

Productividad de carne bovina en sistemas sostenibles de pastoreo intensivo para pequeños productores de la Orinoquia colombiana

Álvaro Rincón Castillo
Hernando Flórez Díaz
Hugo Humberto Ballesteros Chavarro
Oscar Javier Cerinza Murcia
Leandro Mauricio León Llanos

Colección Alianzas AGROSAVIA

Productividad de carne bovina en sistemas sostenibles de pastoreo intensivo para pequeños productores de la Orinoquia colombiana

Álvaro Rincón Castillo

Hernando Flórez Díaz

Hugo Humberto Ballesteros Chavarro

Oscar Javier Cerinza Murcia

Leandro Mauricio León Llanos

Mosquera, Colombia, 2025

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Alianzas AGROSAVIA

Productividad de carne bovina en sistemas sostenibles de pastoreo intensivo para pequeños productores de la Orinoquia colombiana. / Álvaro Rincón Castillo [y otros cuatro] – Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2025.

156 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye fotografías, gráficos y tablas.

ISBN e-Book: 978-958-740-815-7

1. Ganado bovino 2. Producción de carne 3. Sostenibilidad 4. Pastoreo continuo 5. Alimentación de los animales 6. Pequeños agricultores. 7. Análisis de costos 8. Orinoquia (Colombia). I. Rincón Castillo, Álvaro II. Flórez Díaz, Hernando III. Ballesteros Chavarro, Hugo Humberto IV. Cerinza Murcia, Oscar Javier V. León Llanos, Leandro Mauricio.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación La Libertad. Kilómetro 17, vía Puerto López, Meta. Código postal 502008, Colombia. Centro de Investigación La Libertad. Finca Experimental Taluma. Kilómetro 91, vía Puerto López-Puerto Gaitán (Meta). Código postal 502047, Colombia.

Centro de Investigación Carimagua. Municipio de Puerto Gaitán (Meta), km 330, vía Villavicencio (Meta)-Puerto Carreño (Vichada). Código postal 502041, Colombia.

Esta publicación hace parte de los resultados de los proyectos “Implementación de estrategias de vinculación y transferencia de tecnología en la producción de cultivos forrajeros, producción y uso de ensilaje y suplementos alimenticios, que contribuyan a fortalecer sistemas de alimentación y producción ganadera en diversas regiones naturales de Colombia” y “Evaluación multilocacional de nuevo germoplasma forrajero”.

Colección: Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Manual

Fecha de recepción: 28 de noviembre de 2024

Fecha de evaluación: 9 de enero de 2025

Fecha de aceptación: 14 de febrero de 2025

Publicado: Julio 2025

Preparación editorial

Editorial Agrosavia

editorial@agrosavia.co

Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Liliana Gaona García

Corrección de estilo: Luz Ángela Uscátegui

Diseño y diagramación: María Paula Berón

Citación sugerida: Rincón Castillo, A., Flórez Díaz, H., Ballesteros Chavarro, H. H., Cerinza Murcia, O. J., León Llanos, L. M. (2025). *Productividad de carne bovina en sistemas sostenibles de pastoreo intensivo para pequeños productores de la Orinoquia colombiana*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7408157>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogida en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Agradecimientos	23
Los autores	25
Introducción	29
Referencias	31
Capítulo 1	
Condiciones de clima y suelo	33
Clima	33
Precipitación	34
Temperatura	35
Brillo solar	36
Humedad relativa	38
Suelos y fertilización	38
Referencias	41
Capítulo 2	
Establecimiento y manejo del sistema	43
Características de los pastos	44
Características del pasto <i>Urochloa humidicola</i> cv. Llanero	44
Establecimiento de los pastos	48
Preparación de suelos	48
Material de siembra	49
Siembra y fertilización	50
Producción y calidad del forraje	52
Establecimiento de los árboles para el bienestar de los animales	54
Siembra de los árboles	60
Fertilización	61

Establecimiento de la cobertura de <i>Arachis pinto</i> cv. Centauro	62
Infraestructura para el manejo del pastoreo	64
División de potreros	64
Instalación de bebederos y saladeros	65
Manejo de los pastos con el animal	67
Altura de pastoreo	67
Carga animal	69
Ganancia de peso animal	71
Producción de carne bovina en pastoreo intensivo	
en la altillanura en áreas pequeñas	72
Ceba de novillos en la altillanura	72
Pastoreo intensivo con novillas en la altillanura colombiana	75
Referencias	79

