercer grupo, que incluye 44 fincas encuestadas, representa los pastos naturales con un índice de 2.47, que lo ubica como el más degradado; y finalmente el cuarto grupo, que constituye 24 explotaciones, tiene un índice de 1,57, que lo distingue como pasto muy podrido.

Tabla 4. Medias de los índices de degradación de las pasturas evaluadas

GRUPO	Nivel de degradación	PASTO NATURAL		PASTO MEJORADO	
		Promedio	E.E.	Promedio	E.E.
1	Leve			4,13	± 0,19
2	Leve-severa	2,42	± 0,14	4,10	± 0,14
3	Severa	2,47	± 0,04		
4	Muy severa	1,57	± 0,05		

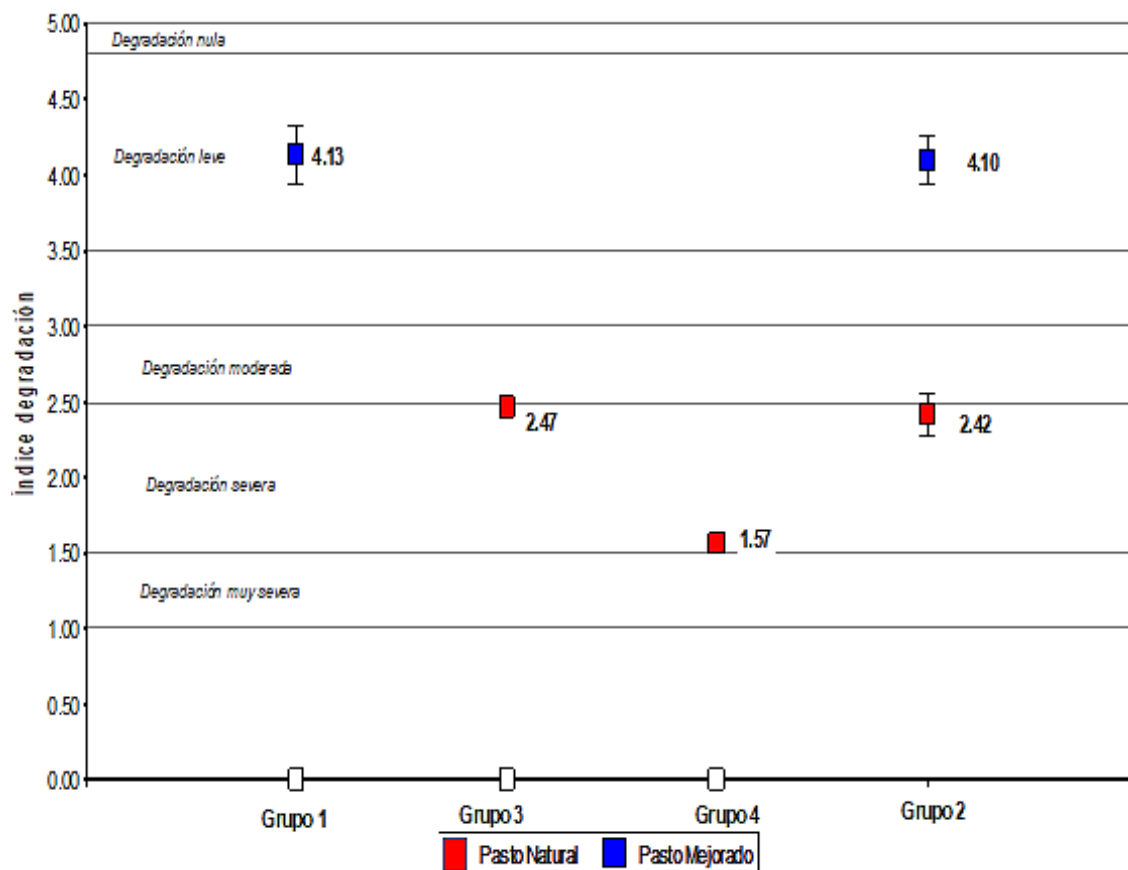


Figura 13. Nivel de degradación, según los índices de degradación.

Los grupos fueron identificados y clasificados estadísticamente en base a los índices de degradación que obtuvieron. Las características de los pastos naturales y pastos renovables se describen en las tablas 4 y 13. Se formaron grupos y se dividieron numéricamente de acuerdo a la reducción que lograron. Las tablas 4 y 13 describen los factores de reducción para césped natural y césped mejorado. Según León (2006), utilizando seis indicadores para cada pasto, se define su estado actual; por lo tanto, para el grupo 1 esperan un pequeño descuento; el grado 2 representa una disminución entre leve y grave; El tercer grupo representa la caída más alta y finalmente el cuarto grupo representa la caída más alta. La presencia de una alta proporción de pastizales con pastizales degradados (68 de los cuales se encuentran en una condición severa a severa) es consistente con CIAT (2005), que muestra que más del 60% de los pastizales de América Tropical ahora están deteriorados.

Como se puede observar en la Tabla 5, al examinar las fincas con suelo natural (grupos 2, 3 y 4), existe claramente una diferencia estadística entre estas (valor de $p =$

< 0.0001) en cuanto a disminución evidente, y el tercer grupo. hacer estadísticas. similar con una diferencia en términos de fincas de clase 4.

Tabla 5. Análisis de varianza entre los grupos conformados según los índices de degradación para los dos tipos de pasturas (media \pm error estándar)

GRUPOS	Nivel de degradación	Pasto natural	Pasto mejorado
Grupo 1	Leve		4,13 \pm 0,10 A
Grupo 2	Leve-severa	2,42 \pm 0,08 A	4,10 \pm 0,11 A
Grupo 3	Severa	2,47 \pm 0,04 A	
Grupo 4	Muy severa	1,57 \pm 0,06 B	
		p-valor = <0,0001 **	p-valor = 0,7453 NS

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas, según prueba DGC (5%).

Al examinar los resultados con pastos mejorados en la misma Tabla 5, no es posible ver ninguna diferencia estadística (p valor = 0.7453) entre las fincas de los grupos 1 y 2, que son fincas con pastos mejorados. sus pastos. En resumen, se puede decir que estas granjas están al borde del colapso.

La Tabla 6 muestra las seis características medidas en los pastos naturales. Los grupos con pastos naturales representan las fincas de los grupos 2, 3 y 4. Cada cambio se evaluó basado en tres niveles, siendo 1 indeseable y 3 muy deseable.

Tabla 6. Características evaluadas de las pasturas naturales en los grupos

CARACTERÍSTICAS	Nivel	Variable	Inferencia Chi-cuadrado	Grupo 2 (13%)	Grupo 3 (44%)	Grupo 4 (24%)
Especies palatables	1	< 19%		11,11%	0,00%	50,00%
	2	30-59%	0,0001 **	44,44%	53,33%	50,00%
	3	> 60%		44,44%	46,67%	0,00%
Condición	1	Muy malo		11,11%	3,33%	62,50%
	2	Malo	<0,0001 **	11,11%	40,00%	25,00%
	3	Regular		77,78%	56,67%	12,50%
Disponibilidad	1	Muy pobre		11,11%	0,00%	73,33%
	2	Pobre	<0,0001 **	22,22%	46,68%	26,67%
	3	Media		66,67%	53,33%	0,00%

Malezas	1	16-35%		44,44%	46,67%	100,00%
	2	6-15%	0,0072 *	44,44%	40,00%	0,00%
	3	<5%		11,11%	13,33%	0,00%
Suelo desnudo	1	Manchas aisladas		0,00%	0,00%	31,25%
	2	Espacios pequeños	0,0009 *	33,33%	30,00%	50,00%
	3	No hay	0%	66,67%	70,00%	18,75%
Erosión	1	Surcos o cárcavas		0,00%	3,33%	6,25%
	2	Laminar	0,0035 *	44,44%	10,00%	62,50%
	3	Apariciones		55,56%	86,67%	31,25%

** = Altamente significativo; * = significativo

Según el gusto de los animales en los pastos se considera que las fincas de clase 2 representan el 89% de las especies dulces del 30 al 60% en sus alas, la misma situación ocurre para las fincas de clase 3; mientras que para las fincas del grupo 4, 50%, representa menos del 19% de las especies dulces en sus pastos. Lo mismo ocurre con las condiciones de pastoreo, y para las fincas de los grupos 2 y 3, el gobierno promedio es de 77.78% y 56.67%, respectivamente; sin embargo, para las fincas del grupo 4 -73.33- representan una situación muy mala. También hay una clara diferencia en los niveles de cada característica en los grupos combinados (valor $p < 0,05$).

En la tabla 6 se observa que los grupos 2, 3 y 4 son los que tienen pastos naturales, y de ellos el grupo 4 está representado por solo 50 especies que son buenas (en sus pastos), sin muy malas condiciones, baja disponibilidad, alta prevalencia, tercero. en esta zona es suelo desnudo y gran parte de erosión foliar. Estos procesos son descritos por Pérez (2014), Brown (2003) y Padilla y Sardinhas (2003) como procesos de pasto podrido.

Solamente, dos grupos de fincas (Grupo 1 y Grupo 2) fueron considerados para prácticas mejoradas de pastoreo. La Tabla 7 muestra los seis atributos en una escala de cinco puntos, donde 1 es el menos deseable y 5 el más deseable. De igual forma se encontró que de acuerdo a la calidad del sabor en las fincas del primer grupo de 76 hay de 51 a más de 81 tipos de sabor, la misma tendencia se percibe en las fincas del segundo grupo donde 100 fincas tienen tiempo. dar. de 51 a más de 81 tipos diferentes de corales. La siguiente figura representa la mayor proporción de fincas en buen estado, por ejemplo, para fincas en categoría 1, 61 de ellas están en buen estado, y 44 fincas en categoría 2 también están en esta condición

belleza. Las diferencias restantes muestran las mismas características, lo que permite encontrar la falta de datos sobre el efecto de diferentes condiciones en los dos grupos tomados (valor de $p > 0.05$) que representa pastos mejorados.

Tabla 7. Características evaluadas de las pasturas mejoradas en los grupos

CARACTERÍSTICAS	Nivel	Variable	Inferencia Chi-cuadrado	Grupo 1 (19%)	Grupo 2 (13%)
Especies palatables	1	< 19%	0,2941 NS	7,69%	0,00%
	2	20-40%		0,00%	0,00%
	3	41-50%		15,38%	0,00%
	4	51-80%		23,08%	55,56%
	5	>81%		53,85%	44,44%
Condición	1	Muy malo	0,6003 NS	0,00%	0,00%
	2	Malo		7,69%	0,00%
	3	Regular		15,38%	33,33%
	4	Bueno		61,54%	44,44%
	5	Excelente		15,38%	22,22%
Disponibilidad	1	Muy pobre	0,7804 NS	0,00%	0,00%
	2	Pobre		7,69%	0,00%
	3	Medía		38,46%	44,44%
	4	Alta		23,08%	33,33%
	5	Muy alta		30,77%	22,22%
Malezas	1	>56%	0,3523 NS	7,69%	0,00%
	2	36-56%		7,69%	0,00%
	3	16-35%		7,69%	33,33%
	4	6-15%		30,77%	44,44%
	5	<5%		46,77%	22,22%
Suelo desnudo	1	Completamente desnudo	0,4358 NS	0,00%	0,00%
	2	Manchas localizadas		0,00%	0,00%
	3	Manchas aisladas		0,00%	11,11%
	4	Espacios pequeños		53,85%	55,56%
	5	No hay 0%		46,15%	33,33%
Erosión	1	Surcos o cárcavas	0,6368 NS	0,00%	0,00%
	2	Laminar		0,00%	0,00%
	3	Apariciones		7,69%	11,11%
	4	Indicios		38,46%	55,56%
	5	No		53,85%	33,33%

NS = No significativo

La Tabla 7 presenta el grupo de fincas con pastos mejorados, lo que muestra que dichos pastos se encuentran solo en fincas del primer y segundo grupo. Aunque hay una ligera disminución en los mismos valores, es importante mencionar que Holmann et al. (2004) que no solo los pastos naturales sino también los pastos mejorados pueden dañarse, y que la mayoría de ellos se dañan después de solo 5 a 7 años de establecimiento.

La división que se encuentra en los sistemas de producción animal es que todos son (100%) de bajo nivel (de abajo hacia arriba). Solo el 19% de las fincas encuestadas tienen una pequeña caída; 13% decaimiento leve y moderado; 44 fincas están severamente dañadas y el 24% están severamente dañadas. Estas tasas de disminución son consistentes con el trabajo mostrado por León (2006) en Centroamérica y CIAT (2005) que muestra la destrucción del 60% de los pastizales en las regiones tropicales de América. Un juego para esta situación es presentado por Betancourt et al. (2007) que la degradación de los pastos representa el acceso a biomasa comestible de baja calidad para el ganado, lo que resulta en una menor transformación de carne y leche y, por lo tanto, menores ingresos agrícolas.

Las razones de la destrucción de los pastos según (2014), Brown (2003) y Padilla y Sardinhas (2003) quienes dicen que esto se debe a la falta de un buen manejo de sus pastos, entre ellos está el manejo de las condiciones adecuadas. El sobrepastoreo es la razón principal. De igual forma, la falta de nutrientes del suelo, especialmente nitrógeno, como lo reporta Robbins et al. 1986, citado por Rincón (2006).

4.2. Determinación de las reservas de carbono aéreo y bajo suelo de las fincas seleccionadas según su nivel de degradación

4.2.1. Selección de fincas de los grupos identificados

Para examinar sus pastos, se seleccionaron cuatro fincas correspondientes a cada grupo como resultado de la sección (Tabla 8).

Después de identificar los diversos grupos, se seleccionó una finca por grupo. En la Tabla 8 se describen las cuatro fincas que corresponden a las características de cada grupo, así la finca 1 corresponde al grupo 1, y así sucesivamente.

Tabla 8. Fincas seleccionadas por grupo conformado

Fincas	Nivel de degradación	Sector	Distrito	Propietario	Ubicación geográfica (UTM 18 L)	
					X	Y
Finca 1	Leve	Santa Lucía	Pueblo Nuevo	Félix Tuanama Zootecnia-UNAS	387 216	8 990 009
Finca 2	Leve y severa	7 de Octubre	Pucayacu	Espinoza Agüero Florán	376 370	9 027 071
Finca 3	Severa	La Victoria	Aucayacu	Alejo Nieves Edgar	378 784	9 019 365
Finca 4	Muy severa	La Victoria	Aucayacu	Trinidad Torres Gloria	378 959	9 017 782

4.2.2. Características de las fincas seleccionadas

En la Tabla 9 se describen algunas características que los distinguen en cuanto a las características sociales y técnicas, los recursos con los que presentan y más aún el nivel de descomposición de sus pastos. Principalmente lo que los distingue es el grado de descomposición de sus pastos y la complejidad del sistema silvopastoril. Una finca del Grupo 1 está menos dañada, pastos mejorados, con árboles dispersos en los pastos y pastos, en comparación con una finca del Grupo 4 que muestra daños severos en sus pastos, sin árboles dispersos en sus pastos y no tiene alambre vivo. Las fincas en los grupos 2 y 3 están en el medio. Es decir, la complejidad del sistema silvopastoril comienza con el primer grupo de fincas, que es el más complejo (se refiere a algunas partes de los pastos), y termina con el cuarto grupo de fincas, que es muy difícil, por el hecho de que tiene potreros privados sin árboles ni cercas vivas.