Capítulo 3

Manejo de la nutrición mineral del bovino con énfasis en el fósforo de la sal mineralizada y su efecto en la producción de carne bajo pastoreo intensivo	83
Metodología	84
Evaluaciones	85
En el suelo	85
En las praderas	85
En el animal	86
Resultados	86
Referencias	91

Capítulo 4

Evaluación de cuatro grupos raciales de bovinos en pastoreo intensivo	95
Metodología	95
Primer experimento	95
Segundo experimento	96
Primer experimento	97
Segundo experimento	101
Rendimiento, calidad y composición de la carne en bovinos en pastoreo intensivo	105
Referencias	115

Capítulo 5

Sostenibilidad del sistema	119
Reciclaje de nutrientes y fertilización de mantenimiento	120
Productividad de carne bovina	122
Producción sostenible de carne bovina	125
Captura de carbono en el sistema de pastoreo intensivo sostenible	126
Captura de carbono en el sistema de pastoreo intensivo	127
Resultados preliminares de emisiones de metano entérico de bovinos en pastoreo intensivo	132
Referencias	136

Capítulo 6

Análisis financiero del sistema	139
Inversiones para el establecimiento de 10 hectáreas (año 0)	139
Costos y gastos para el mantenimiento (año 1)	141
Análisis financiero a 10 años	143
Conclusiones	147
Anexos	149
Anexo 1. Costos para la siembra de pasto Llanero, año 2023, C. I. La Libertad	149
Anexo 2. Costo de un kilómetro de cerca de púas, año 2023	150
Anexo 3. Costo de un kilómetro de cerca eléctrica, año 2023	151
Anexo 4. Costo de un kilómetro de banco de proteína arborizado, año 2023	152
Anexo 5. Costos para la instalación de bebederos y salinas	153

Lista de figuras

Figura 1	Precipitación pluvial en el piedemonte llanero, C. I. La Libertad: promedio de los últimos 30 años comparado con el promedio del 2016 al 2022	34
Figura 2	Precipitación anual durante los últimos 7 años comparada con el promedio de los últimos 30 años, piedemonte llanero, C. I. La Libertad	35
Figura 3	Temperatura ambiental en el piedemonte llanero, C. I. La Libertad	35
Figura 4	Temperatura ambiental promedio mínima y máxima de los últimos 7 años comparada con el promedio de los últimos 27 años, piedemonte llanero, C. I. La Libertad	36
Figura 5	Brillo solar durante los últimos 7 años comparado con el promedio de 20 años, piedemonte llanero, C. I. La Libertad	37
Figura 6	Precipitación y brillo solar promedio de los últimos 30 años en el piedemonte llanero, C. I. La Libertad	37
Figura 7	Humedad relativa promedio durante los últimos 7 años compara con el promedio de los últimos 30 años en el piedemonte llanero, C. I. La Libertad	38
Figura 8	Producción de estolones de pasto Llanero en fase de establecimiento	45
Figura 9	Producción de forraje de tres pastos desde los 7 hasta los 56 días de edad, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	46
Figura 10	Producción de forraje y contenido de proteína cruda en <i>U. humidicola</i> cv. Llanero en cuatro frecuencias de defoliación, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	46
Figura 11	Cantidad de hojas en un metro cuadrado de cuatro especies de <i>Urochloa</i> , C. I. La Libertad, piedemonte llanero	47

Figura 12	Preparación de suelos para la siembra de pasto Llanero, piedemonte del Meta	49
Figura 13	Siembra del pasto Llanero con encaladora	51
Figura 14	Pasto Llanero con buena cobertura del suelo y alta disponibilidad de forraje, piedemonte llanero	53
Figura 15	Altura de las especies arbóreas durante 14 meses de crecimiento, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	54
Figura 16	Cobertura de copa de especies arbóreas a los 22 meses de edad, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	55
Figura 17	Árbol de yopo a la edad de 15 meses en condiciones del piedemonte llanero, C. I. La Libertad	56
Figura 18	Árbol de cañafistol a la edad de 15 meses, C. I. La Libertad	57
Figura 19	Árboles de samán a la edad de 15 meses en condiciones del piedemonte llanero, C. I. La Libertad	58
Figura 20	Árboles de tambor a la edad de 15 meses	59
Figura 21	Esquema de una franja de árboles en potreros con dos surcos de tres variedades establecidos al “tres bolillo” en forma alterna	60
Figura 22	Árboles en proceso de establecimiento en franjas, en áreas de pastoreo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	61
Figura 23	Franja de árboles con cobertura de <i>Arachis pintoi</i> a los 3 años de sembrada, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	63
Figura 24	Ejemplo de un área de 10 ha dividida en 12 potreros con un área de 0,8 ha cada uno y con tres franjas de árboles para sombrío del ganado	65

Figura 25	Bebedero plástico con capacidad para 1.000 litros de agua	66
Figura 26	Saladero en la división de potreros	66
Figura 27	Nutrientes de reserva en tallos, corona y raíz del pasto <i>U. brizantha</i> cv. Toledo	68
Figura 28	Evolución de la carga animal (UA/ha) en <i>U. humidicola</i> cv. Llanero durante el periodo de ceba intensiva y manejo tradicional, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	70
Figura 29	Bovinos bajo pastoreo con carga animal alta de acuerdo con la disponibilidad de forraje	70
Figura 30	Productividad de carne bovina en pastoreo intensivo sostenible comparada con la productividad en pastoreo tradicional en la altillanura colombiana	74
Figura 31	Evolución del peso promedio de las novillas en pastoreo intensivo durante 330 días en el C. I. Carimagua	75
Figura 32	Peso total de las 12 novillas bajo pastoreo intensivo en 1,8 ha en cada pesaje, C. I. Carimagua	76
Figura 33	Incremento de la capacidad de carga animal en novillas en pastoreo intensivo, C. I. Carimagua	77
Figura 34	Ganancia promedio diaria de peso de novillas en pastoreo intensivo, C. I. Carimagua	77
Figura 35	Ganancia de peso animal de novillos en pastoreo de <i>U. humidicola</i> cv. Llanero con el suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada	89
Figura 36	Ganancia de peso animal de novillos en pastoreo de <i>U. humidicola</i> cv. Llanero con el suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada	90

Figura 37	Ceba de bovinos de cuatro grupos raciales en pastoreo intensivo (primer experimento), C. I. La Libertad, piedemonte llanero	96
Figura 38	Ceba de bovinos de cuatro grupos raciales en pastoreo intensivo (segundo experimento), C. I. La Libertad, piedemonte llanero	97
Figura 39	Evolución de la carga animal en pastoreo rotacional de cuatro grupos raciales en praderas de <i>U. humidicola</i> cv. Llanero, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	98
Figura 40	Peso animal de cuatro grupos raciales durante 192 días, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	99
Figura 41	Ganancia de peso animal promedio de cuatro grupos raciales durante las épocas lluviosa y seca de 2019 a 2020, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	100
Figura 42	Evolución de la de carga animal en pastoreo rotacional de cuatro grupos raciales en praderas de <i>U. humidicola</i> cv. Llanero, C. I. La Libertad, piedemonte llanero (12 de febrero de 2020 al 3 de marzo de 2021)	102
Figura 43	Evolución del peso animal de cuatro grupos raciales durante 291 días, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	102
Figura 44	Ganancia de peso animal promedio de cuatro grupos raciales durante las épocas lluviosa y seca de 2020 a 2021, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	104
Figura 45	Ganancia diaria de peso de novillos en las épocas lluviosa y seca en pastoreo de <i>U. humidicola</i> cv. Llanero con tratamientos de fertilización, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	121

Figura 46	Proceso de fotosíntesis para la producción de forraje	126
Figura 47	Composición de la biomasa vegetal producida por la fotosíntesis y por los nutrientes del suelo	127
Figura 48	Producción de forraje anual en tres praderas de pasto Llanero con diferente manejo	129
Figura 49	Carbono presente en el suelo y captura de carbono en hojas, tallos y raíces del pasto <i>U. humidicola</i> cv. Llanero en un manejo intensivo de producción de carne en el piedemonte llanero	132