Otra cosa importante es que las actividades de los animales se transmiten de una generación a otra, no reciben ayuda profesional y se basan en el autoaprendizaje.

Tabla 9. Algunas características de las fincas seleccionadas de cada grupo tipificado

	Características	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4
Sociales	Edad del productor (años)	60	32	34	43
	Nivel de educación	Secundaria	Secundaria	Superior	Superior
	Años dedicado a la ganadería	25	18	27	40
	Aprendió la ganadería	Por si solo	De sus padres	De sus padres	De sus padres
	Pertenece a una organización	No	No	No	No
	Recibe asistencia técnica	No	No	No	No
	Fertiliza sus pasturas	No	No	No	No
Técnicas	Infraestructura ganadera	Si	No	Si	Si
	Número de potreros	12	2	1	7
	Cercas vivas	Si	No	Si	No
	Área total (ha)	50	35	160	146
Recursos	Área pasto mejorado (ha)	30	7	0	0
	Área Pasto Natural (ha)	0	10	60	90
	Área de cultivos agrícolas (ha)	0	10	40	41
	Área de conservación (ha)	20	8	60	15
	Árboles dispersos en potreros	Si	Si	Si	No
	Total, de animales	18	16	136	49
	Naciente de agua	No	Si	No	No
	Nivel de Degradación	Leve	Leve y severa	Severa	Muy severa

La Tabla 9 presenta los recursos sociales, técnicos y personales de las fincas. Vemos que la edad del productor está definida por características sociales, y como se puede observar, el agricultor en la finca 1 tiene 60 años, y en las fincas 2 y 3 son más jóvenes (32 y 34 años), y en la granja. 4 tienen una edad normal.

Las mismas tendencias están relacionadas con la experiencia ganada en años, las fincas 3 y 4 tienen la mayor experiencia en años, mientras que los productores de las fincas 1 y 2 muestran menores habilidades. Según Ochoa (2015), la renta básica de los productores depende de la habilidad en determinadas acciones y se basa en innumerables acciones de prueba y error. La edad y la experiencia laboral fueron definidas por Macera et al. como la energía. (1999) porque les permite obtener retroalimentación sobre su desempeño.

El nivel de educación consiente en distinguir que las fincas 3 y 4 tienen educación superior, mientras que las fincas 1 y 2 tienen solo educación secundaria. Según Acosta et al. (2014) el aprendizaje adquirido o desarrollado tiene un impacto directo en la dificultad para comprender los procesos ambientales y los métodos de adaptación propuestos. Esto afecta directamente el nivel de condición física (Altieri 2002).

En su totalidad las fincas no están protegidas y no están incluidas en el sindicato de agricultores. Esta condición significa que la sapiencia que tienen sobre los animales fueron transmitidos por sus padres o por ellos mismos. Según Casasola et al. (2006) y Prabhu (2000) buscaron explicaciones basadas en las necesidades y limitaciones de los agricultores.

En cuanto al tamaño de la finca y el área de pastos, las fincas 3 y 4 tienen el área más grande (160 y 146 ha respectivamente), mientras que las fincas 1 y 2 tienen el área más pequeña (50 y 35 respectivamente). El tamaño de la finca, como lo plantea Daniel (2000), admite al agricultor cuidar los beneficios de los recursos, en opinión de Altieri (2002) que la protección del medio ambiente se mantiene manteniendo un ingreso constante.

Es de gran importancia señalar que cada finca, acorde a su nivel de degradación, combina sus componentes bióticos de tal forma que en las condiciones más difíciles (finca 4) proporciona la hierba de pasto solo en su sistema (sistema de monocultivo tradicional) . ; Frente a la situación de deterioro severo (finca 3), pasto atado (hierba y flores) y setos; Ante la humedad en las condiciones más destructivas (Finca 2), se amarran a potreros con árboles de regeneración extensiva (árboles frutales); reducir la velocidad (granja 1) Son compañeros de gramíneas y leguminosas bien desarrolladas, árboles extensos (capirona) y setos (erythrina). Por esta razón, el grado de destrucción de los pastos está directamente relacionado con los componentes bióticos, como lo muestran Sánchez y Reines (2001) que los sistemas silvopastoriles (bosques y especies arbóreas en conjunto) suministran un clima edáfico bueno para la salud del suelo sobre el pastoreo de ganado.

A continuación, se manifiestan los detalles de cada finca seleccionada.

FINCA 1



Figura 14. Mapa de ubicación de la Finca 1, con degradación leve



Figura 15. Características de la Finca 1. Pasturas mejoradas con degradación leve, con árboles dispersos en potreros (capirona) y cerco vivo

La Finca 1, ubicada en Tulumayo (Condado de Pueblo Nuevo), se establece con *Echinochloa polystachya* HITCH mejorada (Pasto Camerún o Pasto Alemán) y Fabaceae *Pueraria Phaseoloides* (Kudzu). En estos potreros hay árboles de *Calycophyllum spruceanum* Benth (capirona), establecidos en 2006 (hace 15 años) con una densidad de 6 x 9 metros, para un total de 185 árboles por hectárea. Esta especie de árbol tiene un diámetro promedio en el diámetro del pecho (DAP) de 20,3 cm y una altura de 13,9 metros. La parte arbórea de esta

especie es su pequeño tronco, el cual transmite rayos fotosintéticamente dañinos (RAFA) con un promedio de 43.7%; el área cubierta por el dosel en 1 es de 22.7% (Tabla 10).

Estos prados están rodeados o cercados por *Erythrina* sp (seto o erythrina), que proporciona sombra y protección contra el viento. La hectárea que ocupa esta dehesa es de 400 metros lineales de seto, y 70 especies a 100 metros (aproximadamente), para un total de 280 árboles de *Erythrina*. Esta raza, que también se estableció hace 15 años, tiene un diámetro promedio a la altura del pecho de 13,52 cm y una longitud de 5,27 metros. Su cobertura produce 19,4 tonos por hectárea. En cuanto a la luz solar, impide su penetración y solo se pueden utilizar 19,6 μ l en su totalidad (ver Tabla 10).

Tabla 10. Características dasométricas de las especies arbóreas de la Finca 1

ESPECIE	Dap (cm)	Altura (m)	Radiación solar ($\mu\text{mol.m}^2/\text{seg}$)			Área dosel (m^2)		
			Interno	Externo	radiación útil (%)	individual	hectárea	dosel/ha (%)
Capirona	20,3	13,9	330,2	755,0	43,7	12,3	2271,8	22,7
Erythrina	13,52	5,27	247,8	1262,4	19,6	6,94	1943,2	19,4

FINCA 2

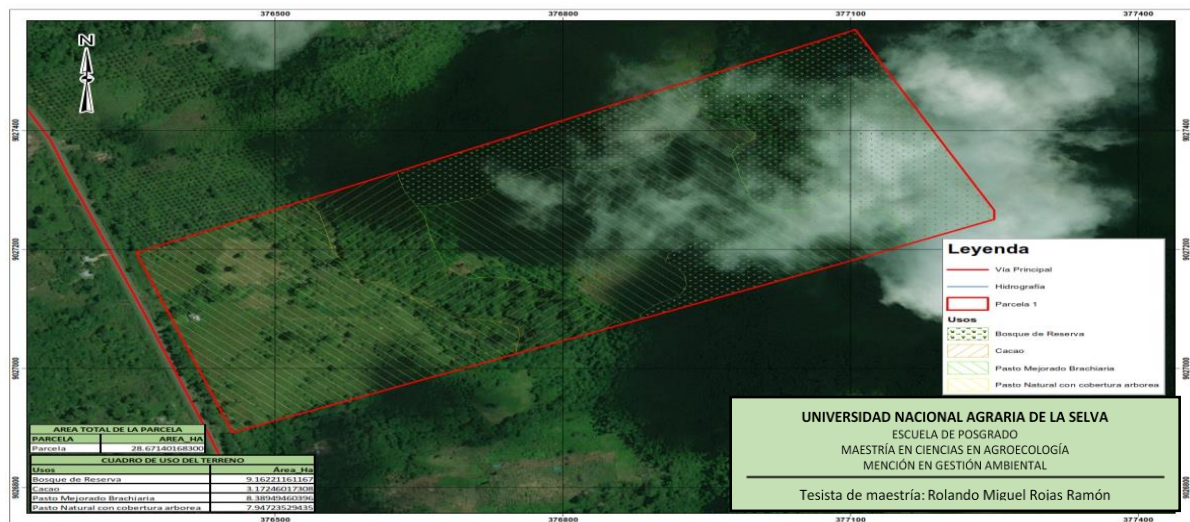


Figura 16. Mapa de ubicación de la Finca 2 con degradación entre leve y severa



Figura 17. Características de la Finca 2. Pasturas naturales con degradación leve-severa, árboles dispersos (guayaba) y sin cercas vivas.

Se establece la finca 2, ubicada “7 de octubre”, distrito de Pukayaku, con *Axonopus Compressus* (pasto natural) relacionado con Fabaceae *Calopogonium muconoides* (calopogonium). Una característica importante de este sistema ganadero es la distribución de árboles reproductores con la especie *Psidium guajava* L. (guayaba) distribuidos al azar, con un total de 107 árboles frutales por hectárea. Lo interesante de este sistema es que incluye 11 árboles diferentes, principalmente guayaba, pero también cítricos como *Citrus sinensis* (limón), *Citrus jambíri* L. (limón limón), *Citrus aurantiifolia* (limón dulce) y otros tipos. . árboles frutales como *Vochysia viismiifolia* (cedro), *Ceiba insignis* (huevo rojo), *Schefflera morototoni* (aceite del Caspio), *Alseis peruviana* (palo blanco), *Ocotea sp.* (palmera hermana), *Terminalia oblonga* (hapu) y *Miconia sp.* (miconia). Los datos de dasometría se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Características dasométricas de la guayaba de la Finca 2

ESPECIE	Dap (cm)	Altura (m)	Radiación solar ($\mu\text{mol.m}^2/\text{seg}$)			Área dosel (m^2)		
			Interno	Externo	% radiación útil	individual	hectárea	% de dosel/ha
Guayaba	9,87	7,11	423,52	984,61	43,0	12,45	1332,00	13,30

FINCA 3

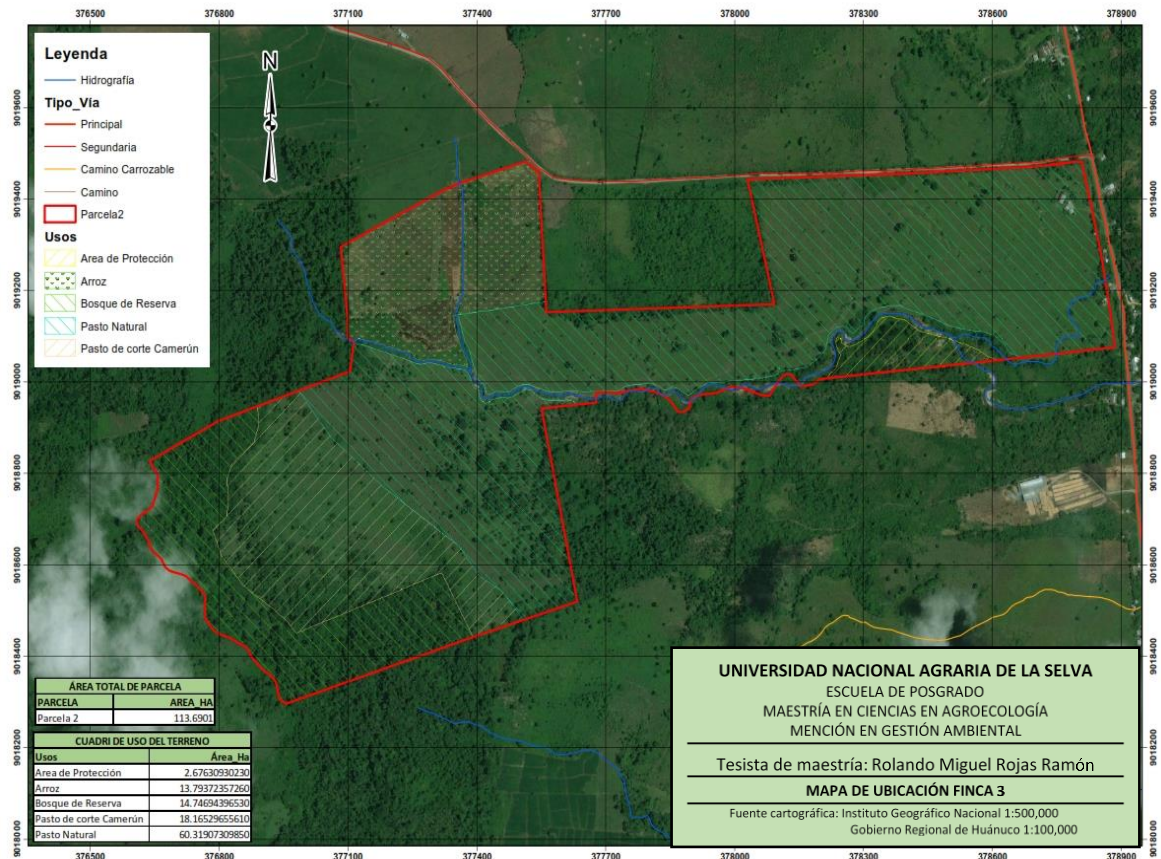


Figura 18. Mapa de ubicación de la Finca 3 con degradación severa

La finca 3, ubicada en la zona de “La Victoria”, José Crespo y Castillo, se estableció con *Axonopus Compressus* (pasto natural) relacionado con la leguminosa *Calopogonium muconoides* (calopogonium).



Figura 19. Características de la Finca 3. Pasturas naturales con degradación severa y con cercas vivas.