Lista de tablas

Tabla 1	Concentración de minerales de los suelos donde se realizó el sistema de pastoreo intensivo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	39
Tabla 2	Contenido de minerales que deben tener los suelos para el buen desarrollo de pastos en la Orinoquia colombiana	39
Tabla 3	Ejemplo de la cantidad de minerales que se deben aplicar al suelo para cubrir las deficiencias y los requerimientos de <i>U. humidicola</i> cv. Llanero (densidad aparente de 1 g/cc)	40
Tabla 4	Fertilización en el momento de la siembra de acuerdo con el análisis de suelo y los requerimientos del pasto, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	40
Tabla 5	Distribución porcentual del área foliar en 5 rangos de cuatro especies de <i>Urochloa</i>	47
Tabla 6	Densidad de siembra de pasto Llanero con una pureza de 90 % y tres valores de germinación de la semilla	50
Tabla 7	Producción y calidad del forraje de pasto Llanero con el manejo del sistema de pastoreo intensivo y en manejo tradicional, piedemonte llanero	52
Tabla 8	Fertilización para el establecimiento y mantenimiento de los 155 árboles en tres franjas de árboles establecidas en 10 ha	62
Tabla 9	Pastoreo rotacional con periodos de ocupación y de descanso de acuerdo con el número de potreros en un área de 10 ha	64
Tabla 10	Periodo de descanso y altura de pastoreo recomendada para diferentes pastos	68

Tabla 11	Productividad de carne bovina de novillos en pastoreo intensivo y en pastoreo tradicional, C. I. La Libertad, piedemonte llanero, año 2024	71
Tabla 12	Producción de carne bovina en pastoreo intensivo en cuatro grupos de novillos en la altillanura colombiana, Finca Experimental Taluma	73
Tabla 13	Costos de mantenimiento de praderas y manejo animal en pastoreo intensivo, año 2023, Finca Experimental Taluma, altillanura plana del Meta	74
Tabla 14	Producción animal de novillas en pastoreo intensivo, C. I. Carimagua	78
Tabla 15	Concentración de minerales en el suelo donde se aplicaron tres tratamientos de P en la sal mineralizada para bovinos en pastoreo intensivo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	87
Tabla 16	Evaluación agronómica de pasto Llanero bajo pastoreo y suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada a novillos, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	87
Tabla 17	Concentración de minerales en las hojas del pasto Llanero bajo pastoreo y suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada a novillos, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	88
Tabla 18	Evaluación agronómica de pasto Llanero bajo pastoreo y suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada a novillos, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	89
Tabla 19	Consumo de sal mineralizada y costos, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	91

Tabla 20	Grupos raciales evaluados en pastoreo intensivo desde el 29 de mayo de 2019 al 4 de febrero de 2020, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	98
Tabla 21	Ganancia de peso animal (kg/animal/día) de cuatro grupos raciales en cinco periodos de evaluación, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	99
Tabla 22	Cantidad de animales y producción de carne en 10 ha de pasto Llanero durante 192 días de pastoreo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	100
Tabla 23	Grupos raciales evaluados en pastoreo intensivo desde el 12 de febrero de 2020 al 3 de marzo de 2021, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	101
Tabla 24	Ganancia de peso animal de cuatro grupos raciales (kg/animal/día) desde febrero de 2020 a marzo de 2021, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	103
Tabla 25	Cantidad de animales y producción de carne en 10 ha de pasto Llanero durante 375 días de pastoreo en cuatro grupos raciales, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	104
Tabla 26	Peso al sacrificio, mermas por transporte, peso de la canal caliente y rendimiento en canal caliente de los bovinos evaluados	105
Tabla 27	Capacidad de retención de agua, temperatura, pH, cocción y terneza del lomo ancho de bovinos de diferentes grupos raciales provenientes de una ceba en pastoreo intensivo	106
Tabla 28	Color instrumental de cortes de lomo ancho de Cebú, Brangus y cruces de criollo por Cebú cebados en pastoreo intensivo	107

Tabla 29	Composición nutricional de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en pastoreo intensivo	107
Tabla 30	Perfil de ácidos grasos (g/100 g) de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en pastoreo intensivo	108
Tabla 31	Calidad organoléptica del lomo ancho de bovinos de tres grupos raciales cebados en un sistema de pastoreo intensivo	109
Tabla 32	Calidad instrumental de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo	111
Tabla 33	Color instrumental de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo	111
Tabla 34	Composición nutricional de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo	112
Tabla 35	Perfil de ácidos grasos (g/100 g) de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo	112
Tabla 36	Panel sensorial de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo	114
Tabla 37	Producción y calidad nutritiva de <i>U. humidicola</i> cv. Llanero sometido a tres tratamientos de fertilización, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	121
Tabla 38	Producción de carne total en <i>U. humidicola</i> cv. Llanero con tratamientos de fertilización, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	122

Tabla 39	Concentración de minerales del suelo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	123
Tabla 40	Extracción de minerales en el forraje y retorno al suelo en excretas para determinar fertilización de mantenimiento en el piedemonte llanero, con una producción de forraje de 14.400 kgMS/ha/año	124
Tabla 41	Minerales y fuentes utilizadas para la fertilización anual del pasto Llanero, piedemonte llanero	125
Tabla 42	Producción de carne bovina bajo pastoreo en el sistema de pastoreo intensivo comparada con la ceba tradicional durante cinco años, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	125
Tabla 43	Producción de forraje del pasto <i>U. brizantha</i> cv. Llanero bajo un manejo de pastoreo intensivo sostenible durante las épocas lluviosa y seca, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	128
Tabla 44	Biomasa de raíces de <i>U. humidicola</i> cv. Llanero obtenidas en el suelo a una profundidad de 0 a 15 cm y 16 a 30 cm, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	130
Tabla 45	Carbono almacenado en el suelo a una profundidad de 20 cm, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	131
Tabla 46	Emisiones diarias e intensidad de emisión de metano entérico de bovinos Cebú, F1 Sanmartinero × Cebú (F1 SM × C), F2 Sanmartinero × Cebú (F2 SM × C × C) y F2 Blanco Orejinegro × Cebú (F2 BON × C × C) en pastoreo intensivo en praderas de <i>Urochloa humidicola</i> cv. Llanero, C. I. La Libertad	133

Tabla 47	Factor de emisión y porcentaje de pérdidas de energía bruta del alimento por emisiones de metano entérico (Ym) de bovinos Cebú, F1 Sanmartinero × Cebú (F1 SM × C), F2 Sanmartinero × Cebú (F2 SM × C × C) y F2 Blanco Orejinegro × Cebú (F2 BON × C × C) en pastoreo intensivo en praderas de <i>Urochloa humidicola</i> cv. Llanero, C. I. La Libertad	134
Tabla 48	Costos para el establecimiento del sistema de pastoreo intensivo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero, año 2023	140
Tabla 49	Costos de mantenimiento anual para el desarrollo del pastoreo intensivo en forma sostenible, C. I. La Libertad, piedemonte llanero	142
Tabla 50	Análisis financiero del sistema de pastoreo intensivo en el piedemonte llanero (en millones de pesos)	144
Tabla 51	Costos e ingresos del sistema intensivo sostenible de producción de carne comparados con la producción de grano de maíz amarillo en la Orinoquia colombiana	145





Agradecimientos

Al proyecto “Aunar esfuerzos económicos, técnicos, financieros, logísticos y humanos para la implementación de estrategias de vinculación y transferencia de tecnología en la producción de cultivos forrajeros, producción y uso de ensilaje y suplementos alimenticios, que contribuyan a fortalecer sistemas de alimentación y producción ganadera en diversas regiones naturales de Colombia” del convenio MADR-AGROSAVIA 2022 0463, código interno 20289, donde se gestionó el presente manual.

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) por el apoyo técnico y administrativo.

Al Departamento de Desarrollo de Negocios de AGROSAVIA por validar este sistema productivo y comprobar su beneficio económico.



Los autores

Álvaro Rincón Castillo

Correo: arincon@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2190-1858>

Ingeniero agrónomo con Doctorado en Ciencias Agropecuarias con énfasis en fisiología de cultivos de la Universidad Nacional de Colombia y pasantía en la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa), Brasil. Su desempeño como profesional se ha centrado en la investigación sobre forrajes tropicales para la Orinoquia colombiana durante 35 años. Ha participado en la entrega a los productores de seis nuevos cultivares forrajeros (*Desmodium heterocarpon* cultivar Maquenque, *Cratylia argentea* cultivar Veranera, *Arachis pintoii* cultivar Maní forrajero, sorgo forrajero cultivar JTT18, soya forrajera cultivar Taluma 5 y recientemente fue entregado a los productores el *Arachis pintoii* cultivar Centauro). Ha desarrollado ofertas tecnológicas para los sistemas ganaderos de la Orinoquia colombiana en la recuperación y manejo de praderas, sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales, estrategias de manejo de pastoreo en el piedemonte llanero para sistemas intensivos de producción de carne y pastoreo rotacional de porcinos en la leguminosa *Arachis pintoii* cv. Centauro. Los resultados de investigación se encuentran disponibles en 32 artículos científicos, 30 publicaciones técnicas y cuatro libros. Actualmente se desempeña como investigador en la Red de Ganadería en el Centro de Investigación La Libertad de AGROSAVIA.