Tabla 12. Especies arbustivas encontradas en la cerca viva de la Finca 3

PARCHE N° 1		
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
<i>Cecropia Engleriana Snethl</i>	Cetico	Cecropiaceae
<i>Guarea Guidonia (L) Sleumer</i>	Requia	Meliaceae
<i>Inga Edulis Mart.</i>	Poroto Shimbillo	Fabaceae
<i>Ocotea Williamsi P.H Allem</i>	Palta Moena	Lauraceae
<i>Couma Macrocarpa Barb & Rodrig</i>	Leche Caspi	Apocynaceae
<i>Erythrina Edulis Triana & Micheli</i>	Erythrina	Fabaceae
<i>Ficus Niger Miq</i>	Renaco	Moraceae
<i>Virola Pavonis (A.DC.) AC. SMITH</i>	Cumala	Myristicaceae
<i>Miconia Minutiflora (bonpl) DC</i>	Rifari	Melastomatacea
<i>Rubiacea sp.</i>	Rubiacie	Rubiaceae
<i>Xanthosoma Saettifolium L</i>	Patiquina	Araceae
<i>Polystichum Aculeatum L</i>	Helechos	Dryopteridaceae
<i>Bauhinia Tarapotensis Benth</i>	Pata de buey	Fabaceae
PARCHE N° 2		
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
<i>Brosimum parinarioides Ducke</i>	Caucho masha	Moraceae
<i>Miconia barbeyana Cogniaux</i>	Paliperro	Melastomatacea
<i>Cecropia Engleriana Snethl</i>	Cetico	Cecropiaceae
<i>Callycophyllum Spruceanun Benth</i>	Rubiacie	Rubiaceae
<i>Persea Bolivense Mez. & Rusby ex Rus</i>	Palta Moena	Lauraceae
<i>Piper aduncum L.</i>	Matico	Piperacea
PARCHE N° 3		
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
<i>Brosimum parinarioides Ducke.</i>	Caucho masha	Moraceae
<i>Mauritia flexuosa Lf</i>	Aguaje	Arecaceae
<i>Triplaris Peruviana Fisch & CA Mey</i>	Tangarana	Fabaceae
<i>Guarea Guidonia (L) Sleumer</i>	Requia	Meliaceae
<i>Inga Martiniana Zak. V.</i>	Shimbillo	Fabaceae
<i>Bauhinia Varigatum L</i>	Pata de buey	Fabaceae
<i>Polystichum aculeatum L</i>	Helechos	Dryopteridaceae
<i>Ficus Insipida Willd.</i>	Ficus	Moraceae
<i>Albizia Falcataria Kunth & Barnideby</i>	Pashaquillo	Fabaceae
<i>Gynerium sagittatum (Aublet)</i>	Caña brava	Poaceae

La principal característica de este sistema ganadero es que la hectárea estimada tiene diferentes tipos de cercos de muchos tipos. Para examinarlas se localizaron tres áreas, denominadas “áreas”, en las cuales se encontraron 21 especies diferentes (Tabla 12).

Los datos dasométricos de los proyectos se describen en la Tabla 13. Cabe señalar que este cerco de paredes múltiples presenta una gran sombra, alcanzando una longitud de 4° rayos fotosintéticamente activos, lo que indica que debido a los pequeños rayos que ingresan a ella, el césped no es efectivo, porque el césped natural no permite la altura de la sombra superior.

Tabla 13. Características dasométricas de los parches de la Finca 3

Parche	Longitud (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Radiación solar ($\mu\text{mol.m}^2/\text{seg}$)		
				Interno	Externo	% radiación util
Parche 1	22,90	7,85	7,34	21,67	722,67	3,0
Parche 2	20,10	6,34	9,24	16,33	1796,33	0,9
Parche 3	39,22	6,67	7,33	64,00	1591,67	4,0



Figura 20. Imágenes de los tres parches de evaluación

FINCA 4

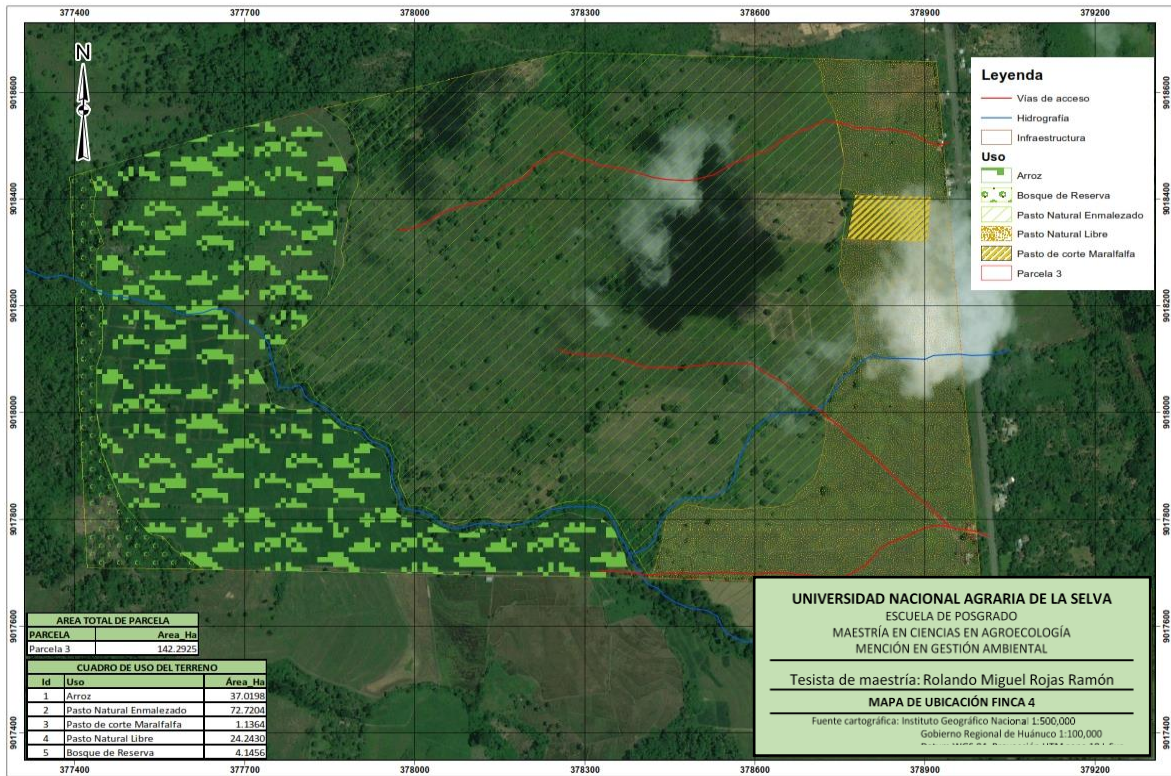


Figura 21. Mapa de ubicación de la Finca 4 con degradación muy severa



Figura 22. Características de la Finca 4. Pasturas naturales con degradación muy severa.

La Finca 4, ubicada en "La Victoria", zona José Crespo y Castillo, es una explotación ganadera que utiliza únicamente *A. compressus* (pasto natural). Su complejo de inferioridad es muy profundo. No existen especies arbóreas y arbustivas en la hectárea relevada.

4.2.3. Evaluación de las reservas de carbono aéreo

1. Biomasa y carbono herbáceo

La biomasa y carbono del componente herbáceo se detalla en la Tabla 14. Se observa una alta diferencia estadística entre las fincas (p -valor $<0,05$) con respecto a la biomasa (materia seca) y al carbono, resultando las fincas 1 y 3 (degradación leve y severa respectivamente) con mayores tenores de biomasa y carbono que el resto de las fincas. Las fincas 2 y 4 (degradación leve-severa y muy severa respectivamente) presentan menores tenores de biomasa y carbono.

Tabla 14. Pesos medios de biomasa y carbono (t/ha) del componente herbáceo en las fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Biomasa (t/ha)	Carbono (t/ha)
FINCA 1	Leve	2,65 \pm 0,24	1,32 \pm 0,12
FINCA 3	Severa	2,32 \pm 0,30	1,16 \pm 0,20
FINCA 2	Leve-severa	1,23 \pm 0,10	0,62 \pm 0,05
FINCA 4	Muy severa	1,15 \pm 0,15	0,58 \pm 0,07
P-valor		0,0001	0,0001

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

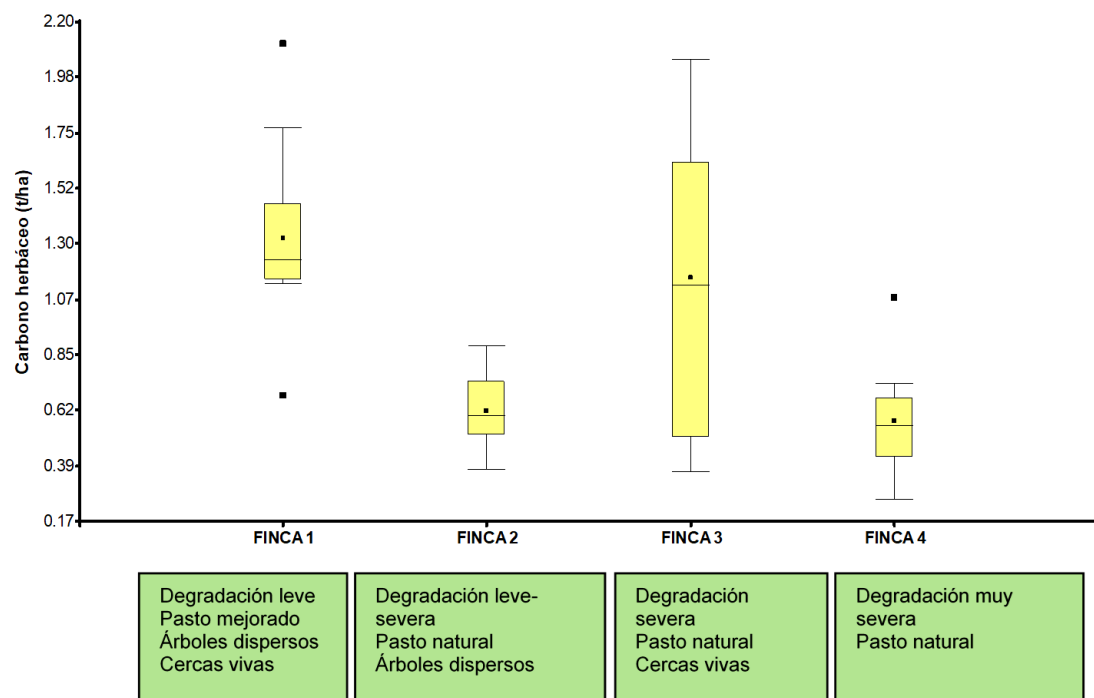


Figura 23. Tenores de carbono herbáceo por finca

La Tabla 14 describe que mayor biomasa se encuentran en la Finca 1, cuya degradación es leve, además de tener pastura mejorada. Esto concuerda con lo mencionado por Azevedo et al. (2000) y Decaens et al. (2001), que menciona que los pastos mejorados originan mayor biomasa por unidad de terreno. Por otra parte, la finca 4, con degradación muy severa muestra menor biomasa y carbono herbáceo. Uno de los principales efectos de la degradación de las pasturas es la reducción de la producción de la biomasa, según Staff (2014), trayendo consigo una reducción de la capacidad de carga.

Se debe señalar que el sistema de tipo 4, corresponde a solo pastura natural sin árboles ni cercas vivas, mientras que la finca 1, es la que tienen árboles en la pasturas y cercas vivas, los cuales según Ibrahim et al. (2007) este sistema genera interacciones ecológicas beneficiosas para el sistema como es el flujo de carbono.

2. Biomasa y carbono hojarasca

La Tabla 15 muestra los contenidos de biomasa y carbono para el componente hojarasca.

Tabla 15. Contenidos medios de biomasa y carbono del componente hojarasca entre fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Biomasa (t/ha)		Carbono (t/ha)	
FINCA 3	Severa	0,44	$\pm 0,04$	A	0,22 $\pm 0,02$ A
FINCA 2	Leve-severa	0,37	$\pm 0,06$	A	0,19 $\pm 0,03$ A
FINCA 1	Leve	0,35	$\pm 0,02$	A	0,17 $\pm 0,01$ A
FINCA 4	Muy severa	0,19	$\pm 0,01$	B	0,09 $\pm 0,01$ B
P-valor		0,0009		0,0006	

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

Tal como lo demuestra la Figura 24 existe evidencia estadística para afirmar la existencia de diferencias entre las fincas (p-valor $<0,05$) con respecto a estos tenores. La finca 4 (degradación muy severa) presenta el menor contenido de biomasa y por ende de carbono a comparación del resto de fincas, que tienen un comportamiento similar.

La Tabla 15 indica la biomasa y carbono del componente de hojarasca, resultando los sistemas 1, 2 y 3, estadísticamente similares, donde solo la finca 4 presenta menor biomasa y carbono de hojarasca. Tal como lo menciona Staff (2014), la degradación de pasturas

se traduce en menor producción de biomasa y hojarasca. Los sistemas con mayores componentes, con cercas vivas (finca 3), árboles dispersos de regeneración natural (finca 2), al mejorar las interacciones ecológicas entre sus componentes se traduce en mayor producción primaria neta, tal como lo señala Giraldo et al. (2011) y Chara y Giraldo (2011).

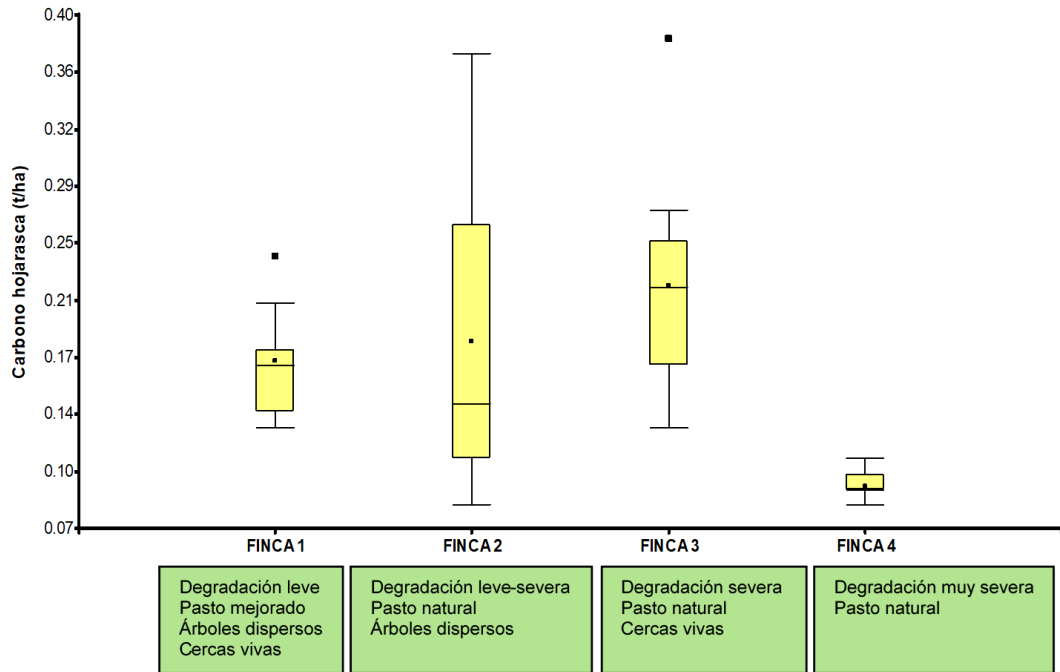


Figura 24. Tenores de carbono de hojarasca por finca

3. Biomasa y carbono arbóreo

La Tabla 16 detalla el contenido de biomasa y carbono aéreo solo entre las fincas que tienen presencia de árboles dispersos en potreros. Tal como se muestra, se evidencia una alta diferencias estadísticas entre estas dos fincas con respecto a la biomasa y carbono arbóreo existente. La finca 1 (degradación leve y con árboles sembrados de capirona) presenta mayor contenido tanto de biomasa como de carbono que la finca 2 (degradación leve-severa con árboles dispersos de guayaba de regeneración natural) (Figura 25).