Hernando Flórez DíazCorreo: hflores@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-0067-3315>

Médico veterinario zootecnista de la Universidad de los Llanos con Maestría en Reproducción Animal de la Universidad Nacional de Colombia y Doctorado en Nutrición de Rumiantes de la Universidad de Arkansas en Estados Unidos. Trabajó en el Centro de Diagnóstico Veterinario del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Villavicencio entre 1991 y 1993, después se vinculó a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) como investigador en fisiología del estrés por calor del programa Nacional de Ecofisiología Animal en el Centro de Investigación Tibaitatá entre 1994 y 1996 y del Plan de Modernización de la Ganadería Colombiana en salud de terneros entre 1997 y 2000; posteriormente se vinculó como investigador del Programa de Ecofisiología y Nutrición Animal y del Grupo Pecuario del Centro de Investigación La Libertad en Villavicencio (2001 y 2010). Desde el año 2011, hace parte de la Red de Ganadería y Especies Menores en el C. I. La Libertad como investigador en rendimiento, calidad y composición de la carne bovina y la implementación de sistemas sostenibles de alimentación para ganaderías del trópico. Actualmente es gestor de innovación de la Red de Ganadería y Especies Menores y miembro del Comité de Ética de AGROSAVIA.

Hugo BallesterosCorreo: hballesteros@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0003-1447-0938>

Zootecnista con amplia experiencia en el desarrollo, evaluación y seguimiento de proyectos, evaluación de alimentos y manejo de sistemas apícolas. Su enfoque se centra en los siguientes campos: análisis sensoriales para evaluar la calidad de carnes y otros productos alimenticios considerando aspectos como sabor, textura, aroma y apariencia; clasificación de carnes y canales en bovinos y especies menores, que incluye la categorización de canales en bovinos y especies menores (cerdos y corderos, entre otros); y mejoramiento genético en abejas a través de la selección de reinas para mejorar la resistencia y la productividad. En la actualidad, desarrolla procesos de evaluación de calidad de la miel con el fin de generar un techo de calidad para este producto. Así mismo, tiene habilidades en el manejo de *software* estadístico para análisis de datos de manera efectiva.

Oscar Cerinza

Correo: ocerinza@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8040-8772>

Médico veterinario zootecnista de la Universidad de los Llanos, diplomado en Paisajes Ganaderos Sostenibles en la Orinoquia y candidato a MSc en Sistemas Sostenibles de Salud-Producción Animal Tropical. Ha trabajado en el desarrollo y vinculación de productos tecnológicos en sistemas de producción, en aspectos como establecimiento, recuperación y manejo de pasturas; multiplicación de semillas de especies forrajeras gramíneas y leguminosas; establecimiento y conservación de forrajes para alimentación de bovino-ovinos y manejo de sistemas agrosilvopastoriles en pro del bienestar animal en las zonas del piedemonte y la altillanura colombiana.

Leandro Mauricio León Llanos

Correo: lleon@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8182-7680>

Médico veterinario zootecnista, MSc en Sistemas Sostenibles de Salud-Producción Animal Tropical de la Universidad de los Llanos. Ha trabajado en proyectos de investigación relacionados con la evaluación del impacto que tienen factores como la genética, la nutrición, el transporte y el temperamento sobre el crecimiento y la calidad de la canal y de la carne bovina. Así mismo, también ha trabajado en el desarrollo de pruebas de comportamiento de toros Sanmartinero en el piedemonte llanero y en el desarrollo de sistemas sostenibles de alimentación para ganaderías del trópico bajo. Actualmente es investigador máster de la Red de Ganadería y Especies Menores en el C. I. La Libertad de AGROSAVIA y hace parte de la Mesa de Ganadería Sostenible del Meta.



Introducción

La ganadería bovina de la Orinoquia colombiana tiene una población aproximada de 6,1 millones de cabezas que representan el 23 % de la ganadería nacional y el 40 % del hato de carne del país, con una histórica especialización basada en el suministro de animales para ceba en el piedemonte llanero a partir de las zonas de cría de la llanura inundable y la altillanura. Sin embargo, los parámetros productivos de estos hatos son bajos, con tasas de natalidad inferiores al 50 %, mortalidad de animales jóvenes del 10 % y edad al primer parto superior a 48 meses como consecuencia de la deficiente alimentación ofrecida, en su mayoría representada por gramas nativas con grandes limitaciones nutricionales por el bajo contenido de minerales en el suelo que afectan todo el proceso en los sistemas productivos, mientras que en áreas más desarrolladas como el piedemonte llanero, donde se han establecido praderas con materiales introducidos, los rendimientos se ven seriamente afectados por avanzados estados de degradación (Rincón, 2006; Banco Mundial, 2022).

La base de la alimentación de los bovinos es el forraje de pastoreo, que es la forma más económica de producir carne y leche. Se han introducido a la región especies de pastos más productivas y de mejor calidad que los que produce la sabana nativa, sin embargo, la respuesta en la productividad animal en estas praderas introducidas es baja como consecuencia de un manejo ineficiente del pastoreo que ha llevado a la degradación de las praderas causada por malas prácticas de manejo, entre la cuales sobresalen la falta de fertilización y el sobrepastoreo, que afectan las características físicas del suelo, causan la desaparición de los forrajes y favorecen la invasión de especies indeseables, así como la pérdida de la

calidad nutritiva del forraje y el aumento en el ataque de plagas. Como consecuencia de esto, la carga animal promedio es de 0,8 animales/ha, la productividad de carne es inferior a 120 kg/ha/año y la productividad de leche es inferior a 1.100 l/ha/lactancia (Spain & Gualdrón, 1991; Rincón, 2006, 2010; Rodríguez et al., 2019), lo cual constituye un sistema ineficiente, con pastos improductivos que no llenan los requerimientos nutricionales de los animales por la baja actividad fotosintética de los pastos con poca área foliar que reduce la captura de carbono, lo cual tiene efectos directos en la baja producción de forraje. La baja fertilidad de los suelos contribuye a la baja producción de los forrajes y también afecta la concentración de minerales y proteína en las hojas, lo que ocasiona bajo rendimiento de carne y leche y mayor producción de metano (Carmona et al., 2005; Banco Mundial, 2022).

El modelo productivo que se presenta en este manual tiene el propósito de ofrecer a los ganaderos recomendaciones de manejo para que el negocio de la ganadería sea más rentable y amigable con el ambiente. Con este modelo productivo es posible aumentar la capacidad de carga animal entre 2 y 3 veces y reducir las áreas dedicadas a la ganadería en Colombia. En los 30 millones de hectáreas que ocupa actualmente la ganadería del país es posible sostener entre 54 y 80 millones de cabezas o los 29 millones de cabezas que se tienen, que pueden pastorear en 10 millones de hectáreas y dejar libres 20 millones para otras actividades agropecuarias o para el repoblamiento de bosques.

Este modelo productivo se basa en los resultados obtenidos en la producción de carne bovina durante cinco años en una pradera de 10 ha de *Urochloa humidicola* cv. Llanero del C. I. La Libertad, en condiciones representativas del piedemonte llanero, y fue validado y ejecutado por el Departamento de Desarrollo de Negocios de AGROSAVIA.

Objetivo del pastoreo intensivo para la producción de carne bovina

Incrementar la productividad de carne bovina en forma sostenible al pasar de 270 kg/ha/año en el sistema tradicional a 1.148 kg/ha/año en el pastoreo intensivo mediante el aumento de la capacidad de carga de 1,5 UA/ha (600 kg/ha de peso vivo) a 4 UA/ha (1.600 kg/ha de peso vivo) y el incremento de la ganancia de peso de 500 a 850 g/animal/día.

Referencias

- Banco Mundial. (2022). *Compendio del estado del arte de la ganadería sostenible en Colombia, con énfasis en la región de la Orinoquía*. <https://www.biocarbonfund-isfl.org/sites/default/files/2022-03/220222%20-%20CompendioGS%20vFinal%20-%20logos.pdf>
- Carmona, J., Bolívar, D., & Giraldo, L. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49-63. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.323994>
- Rincón, A. (2006). *Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas en los Llanos Orientales de Colombia*. [Boletín técnico n.º 49]. Corpoica; Gobernación del Meta. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17515>
- Rincón, A. (2010). Degradación de praderas y estrategias para su recuperación. En A. Rincón, & C. Jaramillo (Eds.), *Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos* (pp. 141-200). AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12703>
- Rodríguez, B. G., Bautista, R. A., Ramírez, M., López, O., Rojas, C., Suárez, S., Vanegas, A., Baquero, I., Caicedo, S., Pulido, S., Olarte, T., Roa, Z., & Méndez, H. (2019). *Adopción e impacto de los sistemas agropecuarios introducidos en la altillanura plana del Meta*. AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7402964>
- Spain, J. M., & Gualdron, R. (1991). Degradación y rehabilitación de pasturas. En C. E. Lascano, & J. Spain (Eds.), *Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de la investigación* [Memorias] (pp. 269-284). Sexta Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Veracruz, México, noviembre de 1998. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=0WntmVEorQkC&oi=fnd&pg=PA269&dq=Spain,J.M.%3B+Gualdron,+R.+1988&ots=fdTikuNgZI&sig=XD8JoVLsl7ce4sY6vZtImiMMbkI#v=onepage&q=Spain%2CJ.M.%3B%20Gualdron%2C%20R.%201988&f=false>