Tabla 16. Biomasa y carbono arbóreo entre fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Biomasa (t/ha)			Carbono (t/ha)		
FINCA 1	Leve	45,43	$\pm 0,23$	A	22,71	$\pm 0,11$	A
FINCA 2	Leve-severa	3,44	$\pm 0,77$	B	1,72	$\pm 0,39$	B
P-valor		<0,0001			<0,0001		

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

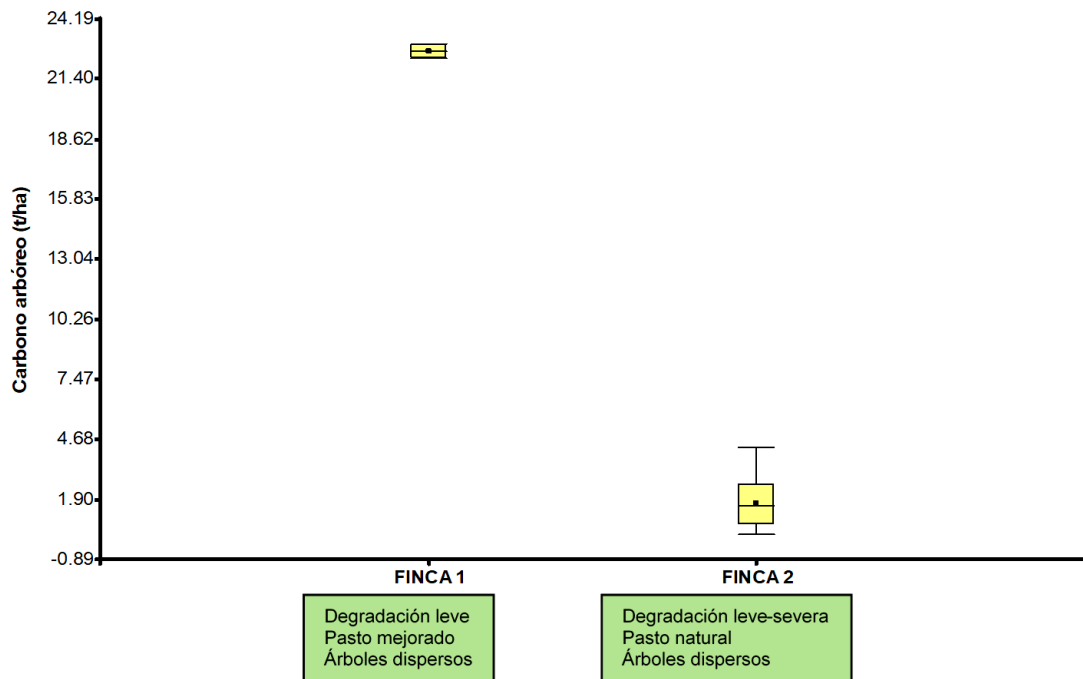


Figura 25. Contenidos medios de carbono arbóreo entre fincas

Con respecto al componente arbóreo, la Tabla 16 compara solo los sistemas de finca 1 y 2, debido a que solo estos sistemas presentan árboles en sus potreros. El sistema con mayor densidad (finca 1) de árboles por hectárea (185 Árboles /ha) presenta un mayor potencial de captura de carbono a comparación de la finca 2, que tiene especie de frutales (guayaba) con menor densidad (115 árboles/ha), coincidiendo con lo señalado por Murgueitio *et al.* (2014).

4. Biomasa y carbono de cercas vivas

La existencia de cercas vivas solo está presente en la finca 1 con eritrina mientras que en la finca 3 es una cerca viva multiestrato de varias especies. La Tabla 17 detalla los contenidos de biomasa y carbono. Como se puede observar, no existe evidencia estadística para sugerir alguna diferencia estadística entre las fincas.

Tabla 17. Biomasa y carbono de cercas vivas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Biomasa (t/ha)			Carbono (t/ha)		
FINCA 3	Severa	11,25	$\pm 1,01$	A	5,63	$\pm 0,50$	A
FINCA 1	Leve	9,88	$\pm 0,10$	A	4,94	$\pm 0,10$	A
P-valor		0,1896			0,1896		

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

La biomasa y carbono de las cercas vivas que se describe en la Tabla 17, son un importante aporte al carbono aéreo, aunque en ambos casos no muestra diferencias estadísticas. Este aporte es resaltado por Villanueva-López et al. (2015), en trabajos que demostró un aporte de carbono de 20,44 t C/ha/año.

5. Biomasa y carbono aéreo

La biomasa y carbono aéreo corresponde a la suma de los componentes vistos (herbáceo, hojarasca, arbóreo y cercas vivas) los cuales suman un total de biomasa y carbono por las fincas evaluadas. La Tabla 18 muestra estas cantidades.

Tabla 18. Biomasa y carbono aéreo en las fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Biomasa (t/ha)			Carbono (t/ha)		
FINCA 1	Leve	58,29	\pm 0.33	A	29,15	\pm 0,17	A
FINCA 3	Severa	14,01	\pm 1.25	B	7,00	\pm 0,63	B
FINCA 2	Leve-severa	5,05	\pm 0.80	C	2,52	\pm 0,40	C
FINCA 4	Muy severa	1,34	\pm 0.15	D	0,67	\pm 0,07	D
P-valor		<0,0001			<0,0001		

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

Se observa una alta diferencia estadística entre las fincas estudiadas (p-valor <0.05) tanto para la biomasa como para carbono. La finca 1, presenta mayor biomasa y carbono en comparación a las otras fincas, debido a que corresponde un sistema con mayores componentes bióticos, presenta pasto mejorado, árboles plantados de capirona en su potrero, y cercas vivas de eritrina. Esta finca es seguida de la finca 3, que presenta pasto natural y cerca viva multiestrato. La finca 4, presenta los menores valores de biomasa y carbono debido a que es un sistema con pastura a un nivel de degradación muy severa, sin cercas vivas ni árboles en sus pasturas (Figura 26).

La Tabla 18 resume el contenido de biomasa y carbono aéreo entre los cuatro sistemas. Se logra mayor carbono en la finca 1 (29,15 t C/ha), mientras que la finca 4 un menor depósito de carbono (0,67 t C/ha). En un trabajo realizado por Beraún (2011) logro determinar una reserva de carbono aéreo en un sistema de pastura mejorada de 8,59 t C/ha mientras que en una pastura natural reportó una reserva de 3,42 t C/ha. Las reservas encontradas son mayores en pasturas naturales para la finca 3 (7 t C/ha) y a la vez son menores para la finca 2 (2,52 t C/ha).

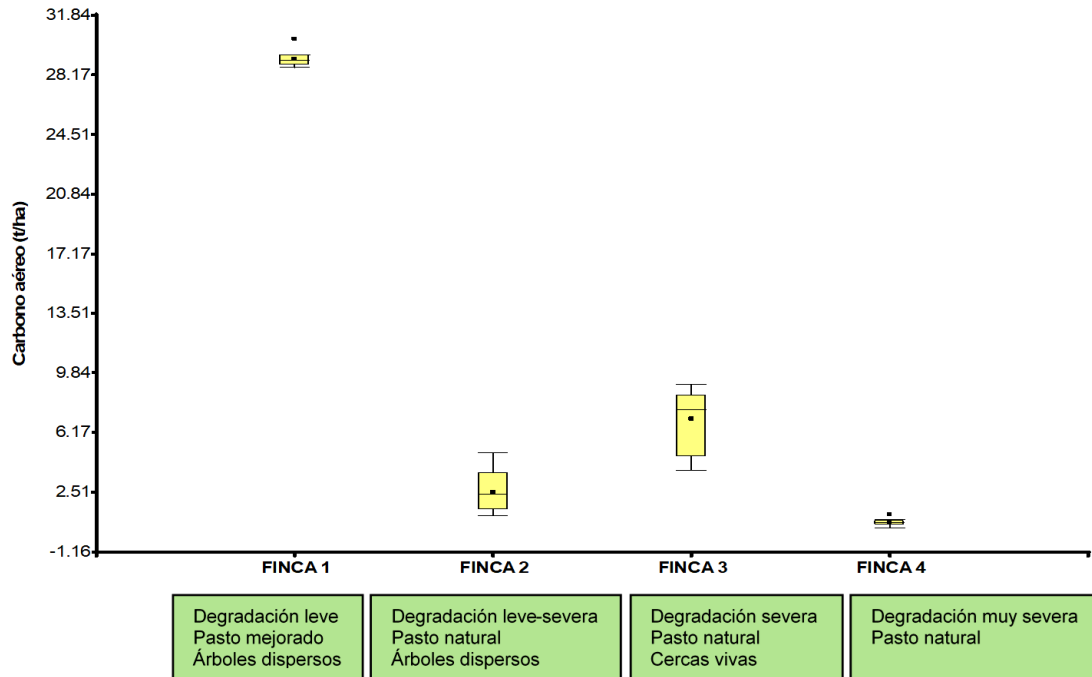


Figura 26. Carbono aéreo comparativa entre las fincas en estudio

4.2.4. Evaluación de las reservas de carbono bajo suelo

1. Biomasa y carbono radicular herbáceo

La Tabla 19 detalla los contenidos de biomasa y carbono radicular herbáceo entre las fincas de estudio. Como puede verse, existen diferencias estadísticas (p -valor < 0.05) entre las fincas, mostrando mayor biomasa carbono la finca 1 a comparación de las otras fincas (Figura 27).

Tabla 19. Biomasa y carbono radicular herbáceo entre fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Biomasa (t/ha)			Carbono (t/ha)		
FINCA 1	Leve	64,85	$\pm 11,24$	A	32,43	$\pm 5,62$	A
FINCA 2	Leve-severa	37,65	$\pm 9,62$	B	18,83	$\pm 4,51$	B
FINCA 4	Muy severa	33,76	$\pm 3,60$	B	16,88	$\pm 1,80$	B
FINCA 3	Severa	17,89	$\pm 2,49$	B	8,95	$\pm 1,24$	B
P-valor		0,001			0,001		

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

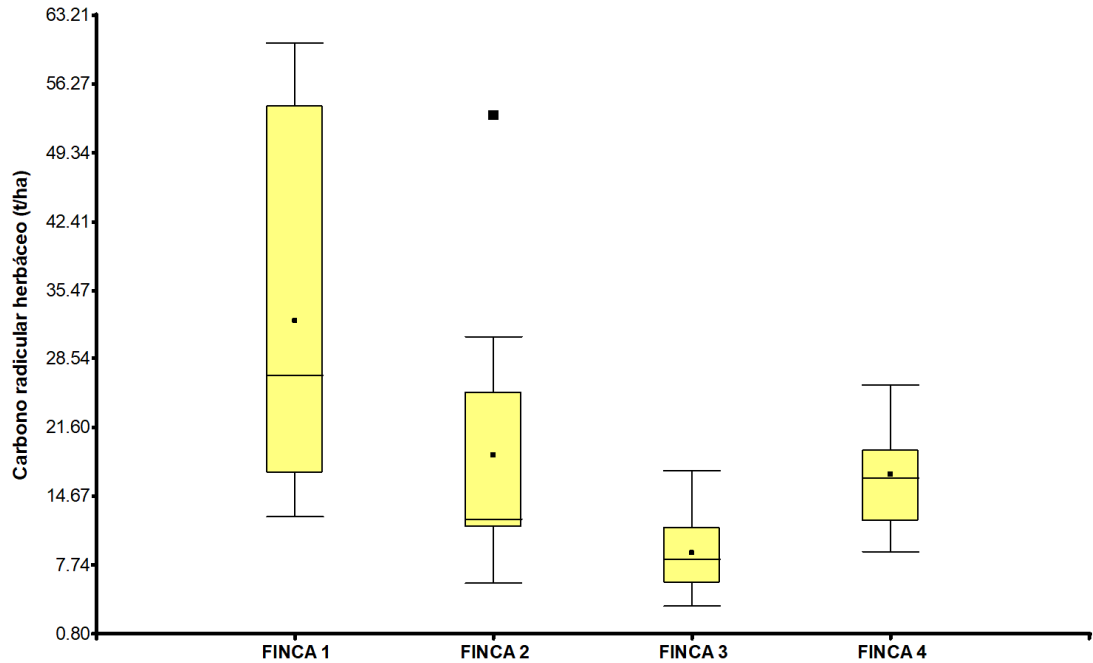


Figura 27. Carbono radicular herbáceo entre fincas

2. Biomasa y carbono radicular arbóreo

La Tabla 20 describe el contenido de biomasa y carbono radicular arbóreo de las fincas 1 y 2, que son las únicas con presencia de árboles en potreros. Como se observa existe una alta diferencia estadística (p -valor $<0,05$) entre las dos fincas, resultando la finca 1 que presenta mayor biomasa y carbono radicular arbóreo que la finca 2 (Figura 28).

Tabla 20. Biomasa y carbono radicular arbóreo entre fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Biomasa (t/ha)		Carbono (t/ha)	
FINCA 1	Leve	16,4	$\pm 0,05$	A	8,2 $\pm 0,03$ A
FINCA 2	Leve-severa	2,99	$\pm 0,45$	B	1,49 $\pm 0,22$ B
P-valor		$<0,0001$		$<0,0001$	

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

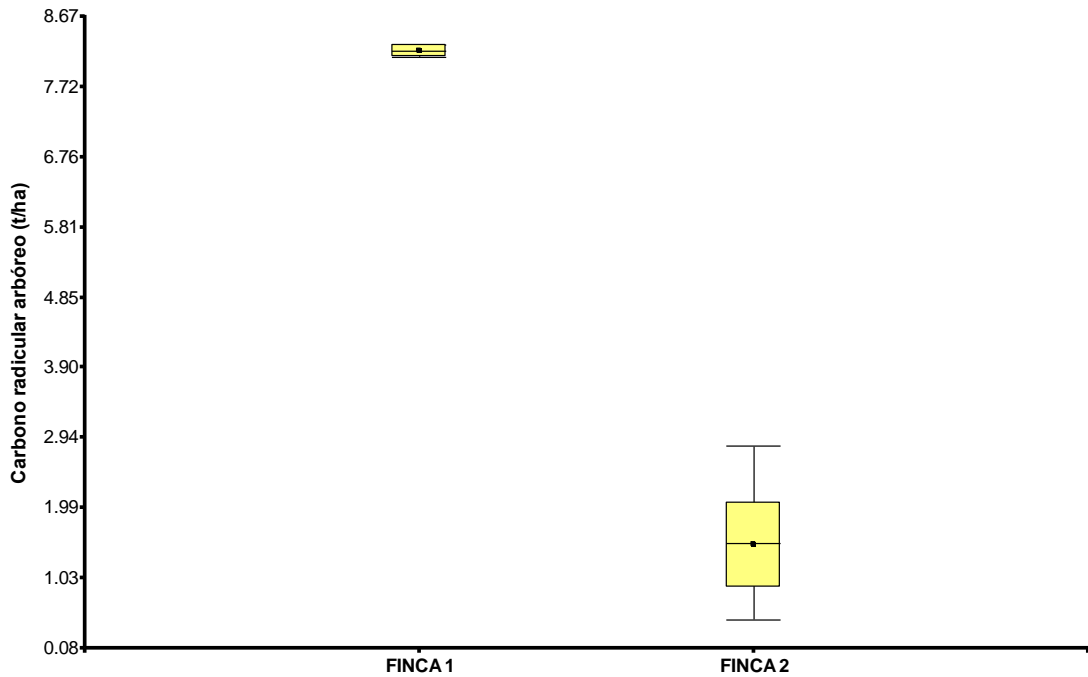


Figura 28. Carbono radicular arbóreo entre fincas

3. Biomasa y carbono radicular de cercas vivas

La existencia de cercas vivas en las fincas 1 y 3, también permiten calcular su biomasa y carbono acumulado. La Tabla 21 describe los resultados, encontrando que no existen diferencias estadísticas ($p\text{-valor} > 0.05$) entre las fincas, para los contenidos de biomasa y carbono radicular existente en las cercas vivas.

Tabla 21. Biomasa y carbono radicular de cercas vivas entre fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Biomasa (t/ha)	Carbón (t/ha)
FINCA 3	Severa	6,66 \pm 0,40	3,33 \pm 0,20
FINCA 1	Leve	6,19 \pm 0,01	3,09 \pm 0,01
P-valor		0,2584	0,2503

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

4. Carbono orgánico del suelo (COS)

El contenido de carbono orgánico del suelo (COS) resulta de abarcado en materia orgánica (%) de suelo y su densidad aparente. La Tabla 22 muestra la diferencia estadística existente ($p\text{-valor} < 0,05$) entre fincas, resultando la finca 3 con mayor COS que el

resto de las fincas, siendo las fincas 4 y 1 las que presentan menor contenido de COS (Figura 29).

Tabla 22. Carbono orgánico del Suelo (COS) entre las fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	COS (t/ha)	
FINCA 3	Severa	64,79 \pm 1,07	A
FINCA 2	Leve-severa	51,75 \pm 0,96	B
FINCA 4	Muy severa	36,47 \pm 0,74	C
FINCA 1	Leve	35,3 \pm 1,40	C
P-valor		<0,0001	

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

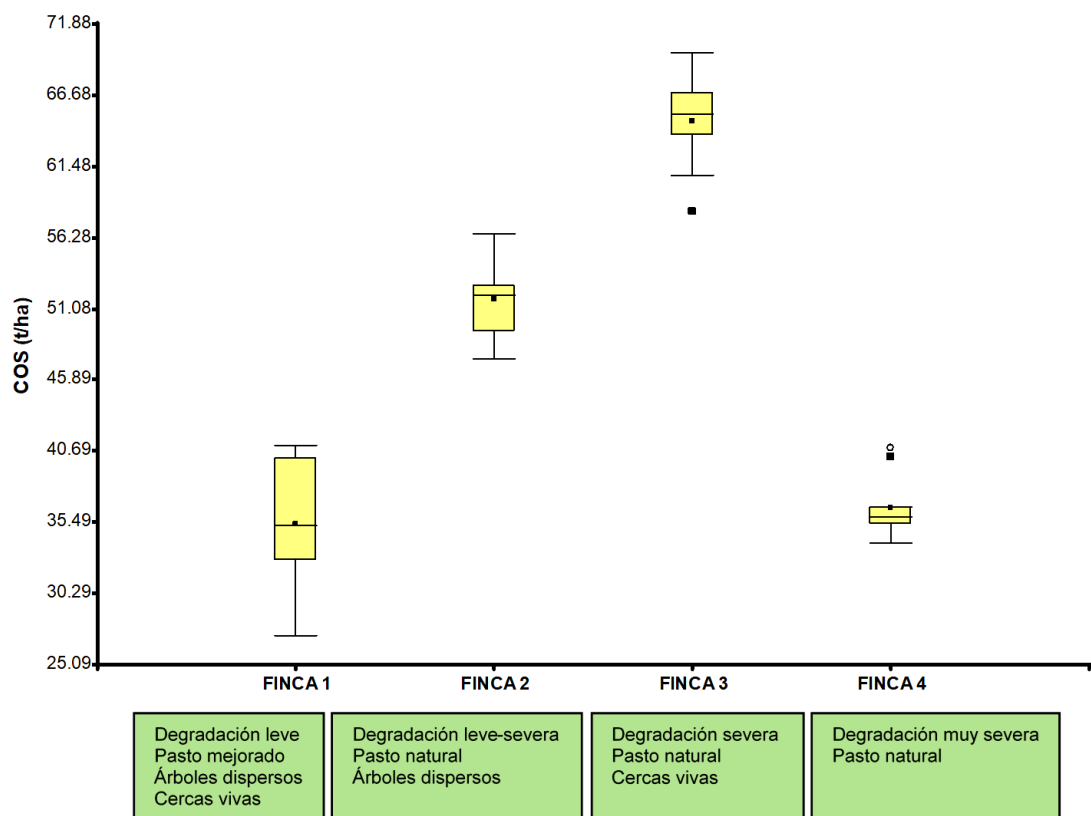


Figura 29. Carbono orgánico de suelo (COS) entre fincas

5. Carbono bajo suelo

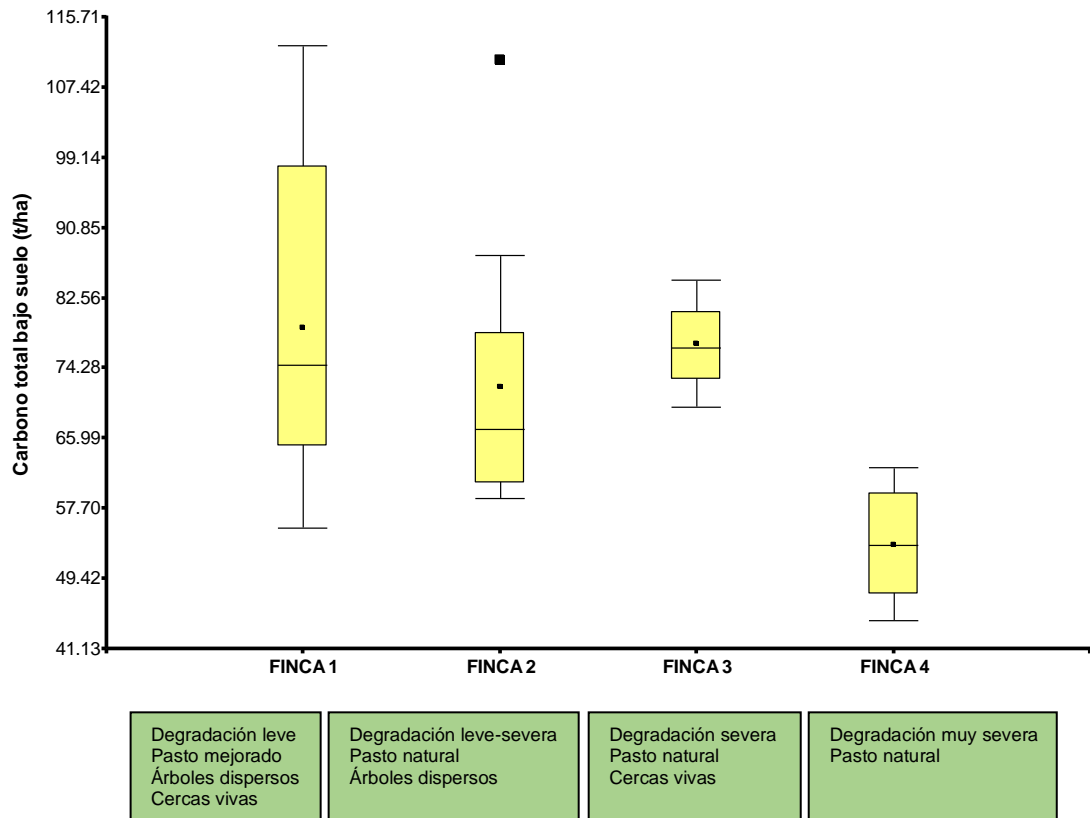
El carbono total bajo suelo se detalla en la Tabla 23 donde se comprueba la existencia de diferencias estadísticas entre las fincas (p-valor <0,05).

Tabla 23. Carbono total bajo suelo entre fincas (media \pm error estándar).

FINCA	Nivel de degradación	Carbono total bajo suelo (t /ha)	
FINCA 1	Leve	79,02 \pm 6,02	A
FINCA 3	Severa	77,06 \pm 1,59	A
FINCA 2	Leve-severa	72,07 \pm 5,13	A
FINCA 4	Muy severa	53,35 \pm 2,07	B
P-valor		0,0003	

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

Las fincas 1, 3 y 2 resultan estadísticamente similares en cuanto a su contenido de carbono total bajo suelo, pero distinta a la finca 4, que resulta con menor contenido de carbono bajo suelo (Figura 30).

**Figura 30.** Carbono total bajo suelo entre fincas

El carbono bajo suelo consta de los componentes radiculares, tanto herbáceos, como de las arbustivas y el carbónico orgánico del suelo. Con respecto al carbono radicular herbáceo es la finca 1 con pasto mejorado la que presenta hasta 32,43 t C/ha siendo superior a todos los demás sistemas. Según Macdiken (1997) son los sistemas radiculares que presenta mayor biomasa que la existente sobre el suelo, y componen un importante sumidero

de carbono. La biomasa radicular arbórea y el carbono respectivo se comporta de forma similar con respecto a la biomasa aérea arbórea.

El carbono orgánico del suelo registrado en la Tabla 22 describe cantidades que van desde 35 a 65 t C/ha, resultando la finca 1 con mayor reserva, correspondiente a la presencia de materia orgánica del suelo. El trabajo de Huamancayo (2012) describe cantidades para un sistema multiestrato, un sistema de aguaje y uno con pastura natural cantidades similares que van desde 42 hasta 51 t C/ha. La mayor cantidad de COS se debe a la cantidad existente de materia orgánica.

El carbono bajo suelo descrito en la Tabla 23, viene a ser la suma de sus componentes radiculares y COS. Se obtienen que las fincas 1, 2 y 3 presentan cantidades similares estadísticamente, mientras que la finca 4 presenta la menor cantidad comparando con las fincas mencionadas. Van desde 53 a 79 t C/ha de carbono bajo suelo, que resultan ser cantidades mayores a los registrados por Beraun (2011) que registra en pasturas mejoradas 46 t C/ha, siendo un sistema sin componente arbóreo por lo que solo corresponde a la biomasa radicular herbácea y al COS.

4.3. Determinación del sistema ganadero con mayor potencial de mitigación al cambio climático como sumidero de carbono

Para cumplir con este objetivo, y con base a los resultados del objetivo anterior, se sumaron los carbonos resultantes aéreos y bajo suelo. La suma de ellos expresa el total de la reserva de carbono que puede almacenar cada sistema.

La Tabla 24 describe las reservas de carbono total (aéreo y bajo suelo), donde se demuestra que la finca 1, presenta la mayor reserva de carbono estadísticamente superior (p -valor <0.05) al resto de fincas. La finca 4, que presenta una condición de pastura degradada presenta la menor reserva de carbono que el resto de las fincas. Las fincas 3 y 2 contienen reservas similares y se ubican en términos de una condición media de reserva de carbono (Figura 31).

Tabla 24. Reservas de carbono total por sistema de estudio (media \pm error estándar).

FINCA	Carbono aéreo (t/ha)			Carbono bajo suelo (t/ha)			Carbono total (t/ha)		
FINCA 1	29,15	± 0,17	A	79,02	± 6,02	A	108,16	± 6,01	A
FINCA 3	7,00	± 0,63	B	77,06	± 1,59	A	84,06	± 1,60	B
FINCA 2	2,52	± 0,40	C	72,07	± 5,13	A	74,60	± 4,96	B
FINCA 4	0,67	± 0,07	D	53,35	± 2,07	B	54,02	± 2,07	C
p-valor	<0,0001			0,0003			<0,0001		

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticas según prueba de medias DGC al 5% de nivel de significancia.

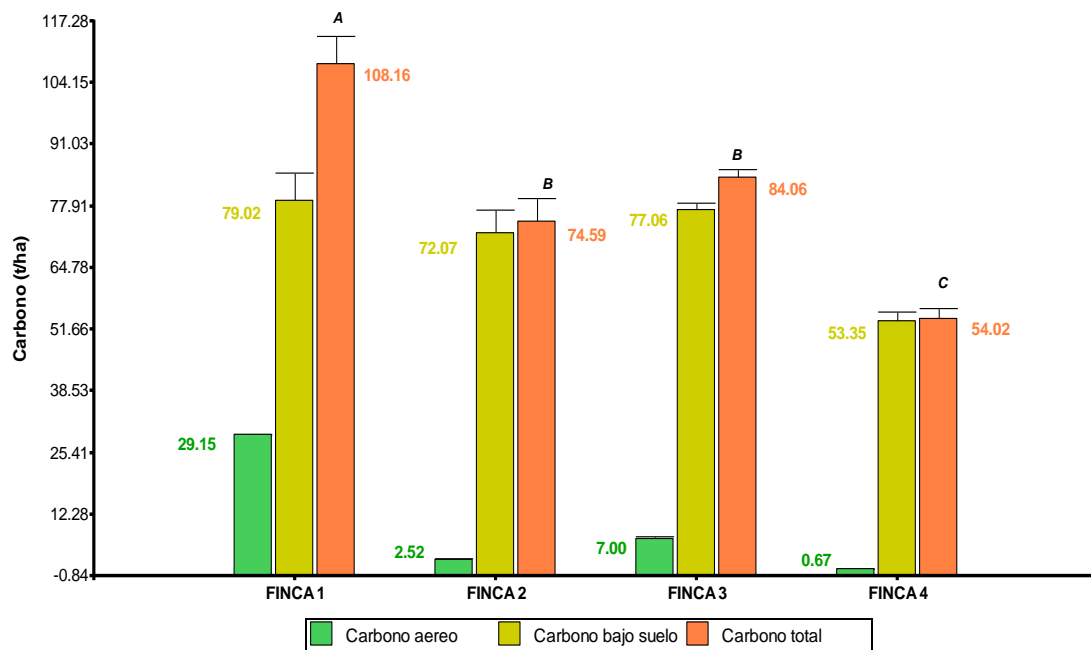


Figura 31. Reservas de carbono total por sistema de estudio

El contenido total de carbono en los sistemas de estudio lo muestra la Tabla 24, donde refleja para la finca 1 una reserva total de 108 t C/ha, siendo superior a todas las demás fincas, resultando, asimismo, la finca 4 con la menor reserva de carbono (54 t C/ha). Los trabajos de Jiménez-Ferrer et al. (2008) logran menores reservas para un sistema con árboles dispersos (89 t C/ha) debido a la densidad arbórea, ya que la finca 1 presenta mayor densidad; y para pasturas naturales registra mayor reserva encontrada (60,6 t C/ha) que lo que se pudo determinar, debido a que la condición de la pastura de la finca 4 es de una condición de degradación muy severa. Las reservas de carbono reportadas por Andrade (1999) son similares a lo obtenido (95 t C/ha) para un sistema silvopastoril de una densidad arbórea de 60 árboles por hectárea, aunque Trouve et al. (1994) reporta reservas menores para sistemas silvopastoriles (63 a 76 t C/ha) se debe a que utilizan menos de 30 árboles/ha.

Un trabajo realizado por Rojas (2017) en la misma zona de estudio, reportó reservas de carbono en un sistema multiestrato cercano a 89 t C/ha, versus un sistema silvopastoril con aguaje que reporta una reserva total de 93 t C/ha siendo la mayor reserva a la biomasa radicular arbórea.

Un factor importante es la proporcionalidad de las reservas entre el aéreo y la de bajo suelo, en el caso de la finca 1, la proporción de 27% a 73% respectivamente, coincidiendo con lo afirmado por Macdiken (1997) que describe el carbono bajo suelo como las dos terceras partes del carbono total. Mientras que para la finca 4 la proporción aumenta para el carbono bajo suelo de 98% a 2% con el aéreo. La razón de esta mayor proporción se debe principalmente a que el carbono orgánico del suelo y la radicular herbácea resultan mayores en pasturas naturales, tal como lo afirma Andrade (1999).

Por otra parte, se realizó el análisis de contenidos de carbono aéreo y bajo suelo en términos porcentuales, de lo cual la Tabla 25 detalla los resultados. En ella se observa que el contenido de carbono bajo suelo representa los mayores porcentajes a comparación del carbono aéreo. Estos porcentajes van desde 73 hasta 98% para las reservas de carbono bajo suelo.

Tabla 25. Porcentajes de las reservas de carbono aéreo y bajo suelo entre los sistemas de estudio.

FINCA	Carbono aéreo		Carbono bajo suelo		Carbono total	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
FINCA 1	29,15	26,95	79,02	73,06	108,16	100,00
FINCA 3	7,00	8,33	77,06	91,67	84,06	100,00
FINCA 2	2,52	3,38	72,07	96,61	74,60	100,00
FINCA 4	0,67	1,24	53,35	98,76	54,02	100,00

4.4. Propuestas para mejorar el potencial de mitigación en los sistemas ganaderos del área de estudio

Mediante los resultados adquiridos, los que se muestran en la Tabla 24, podemos decir que las mayores reservas de carbono, tanto en carbono aéreo, así como el carbono bajo suelo, corresponden a la finca 1, que resulta ser un sistema ganadero con mayores componentes bióticos que el resto de los sistemas. La finca 1, tiene pastura mejorada, el cual genera mayor biomasa herbácea, por ende, mayor carbono (Tabla 14). Esa biomasa herbácea genera mayor

biomasa de hojarasca. Así mismo este sistema presenta árboles establecidos dentro de las pasturas, con alta densidad (185 árboles/ha), generando mayor biomasa y carbono (Tabla 16). También presenta cercas vivas a una densidad de 400 arbustos de eritrina por 400 metros lineales, el cual también contribuye a generar mayor carbono.

Las propuestas técnicas estarán en función de incorporar y mejorar la producción primaria neta, que básicamente la realizan las plantas. De manera general, se realizan las siguientes recomendaciones con las siguientes propuestas técnicas:

a) Establecimiento de asociación de pasturas (gramíneas y fabáceas)

Una combinación de frijoles de heno como: *Calopogonium muconoides*, *Centrocrema macrocarpum*, *Dismodium ovalifolium* son algunos de los más populares, los cuales no solo permiten brindar sanidad a los pastos, sino que también aportan nitrógeno al suelo, brindando un importante factor de mejoramiento de la biomasa de las nieblas. También existen tipos de arbustos fabáceas, que también se pueden distinguir distinguiendo *Leucaena leucocephala*, un tipo de arbusto con hojas pequeñas que utilizan los animales.

b) Incorporar especies leñosas en los sistemas de pasturas

El uso de especies arbóreas en los pastos favorece al mejoramiento de la calidad del suelo y por ende la producción de biomasa. El análisis mostró que los sistemas con árboles plantados y regenerados e incluso setos (Fincas 1, 2 y 3) tenían mejores suelos. El crecimiento de árboles en los pastos cambia las prácticas ganaderas que suelen ser sistemas silvopastoriles, cuyos beneficios al aumentar la fertilidad del suelo, aflojarla y mejorar la calidad de los pastos han sido ampliamente demostrados. La mayoría de los rebaños analizados en este estudio tienen árboles regenerados que no tienen valor comercial, pero cumplen su función principal de proveer alimento.

c) Descompactar los suelos de pasturas

Muchos pastos se han utilizado durante más de 30 años o más, por lo que el uso de esa área para la cría de ganado ha provocado la erosión del suelo. Aunque plantar árboles madereros o árboles en pastizales afloja el suelo, también se pueden usar métodos de aflojamiento mediante arado y plantación. La experiencia con su uso ha mejorado el desarrollo

de las raíces, lo que ha resultado en una absorción mayor de nutrientes y una mayor producción de biomasa.

d) Reducir la carga animal de acuerdo con su capacidad de carga.

El tamaño de la unidad es la unidad más grande (UA) que puede soportar pastizales (una hectárea). Un grupo de animales tiene una proporción de un animal vivo de 400 kg. Consume el 3% de su peso corporal en biomasa (problemas duros). Esta carga no es respetada por los agricultores que cargan sus pastos con más AU de las que pueden manejar, lo que conlleva a la compactación del suelo, poca disponibilidad de pastos, crecimiento de raíces, entre otros.

e) Realizar un programa de fertilización de suelos.

Poseer un programa para regar los pastos puede asegurar una nutrición adecuada. Estos nutrientes pueden ir desde fertilizantes químicos (fertilizantes sintéticos) inclusive, la materia orgánica. La aplicación de nitrógeno es necesaria para la mayoría de los pastos. Asimismo, la adición de fósforo mejora en gran medida la síntesis de proteínas. Entre las dosis recomendadas está una dosis de 30 a 50 kg N/ha por año; de 20 a 40 kg de fósforo/ha/año; De igual forma, para la materia orgánica, la dosis recomendada oscila entre 10 y 40 toneladas por hectárea al año. Se pueden utilizar estos tipos de materia orgánica: del estiércol de pollo, estiércol de vaca o estiércol, es decir, todos los residuos producidos por la crianza de animales.

f) Establecimiento de cercas vivas multiestrato

La incorporación de cercas vivas desde las monoestrato (una o dos especies) hasta las cercas vivas multiestratos (varias especies) demostraron una mayor captura de carbono aéreo y radicular. Además de fijar mayor carbono, permite una mayor biodiversidad en las fincas, que actúan como corredores biológicos.

Estas recomendaciones están dirigidas para todas las fincas, en especial para las de tipo 4, las cuales demostraron tener pocas reservas de carbono, y para la mayor parte de los sistemas ganaderos existentes en la zona de estudio.

En base a los resultados, el resultado de determinar la base de forrajes y plantas es que las fincas con mayor biomasa son aquellas con pastos mixtos, además, Gerber et al. (2013) también indica otro método de reducción que incluye dos tipos de forraje arbóreo y arbustivo

(C3) ya que tiene un gran efecto en la fijación de carbono, además de muchos otros beneficios como disminuir la pérdida de calor y extender la productividad. Por otro lado, Flores y Malpartida (1992) también recomiendan la adición de cal ya que mejora la calidad del pasto. De igual forma, según la opinión de Brown (2003) y Padilla y Sardinia (2003) que una de las razones de la destrucción de los pastizales es la falta de Fabaceae como comunidades de pastizales.

En cuanto al valor absoluto de la inversión, basado en lo que Deramus et al. (2003) señala, que al igual que la reducción de pesticidas y la mejora de las condiciones, buenos métodos de rotación de cultivos y condiciones adecuadas de mantenimiento son importantes en el desarrollo de los sistemas ganaderos. Por esta razón, la eficiencia a plena carga también es adecuada para la construcción de otros corrales totalmente giratorios. Según el estudio (2014), los motivos de la destrucción de los pastos están relacionados con el pastoreo. Por lo tanto, el manejo de los pastos se convierte en un factor significativo para optimizar la disponibilidad de pastos.

Los fertilizantes se clasifican según el mal estado del suelo, según el análisis del suelo, y depende de la relación entre el suelo y los pastos y los animales, es decir, el suelo con mucha nutrición produce pastos de alta calidad, y esto, por otro lado, es muy rentable. peso del animal, como lo establece Van Soest (1994). Según Brown (2003), la falta de nutrientes del suelo, especialmente nitrógeno, es la causa de la destrucción de muchos pastizales.

Se recomienda introducir o establecer especies vegetales comunes en las fincas 3 y 4, incluida la finca 4, el establecimiento de setos y el establecimiento de pastos de gramíneas y leguminosas. Esta combinación de plantas realiza una variedad de funciones, desde agregar nutrientes al suelo, retener la humedad en el suelo, crear un microclima debajo del árbol, obrar como una bomba de nutrientes y aflojar el suelo. Según Feijoó et al. (2004), la vegetación mejora la humedad y la temperatura del suelo, lo que provoca un clima que afecta la macrofauna del suelo (Lavalle et al. 1993, citado por Lavalle 2002), así como la integración de los organismos del suelo, siendo conscientes que la materia orgánica favorece las condiciones de pH en el suelo, y mejorar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, favorecer la macrofauna del suelo, crear materia orgánica y disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por otro lado, como afirman Soca et al. (2006) para que los desechos animales sean utilizados por la macrofauna del suelo, se necesita suficiente humedad, la cual las plantas pueden proporcionar. Según Andrade e Ibrahim (2003), son muchos los beneficios de incluir árboles

en los sistemas ganaderos, ya que fijan carbono, además, como afirman Giraldo et al. (2011) ayuda a reducir el cambio climático aumentando la huella de carbono, reduciendo las emisiones de metano y mejorando el reciclaje de aguas residuales. Por otro lado, aporta importantes beneficios como afirman Murgueitio et al. (2014), donde la presencia de árboles crea sombra para el ganado, refresca la temperatura, mejora la calidad y cantidad de los pastos y reduce las emisiones de metano.

La inclusión de materia orgánica en el suelo suele mejorar su estructura, la capacidad de intercambio catiónico, mejorar las propiedades físicas, mejorar la penetración (menos débil), mejorar la estructura, hacer que el suelo tenga una fertilidad del suelo como lo indica INTAGRI (2018) y FAO (2018). La cantidad correcta es de 10 a 20 toneladas por hectárea en base a 2 kg de suelo por metro cuadrado. La adición de nutrientes como el fósforo a través de la roca de fósforo y el potasio a través del cloruro de potasio funcionarán para mejorar la disponibilidad de nutrientes cuando se aumenta el pH del suelo mediante la adición de materia orgánica, por ejemplo. FAO (2018) que la cantidad de nutrientes en el suelo indicará su capacidad para alimentar cultivos.

En las fincas 2, 3 y 4, se dice que la aplicación de cal eleva el pH del suelo prontamente porque si el pH del suelo está por debajo de 5, no hay suficiente nutrición para las plantas.

VI. CONCLUSIONES

- La captura y almacenamiento de carbono están relacionadas al nivel de degradación de sus pasturas, tal es así que sistemas con un nivel de degradación muy severa manifiesta una menor reserva de carbono que aquellos que presentan una degradación leve.
- Se logran identificar cuatro grupos de acuerdo con sus niveles de degradación de pasturas: leve, leve-severa, severa y muy severa, resultando el 68% de las fincas con presencia de pasturas degradadas entre severa y muy severa.
- La finca 1 con degradación leve refleja mayor reserva de carbono aéreo con 29,15 t C/ha a comparación de la finca 4, con degradación muy severa (0,67 t C/ha).
- La finca 1 registra una mayor reserva de carbono bajo suelo de 79.02 t C/ha que las demás fincas, siendo la finca 4 con menor reserva de carbono (53,35 t C/ha).
- La finca 1, que describe a los sistemas con una degradación leve de sus pasturas, pasto mejorado, con árboles de capirona en sus pasturas y cercos vivos es el sistema con mayor capacidad de mitigación al cambio climático al mantener una reserva de 108 t C/ha a diferencia de los otros sistemas con menor componentes bióticos.
- Los sistemas silvopastoriles (finca 1 y 2) son sistemas con mayor capacidad de reservas de carbono que las fincas convencionales.

VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar el contenido de carbono almacenado en las dos estaciones para estudiar el efecto del clima sobre las reservas de carbono.
- Monitorear la capacidad de captura de carbono, haciendo evaluaciones anuales.
- Fomentar los sistemas silvopastoriles (sistemas convencionales con árboles dispersos en potreros) debido a que son sistemas con mayor capacidad de mitigación al cambio climático.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A; Ibrahim, M; Pezo, D. 2014. Hacia un desarrollo ganadero climáticamente inteligente. (En línea) En. Lineamientos de política para el desarrollo sostenible del sector ganadero. Ciudad de Panamá. Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica. Ciudad de Panamá. FAO. Consultado junio 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/ai3764s.pdf>
- Andrade, H. 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc: Turrialba, Costa Rica, CATIE. 70 p.
- Andrade, H; Ibrahim, M. 2003. . ¿Como monitorear el secuestro de carbono en los Sistemas Silvopastoriles? Agroforestería en las Américas, San José. 10(39-40):109-116.
- Alayón-Gamboa, J.A; Aguilar C; Ramírez, L; Ayala, A; Albores-Moreno, S; Magaña, J; Ku-Vera, J. 2016. Efecto del fruto molido de *Enterolobium cyclocarpum* sobre la población de protozoarios y producción de metano en el rumen de ovinos de pelo. 1a Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de América latina (GALA). INIA-Chile, Serie Actas 54, 105-106.
- Alegre, O. 2014. Sistema agroforestal multiestrato. Recuperación de suelos degradados en la Amazonía. Rev. Agroecológica LEISA. V. 31. n. 1. 5 p.
- Altieri, M.A. 2002. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Guaíba: Agropecuaria. 592 p.
- Azevedo, V; Lima, D; Correia, E; Aquino, A. 2000. Fauna do solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto medio do Rio Grande do Sul. Biodinâmica do solo. 65 p.
- BANCO MUNDIAL. 2016. Informe anual. Consultado 16 julio 2021. Disponible en: <http://www.worldbank.org/annualreport>.
- Betancourt, H; Pezo, D; Cruz, J; Beer, J. 2007. Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. Pastos y Forrajes. 30(1): 169-175.

- Benavides, HO; León, GE. 2007. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático (en línea). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Consultado 5 agosto 2021. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>
- Beraun, D. 2011. Carbono almacenado en sistemas con pastura natural y pastura mejorada (*B. decumbens*) en el distrito de Jose Crespo y Castillo. Tesis Ing. Zoot. Tingo Maria, Peru. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Zootecnia. 53 p.
- Böhm, W. 1979. Methods of studying root system. Berlin, GE, Springer Verlag, 179 p.
- Brown, L. 2003. Pastos mundiales se deterioran solo por presión creciente. [En línea]. Consultado: 20 junio 2021. Disponible: <http://www.wwluma.org.br/>.
- Casasola, F; Ibrahim, M; Ramírez, E; Villanueva, C; Sepúlveda, C; Araya, J. 2006. Pago por servicios ambientales y cambios de uso de la tierra en paisajes denominados por la ganadería de Nicaragua y Costa Rica. 2006, Rev. Agroforestería en las Américas. (45):79-85
- CIAT. 2005. Informes anuales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 34 p.
- Ciesla, W.M. 1996. Cambio climático, bosque y ordenación forestal. Una visión de conjunto. Roma, Italia FAO 115 p.
- Cochran, W.G. 1996. Técnicas de muestreo. Ed. CECSA. México 505 p.
- Chará J.D; Murgueitio E; Zuluaga, A; Giraldo, C. 2011 Ganadería Colombiana Sostenible. Mainstreaming Biodiversity in Sustainable Cattle Ranching. Fundación CIPAV. 158 p.
- Chará, J; Giraldo, C. 2011. Servicios Ambientales de la Biodiversidad en Paisajes Agropecuarios. Fundación CIPAV, Cali. 76 p
- De Blas, C; García-Rebollar, P; Cambra-López, M; Torres, A.G. 2008. Contribución de los Rumiantes a las Emisiones de Gases con Efecto Invernadero. XXIV Curso de Especialización FEDNA. Madrid, 23 y 24 de octubre de 2008. 94 p.

- Decäens, T; Lavelle, P; Jiménez, J; Escobar, G; Rippstein, G; Schneidmadl, J; Sanz, J; Hoyos, P; Thomas, R. 2001. Impact of land management on soil macrofauna in the eastern plains of Colombia. pp 19-41.
- Deramus, HT; Giampola, C; Dickison, P. 2003. Methane Emissions of Beef Cattle on Forages: Efficiency of Grazing Management Systems (en línea). JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY VOL. 32:269-277. Consultado junio 2021. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/8501761_Methane_emissions_of_beef_cattle_on_forages_Efficiency_of_grazing_management_systems.
- Di Rienzo, J.A; Casanoves, F.; Balzarini, M.G; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C.W. InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado: 12 junio 2021. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Eckard, R.J; Grainger C; De Klein, C.A.M. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. *Livest Sci* 130: 47-56
- Escobar, G; Berdegue, J. 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). Edit. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Santiago de Chile. 282 p.
- Esquivel H., M. Ibrahim, C. Harvey, C. Villanueva, T. Benjamín y F. Sinclair. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas de un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*, 10(39-40): 24-29.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. Ganadería y deforestación. Políticas Pecuarias – 3. Consultado junio 2021. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0262s/a0262s00.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones. LEAD - FAO. Roma, Italia, FAO. 492 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015. Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe Oficina

Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Consultado 4 julio 2021. Disponible en <http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia-sostenible/es/>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2018. El suelo es un recurso no renovable. Consultado 12 junio 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4373s.pdf>

Feijóo, M; Buitrago, A; Calderón, P; Gil, D; Zúñiga, M; Camargo, J. 2004. Quantifying soil macroinvertebrates under different land use systems in Colombia. 2nd International Symposium on Silvopastoral Systems. Universidad Autónoma. Mérida, Yucatán, México. 88 p.

Flores, A; Malpartida, E. 1998. Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Región Andina del Perú. Banco Agrario. Fondo del Libro. Tomo II. Lima- Perú. 87 p.

Gallego-Castro, L.A; Mahecha-Ledesma, L; Angulo, J., 2014.-Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25 (2), 393-403.

Gerber, P.J; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A; Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma. 398 p.

Giraldo, C; Escobar, F; Chará, J; Calle, Z. 2011 The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity* 4:115-122.

Holmann, F., Argel, P., Rivas, L., White, D., Estrada, R., Burgos, C., Pérez, E., Ramírez, G. y Medina, A. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación de los beneficios y costos desde la perspectiva de los productores y extensionistas pecuarios en Honduras. Cali, Colombia. (Documento de Trabajo No. 196). 34 p.

Huamancayo, G. 2012. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista: Carbono almacenado en tres sistemas ganaderos en el Distrito de José Crespo y Castillo, Aucayacu, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria, Huánuco, Peru. 69 p.

- Ibrahim, M. 2003. Sistemas silvopastoriles. Definición y clasificación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (Diapositivas). Turrialba, CR. 38 diapositivas.
- Ibrahim, M; Pezo, D. 2003. Monitoreo del secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles. *Agroforestería de las Américas*. 10(39-40):109-116.
- Ibrahim, M; Gobbi, J; Casasola, F; Murgueitio, E; Ramírez, E. 2005. Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Proyecto CATIE, CIPAV y NITLAPAN. pp 189.
- Ibrahim, M., Villanueva, C. P., Casasola, F. 2007. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 87 p.
- INEI. (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática). 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Sistema de consulta de resultados censuales. Tablas estadísticas [Internet], [consultado 09 junio 2021]. Disponible en: <http://www.censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
- INTAGRI. 2018. La capacidad de intercambio catiónico del suelo. Consultado: 09 junio 2021. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 1996. Report of the twelfth session of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas inventories. México. 145 p.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 2001. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico (en línea). Consultado: 20 junio 2021. Disponible en <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf>. (Tercer Informe de Evaluación)
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 2003. Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human- Induced Degradation of Forests and DE vegetation of Other Vegetation Types Penman, J. y colaboradores. *The Institute for Global Environmental Strategies (IGES)*. p. 472-478.

- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 2014a: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O; Pichs-Madruga, R; Sokona, Y; Farahani, E; Kadner, S; Seyboth, K; Adler, A; Baum, I; Brunner, S; Eickemeier, P; Kriemann, B; Savolainen, J; Schlömer, S; Von Stechow, C; Zwickel, T; Minx, J.C. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, pp. 1-27.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 2014b: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B; Barros, V.R; Dokken, D.J; Mach, K.J; Mastrandrea, M.D; Bilir, T.E; Chatterjee, M; Ebi, KL; Estrada, Y.O; Genova, R.C; Girma, B; Kissel, E.S; Levy, A.N; MacCracken, S; Mastrandrea, P.R; White, L.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.
- Jiménez-Ferrer, G; Velasco-Pérez, R; Gómez, M.U. 2008. Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Zootecnia Tropical*. 26(3), pp
- Ku-Vera, J. C; Ayala, B. A; Solorio, S. F. J; Briceño-Poot, E. G; Ruiz, G. A; Piñeiro, V. A; Barros, R. M; Soto, A. M; Espinosa, H. J. C; Albores, M. S; Chay-Canul, A. J; Aguilar, P. C. F; Ramírez, A. L. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminants rations. En: Salem (ed). *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. New York. USA: Nova Science Publishers.
- Ku-Vera, J.C; Piñeiro-Vázquez, A.T; Canul-Solís, J.R; Ayala-Burgos, A.J; Aguilar-Pérez, C; Alayón-Gamboa, J.A. 2014. Ganadería y cambio climático: Mitigación de gases de efecto invernadero. *Cuadernos de Nutrición* 37(3):97-104
- Landa, R; Ávila, B; Hernández, M. 2010. *Cambio Climático y Desarrollo Sustentable. Para América Latina y el Caribe. Conocer para comunicar* (en línea). México, DF, BRITISH COUNCIL, PNUD, MEXICO, CATEDRA UNESCO IMTA, FLACSO MEXICO.

Consultado 25 julio 2021. Disponible en http://enlaceacademico.ucr.ac.cr/sites/default/files/publicaciones/CCYDSlibro-1_1.pdf.

- Lavelle, P. 2002. Functional domains in soils. *Ecological Research* 17:441-450.
- Llanderal, T. 2000. Sistemas silvopastoriles. Secretaria de agricultura, ganadería, Desarrollo rural pesca y alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados. pp 8
- León, J.A. 2006. Conocimiento local y razonamiento agroecológico para toma de decisiones en pasturas degradadas en El Petén, Guatemala. Tesis Mg. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 114 p
- Locatelli, B. 1999. Bosques tropicales y ciclo de carbono. Ministerio de Ambiente y recursos Naturales, Managua. Nicaragua. 91 p.
- Lopez, A; Schlonvoigt, A; Ibrahim, M; Kleinn, C; Kanninen, M. 2005. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un Sistema silvopastoril en la Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 6(23):51-53.
- Macdiken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry Projects. Arlington, VA, US, Winrock International. 87 p.
- Macera, O; Astier, M; López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, México. 109 p.
- Molina, J.I; Paz D. 2002. Almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles en el municipio de Matigua, Matagalpa. Tesis Managua, Nicaragua. UNA 60 p.
- Moreno, H; Vélez, S. 1993. Principios de Agrosilvicultura. En: *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*. No. 8. pp. 43-57.
- Murgueitio, E; Naranjo, J; Cuartas, C; Molina, C; Lalinde, F. 2009 Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) una herramienta de desarrollo rural sustentable con adaptación al cambio climático en regiones tropicales de América. *Memorias II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, en camino hacia núcleos de ganadería y bosques*. Noviembre 3,

4 Y 5. Morelia y Tepalcatpec, México. Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán - UADY.

Murgueitio, E; Chará, J.D; Solarte, A.J; Uribe, F; Zapata, C; Rivera, J.E. 2013. Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine)*, 26: 313-316.

Murgueitio, E; Chará, J; Barahona, R; Cuartas, C; Naranjo, J. 2014.- Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*,17(3): 501-507.

Murgueitio, E; Uribe, F; Molina, C; Molina, E; Galindo, W; Chará, J. 2016. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena*. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 220 p.

Ministerio de Agricultura y Riego. 2017. Diagnóstico de crianzas priorizadas para el PLAN GANADERO 2017-2021. Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Lima. 68 p.

Nahed-Toral, J; Sanchez-Muñoz, B; Mena, Y; Ruiz-Rojas, J; AguilarJimenez, R; Castel, J.M; Orantes-Zebadua, M; Manzur-Cruzb, A; Cruz-Lopez, J; Delgadillo-Puga, C. 2013. Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern México. *Journal of Cleaner Production* 43:136 -145.

Ochoa, J. 2015. Aplicando los capitales de la comunidad para mejorar la adaptación y mitigación al cambio climático en fincas ganaderas de la Subcuenca Sixe Higuito, Región Trifinio. Magister Scientiae en Sistemas Agrícolas Sostenibles. s.l., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Ojeda, P; Restrepo, J; Villada, D; Gallego, J. 2003. Sistemas Silvopastoriles. Una Opción para el Manejo Sustentable de la Ganadería. Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 54 pp


Padilla, C; Sardiñas, Y. 2003. Degradación de Pastizales. Memorias del curso para ganado bovino en el trópico. *Rev. Redalyc*. V. 43, n. 4-5 p.

- Pardos, L; Sáez, E; González, J.M; Allueva, A. 1999. Caracterización técnica de explotaciones ovinas aragonesas mediante métodos estadísticos multivariantes. SEOC. XXII.
- Paz, R; Lipshitz, H; Álvarez, R; Usandivaras, P. 2003. Diversidad y Análisis económico en los sistemas de producción lecheros caprinos en el área de riego del Río Dulce-Santiago del Estero-Argentina. ITEA Vol. 99 A N° 1. Pág. 10-40.
- Pérez, P. 2014. Estrategias para la renovación de praderas degradadas en la hacienda los Pulpitos. Tesis. Ing. Industrial Pecuaria. Caldas, Colombia. Corporación Universitaria Lasallista. 76 p.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal No.2. Proyecto Agroforestal CATIE/ GTZ. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 258 p.
- Primavesi, O; Shiraishi, RT; Dos Santos, M; Aparecida, M; Teresinha, T; Franklin, P. 2004. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. Pesq agropec bras. 39 (3): 277-283.
- Prabhu, R. 2000. El potencial de los indicadores: indicadores con sensibilidad social. Revista Forestal Centroamericana, Turrialba, CR. 6: 29-52.
- Rapey, H; Lifran, R; Valadier, A. 2001. Identifying social, economic and technical determinants of silvopastoral practices in temperate uplands: results of a survey in the Massif central region of France. Agricultural Systems N° 69. Pág. 119-135.
- Rincón, A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas en los llanos orientales de Colombia. Meta, Colombia. Ed. 2da. Edit. Guadalupe Ltda. 30 p.
- Rojas, R. 2017. Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre el almacenamiento de carbono orgánico del suelo en el Distrito de José Crespo Y Castillo. Tesis Ing. Zoot. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Zootecnia. 86 p.
- Ruiz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 106 p.

- Ruíz, T.E; Febles, G.J; Galindo, J; Savón, L; Chongo, B. 2014.-*Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1): 79–82.
- Rügnitz, M; Chacon, M; Porro, R. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)/ Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). Lima, Perú. 79 p.
- Sánchez, S; Reinés, M. 2001. Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. *Pastos y Forrajes*. 24:191
- SENAMHI. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2017. Boletín Agrometeorológico. Dirección Zonal 10. Consultado 23 julio 2021. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/04410SENA-14.pdf>
- Snowdon, P; Raison, J; Keith, H; Montagu, K.; BI, K; Ritson, P; Grierson, P; Adams, M; Burrows, W; Eamus, D. 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. Australia. 114 p.
- Staff, E. 2014. Causas y efectos de la degradación de las praderas. [En línea]: Consultado: junio 2021. Disponible: <http://deterioro-pastizales.blogspot.pe/>.
- Soca, M; Simón, L; Roque, E; Soca, M; García, D. 2006. Influencia de la macrofauna edáfica en la desaparición de las excretas en un sistema silvopastoril. 145 p.
- Trouve, C; Mariotti, A; Schwaretz, D; Guillet, B. 1994. Soil organic carbon dynamics under eucaliptus and pinus plante don savannas in congo. *Soil Biol. Biochem.* 26:287-295.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2º Ed. Comstock. Cornell University Press. 476 pp.
- Villanueva-López, G; Martínez-Zurimendi, P; Casanova-Lugo, F; Ramírez-Avilés, L; Montañez-Escalante. 2015. Carbon storage in livestock systems with and without live fences of *Gliricidia sepium* in the humid tropics of Mexico. *Agroforestry Systems*, 23: 123-132
- Walkley, A., Black, A. 1934. An examination of the Degtjoreff method for determination oil organic matter, and a proposed codification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37:29-38.

IX. ANEXOS

9.1. Análisis de suelo




UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - WhatsApp 941531359
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com




ANALISIS DE SUELOS


SOLICITANTE: ROSAS RAMON ROLANDO MIGUEL										PROCEDENCIA: AUCAYACU - JOSE CRESPO Y CASTILLO - HUANUCO																	
N°	DATOS				ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al				
	COD LAB	SECTOR	REF	PROF	Arena %	Arcilla %	Limo %							Textura	1:1	%	disponible ppm	ppm	Ca					Mg	K	Na	Al
1	S0586	7 DE OCTUBRE	P1	0-10 CM	--	--	--	--	3.46	0.17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	S0587	7 DE OCTUBRE	P1	10-20 CM	--	--	--	--	1.71	0.09	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	S0588	7 DE OCTUBRE	P1	20-30 CM	--	--	--	--	1.18	0.06	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	S0589	KM 8	P2	0-10 CM	--	--	--	--	3.41	0.17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	S0590	KM 8	P2	10-20 CM	--	--	--	--	2.23	0.11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	S0591	KM 8	P2	20-30 CM	--	--	--	--	1.84	0.09	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	S0592	KM7	P3	0-10 CM	--	--	--	--	2.10	0.11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	S0593	KM7	P3	10-20 CM	--	--	--	--	1.79	0.09	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	S0594	KM7	P3	20-30 CM	--	--	--	--	0.63	0.03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO 001 N° 0610441
TINGO MARIA, 05 DE OCTUBRE 2020





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - WhatsApp 941531359
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: ROSAS RAMON ROLANDO MIGUEL										PROCEDENCIA: AUCAYACU - JOSE CRESPO Y CASTILLO - HUANUCO																		
N°	DATOS				ANALISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al					
	COD LAB	SECTOR	REF	PROF	Arena %	Arcilla %	Limo %							Textura	1:1	%	disponible ppm	ppm	Ca					Mg	K	Na	Al	H
10	S0774	TULUMAYO	P4	0-10 CM	--	--	--	--	3.33	0.17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	S0775	TULUMAYO	P4	10-20 CM	--	--	--	--	1.43	0.07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	S0776	TULUMAYO	P4	20-30 CM	--	--	--	--	0.41	0.02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
RECIBO 001 N° 0610441
TINGO MARIA, 05 DE OCTUBRE 2020

METODOS ANALITICOS

01. pH método del potenciómetro, relación suelo - agua 1:1
02. C.E. Conductímetro - Extracto Acuoso
03. Materia orgánica: Método de Walkley y Black
04. Nitrogeno Total: Micro Kjeldahl
05. Fosforo disponible: Método de Olsen modificado. Extracto de NH_4CO_3 0.5M, pH 8.5
06. Potasio Disponible: Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
07. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Método de acetato de amonio 1N, pH 7.0
Ca Mg K Na - Absorción atómica
08. C.I.C efectiva: Desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.5)
Aluminio más Hidrógeno: Método de Yuan.
09. Densidad Aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad: Método de la Probeta
10. Humedad Relativa, Capacidad de Campo: Método de la Probeta
11. Determinación de elementos menores Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso: Método Melich III - EAA
12. Determinación del Boro: Método de la Azometina - H
13. Cadmio y Plomo disponible: Método EDTA - EAA
14. Cadmio Total: Extracción USEPA 3050 - EAA
15. Cadmio Soluble: Lectura directa de la solución en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Interpretación de Salinidad	Rango (dS/m)
No salino	0-2
Muy ligeramente salino	2-4
Ligeramente salino	4-8
Moderadamente salino	8-16
Fuertemente salino	> 16

Interpretación de Potasio Disponible	Rango (Kg K_2O /ha)	Rango (ppm)
Bajo	< 300	< 100
Medio	300-600	100-240
Alto	> 600	> 240

INTERPRETACIÓN DEL pH			
Según Scheffer y Schachtschabel	pH en KCl	UNALM	pH en agua
Extremadamente ácido	< 4.0	Fuertemente ácido	< 5.5
Fuertemente ácido	4.0 - 4.9	Moderadamente ácido	5.5 - 6.0
Medianamente ácido	5.0 - 5.9	Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
Ligeramente ácido	6.0 - 6.9	Neutro	7.0
Neutro	7.0	Ligeramente alcalino	7.2 - 7.8
Ligeramente alcalino	7.1 - 8.0	Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
Mediana alcalino	8.1 - 9.0	Fuertemente alcalino	> 8.5
Fuertemente alcalino	9.1 - 10		
Extremadamente alcalino	> 10		

Interpretación de Carbonato de Calcio	Rango (%)
Bajo	< 1
Medio	1-5
Alto	5-15
Muy alto	> 15

Interpretación de Materia Orgánica	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2-4
Alto	> 4

Interpretación de Nitrogeno Total	Rango (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0.1-0.2
Alto	> 0.2

Interpretación de Fósforo Disponible	Rango (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7-14
Alto	> 14

GRACIAS POR LA CONFIANZA Y PREFERENCIA

9.2. Análisis de varianza

MS t/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS t/ha	40	0.43	0.38	43.29

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.24	3	5.75	9.08	0.0001
finca	17.24	3	5.75	9.08	0.0001
Error	22.79	36	0.63		
Total	40.03	39			

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.7569

Error: 0.6331 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.
FINCA 1	2.65	10	0.25 A
FINCA 3	2.32	10	0.25 A
FINCA 2	1.23	10	0.25 B

FINCA 4 1.15 10 0.25 B
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

C Kg/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
C Kg/ha		40	0.43	0.38	43.28

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.31	3	1.44	9.09	0.0001
finca	4.31	3	1.44	9.09	0.0001
Error	5.69	36	0.16		
Total	10	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.3782

Error: 0.1581 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.
FINCA 1	1.32	10	0.13 A
FINCA 3	1.16	10	0.13 A
FINCA 2	0.62	10	0.13 B
FINCA 4	0.58	10	0.13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

bio (t/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
bio (t/ha)		40	0.36	0.31	38.3

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.34	3	0.11	6.81	0.0009
finca	0.34	3	0.11	6.81	0.0009
Error	0.59	36	0.02		
Total	0.93	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.1219

Error: 0.0164 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.
FINCA 3	0.44	10	0.04 A
FINCA 2	0.37	10	0.04 A

FINCA 1	0.35	10	0.04	A
FINCA 4	0.19	10	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

C t/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
C t/ha		40	0.38	0.32	38.21

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.09	3	0.03	7.22	0.0006
finca	0.09	3	0.03	7.22	0.0006
Error	0.15	36	4.10E-03		
Total	0.24	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.0610

Error: 0.0041 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.	
FINCA 3	0.22	10	0.02	A
FINCA 2	0.19	10	0.02	A
FINCA 1	0.17	10	0.02	A
FINCA 4	0.09	10	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

BIO t/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
BIO t/ha		20	0.99	0.99	7.38

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8812.44	1	8812.44	2711.08	<0.0001
fincas	8812.44	1	8812.44	2711.08	<0.0001
Error	58.51	18	3.25		
Total	8870.95	19			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1.6940

Error: 3.2505 gl: 18

fincas	Medias	n	E.E.	
FINCA 1	45.43	10	0.57	A
FINCA 2	3.44	10	0.57	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

C t/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
C t/ha		20	0.99	0.99	7.37

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2202.48	1	2202.48	2715.88	<0.0001
fincas	2202.48	1	2202.48	2715.88	<0.0001
Error	14.6	18	0.81		
Total	2217.08	19			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.8461

Error: 0.8110 gl: 18

fincas	Medias	n	E.E.	
FINCA 1	22.71	10	0.28	A
FINCA 2	1.72	10	0.28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

t/400 ml

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
t/400 ml		20	0.09	0.04	21.28

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.43	1	9.43	1.86	0.189
fincas	9.43	1	9.43	1.86	0.189
Error	91.03	18	5.06		
Total	100.46	19			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=2.1129

Error: 5.0573 gl: 18

fincas	Medias	n	E.E.	
FINCA 3	11.25	10	0.71	A
FINCA 1	9.88	10	0.71	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

C t/400 ml

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
C t/400 ml		20	0.09	0.04	21.27

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.35	1	2.35	1.86	0.1896
fincas	2.35	1	2.35	1.86	0.1896
Error	22.72	18	1.26		
Total	25.06	19			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1.0556

Error: 1.2622 gl: 18

fincas	Medias	n	E.E.
FINCA 3	5.63	10	0.36 A
FINCA 1	4.94	10	0.36 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

total bio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
total bio		40	0.99	0.99	12.3

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20737.52	3	6912.51	1179.99	<0.0001
finca	20737.52	3	6912.51	1179.99	<0.0001
Error	210.89	36	5.86		
Total	20948.41	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=2.3023

Error: 5.8581 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.
FINCA 1	58.29	10	0.77 A
FINCA 3	14.01	10	0.77 B
FINCA 2	5.05	10	0.77 C
FINCA 4	1.34	10	0.77 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

total c

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

total c 40 0.99 0.99 12.3

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5184.1	3	1728.03	1179.81	<0.0001
finca	5184.1	3	1728.03	1179.81	<0.0001
Error	52.73	36	1.46		
Total	5236.83	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1.1512

Error: 1.4647 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.				
FINCA 1	29.15	10	0.38	A			
FINCA 3	7	10	0.38		B		
FINCA 2	2.52	10	0.38			C	
FINCA 4	0.67	10	0.38				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

BIO 0-30

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BIO 0-30	40	0.36	0.31	61.77

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11423.35	3	3807.78	6.72	0.001
FINCAS	11423.35	3	3807.78	6.72	0.001
Error	20404.09	36	566.78		
Total	31827.44	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=22.6457

Error: 566.7803 gl: 36

FINCAS	Medias	n	E.E.				
FINCA 1	64.85	10	7.53	A			
FINCA 2	37.65	10	7.53		B		
FINCA 4	33.76	10	7.53		B		
FINCA 3	17.89	10	7.53		B		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

C 0-30

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C 0-30	40	0.36	0.31	61.77

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2855.37	3	951.79	6.72	0.001
FINCAS	2855.37	3	951.79	6.72	0.001
Error	5100.68	36	141.69		
Total	7956.05	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=11.3225

Error: 141.6855 gl: 36

FINCAS	Medias	n	E.E.	
FINCA 1	32.43	10	3.76	A
FINCA 2	18.83	10	3.76	B
FINCA 4	16.88	10	3.76	B
FINCA 3	8.95	10	3.76	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

BIOMASA T/HA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BIOMASA T/HA	20	0.98	0.98	10.44

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	899.68	1	899.68	879.36	<0.0001
fincas	899.68	1	899.68	879.36	<0.0001
Error	18.42	18	1.02		
Total	918.09	19			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.9504

Error: 1.0231 gl: 18

fincas	Medias	n	E.E.	
FINCA 1	16.4	10	0.32	A
FINCA 2	2.99	10	0.32	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

C T/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
----------	---	----------------	-------------------	----

C T/ha 20 0.98 0.98 10.44

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	224.85	1	224.85	878.51	<0.0001
fincas	224.85	1	224.85	878.51	<0.0001
Error	4.61	18	0.26		
Total	229.46	19			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.4753

Error: 0.2559 gl: 18

fincas	Medias	n	E.E.	
FINCA 1	8.2	10	0.16	A
FINCA 2	1.49	10	0.16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

bio T/HA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
bio T/HA	20	0.07	0.02	14.04

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.11	1	1.11	1.36	0.2584
fincas	1.11	1	1.11	1.36	0.2584
Error	14.66	18	0.81		
Total	15.77	19			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.8478

Error: 0.8142 gl: 18

fincas	Medias	n	E.E.	
FINCA 3	6.66	10	0.29	A
FINCA 1	6.19	10	0.29	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

C t/ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C t/ha	20	0.07	0.02	14.13

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo	0.29	1	0.29	1.41	0.2503
fincas	0.29	1	0.29	1.41	0.2503
Error	3.7	18	0.21		
Total	3.99	19			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.4262

Error: 0.2058 gl: 18

fincas	Medias	n	E.E.	
FINCA 3	3.33	10	0.14	A
FINCA 1	3.09	10	0.14	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

NIVEL	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0 - 10 cm	COS t/ha	40	0.87	0.86	10.89

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1316.56	3	438.85	79.04	<0.0001
Columna1	1316.56	3	438.85	79.04	<0.0001
Error	199.88	36	5.55		
Total	1516.45	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=2.2414

Error: 5.5523 gl: 36

Columna1	Medias	n	E.E.			
FINCA 2	28.16	10	0.75	A		
FINCA 3	25.68	10	0.75		B	
FINCA 1	19.24	10	0.75			C
FINCA 4	13.45	10	0.75			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

NIVEL	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
10 -20 cm	COS t/ha	40	0.81	0.79	11.55

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	508.48	3	169.49	50.05	<0.0001
Columna1	508.48	3	169.49	50.05	<0.0001
Error	121.91	36	3.39		
Total	630.39	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1.7504

Error: 3.3863 gl: 36

Columnal	Medias	n	E.E.			
FINCA 3	20.83	10	0.58	A		
FINCA 4	17.51	10	0.58		B	
FINCA 2	14.03	10	0.58			C
FINCA 1	11.37	10	0.58			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

NIVEL	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
20 - 30 cm	COS t/ha	40	0.95	0.95	13.43

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1161.67	3	387.22	237.55	<0.0001
Columnal	1161.67	3	387.22	237.55	<0.0001
Error	58.68	36	1.63		
Total	1220.36	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1.2145

Error: 1.6301 gl: 36

Columnal	Medias	n	E.E.			
FINCA 3	18.28	10	0.4	A		
FINCA 2	9.56	10	0.4		B	
FINCA 4	5.51	10	0.4			C
FINCA 1	4.69	10	0.4			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

NIVEL	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Subtotal	COS t/ha	40	0.93	0.93	7.18

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5867.41	3	1955.8	171.17	<0.0001
Columnal	5867.41	3	1955.8	171.17	<0.0001
Error	411.33	36	11.43		
Total	6278.75	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=3.2153

Error: 11.4260 gl: 36

Columnal	Medias	n	E.E.
----------	--------	---	------

FINCA 3	64.79	10	1.07	A	
FINCA 2	51.75	10	1.07		B
FINCA 4	36.47	10	1.07		C
FINCA 1	35.3	10	1.07		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
TOT		40	0.4	0.35	18.7

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4122.5	3	1374.17	7.93	0.0003
finca	4122.5	3	1374.17	7.93	0.0003
Error	6235.95	36	173.22		
Total	10358.45	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=12.5192

Error: 173.2208 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.
FINCA 1	79.02	10	4.16 A
FINCA 3	77.06	10	4.16 A
FINCA 2	72.07	10	4.16 A
FINCA 4	53.35	10	4.16 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

tot

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
tot		40	0.71	0.69	16.2

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15138.18	3	5046.06	29.88	<0.0001
finca	15138.18	3	5046.06	29.88	<0.0001
Error	6080.54	36	168.9		
Total	21218.72	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=12.3623

Error: 168.9040 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.
-------	--------	---	------

FINCA 1	108.16	10	4.11	A	
FINCA 3	84.06	10	4.11		B
FINCA 2	74.6	10	4.11		B
FINCA 4	54.02	10	4.11		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

aereo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
aereo		40	0.99	0.99	12.3

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5184.1	3	1728.03	1179.81	<0.0001
finca	5184.1	3	1728.03	1179.81	<0.0001
Error	52.73	36	1.46		
Total	5236.83	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=1.1512

Error: 1.4647 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.		
FINCA 1	29.15	10	0.38	A	
FINCA 3	7	10	0.38		B
FINCA 2	2.52	10	0.38		C
FINCA 4	0.67	10	0.38		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

bajo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
bajo		40	0.4	0.35	18.7

Tabla de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4122.5	3	1374.17	7.93	0.0003
finca	4122.5	3	1374.17	7.93	0.0003
Error	6235.95	36	173.22		
Total	10358.45	39			

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=12.5192

Error: 173.2208 gl: 36

finca	Medias	n	E.E.
-------	--------	---	------

FINCA 1	79.02	10	4.16	A
FINCA 3	77.06	10	4.16	A
FINCA 2	72.07	10	4.16	A
FINCA 4	53.35	10	4.16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)