Capítulo 1

Condiciones de clima y suelo

El sistema de producción de carne en pastoreo intensivo se viene desarrollando en la terraza media del Centro de Investigación La Libertad de AGROSAVIA, localizado a 17 km de Villavicencio, a $9^{\circ}6'$ de latitud norte y $73^{\circ}34'$, en condiciones de clima y suelo representativas del piedemonte llanero. En la altillanura colombiana se han desarrollado trabajos con el mismo enfoque en el C. I. Carimagua y en la Finca Experimental Taluma.

Clima

Las condiciones de clima influyen directamente en la respuesta de los sistemas ganaderos con sus componentes, suelo, planta y animal. Las lluvias activan todo el proceso de absorción de nutrientes y junto con el brillo solar ponen el funcionamiento el proceso fotosintético con ayuda de la temperatura y la humedad relativa, que permiten la producción de forrajes para la alimentación de los bovinos.



Precipitación

La época lluviosa comienza a finales de marzo y termina a mediados de diciembre, con un promedio anual de 2.585 mm, mientras que en los meses secos (diciembre, enero, febrero y marzo) el promedio anual de lluvias ha sido de 332 mm. En la figura 1 se presenta el promedio de precipitación de los últimos 30 años comparado con el promedio del año 2016 al 2022, donde se puede apreciar la misma tendencia en su comportamiento durante la mayoría de los meses; sin embargo, hubo una reducción en la precipitación en los últimos cuatro años, especialmente en junio y en los últimos cuatro meses del año. El mes más lluvioso fue mayo y el más seco fue enero. En la estación meteorológica del C. I. La Libertad se ha registrado un promedio en los últimos 30 años de 2.953 mm anuales, el cual se ha reducido a 2.882 en los últimos siete años.

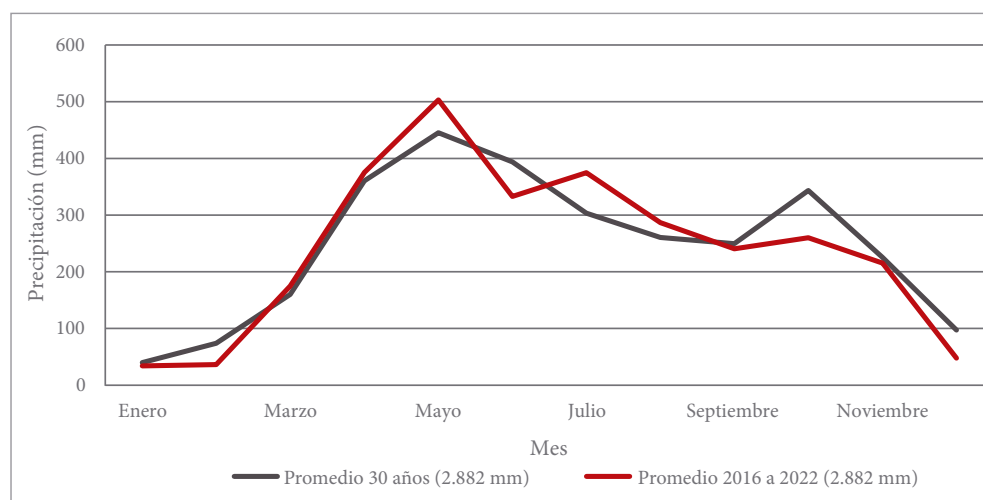


Figura 1. Precipitación pluvial en el piedemonte llanero, C. I. La Libertad: promedio de los últimos 30 años comparado con el promedio del 2016 al 2022.

Fuente: Estación meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), C. I. La Libertad

En los últimos años se han presentado algunas diferencias en la precipitación porque en los años 2018 y 2022 se obtuvieron 3.342 y 3.442 mm respectivamente, mientras que en 2019 y 2020 esta precipitación disminuyó a 2.604 y 2.533 mm respectivamente (figura 2).

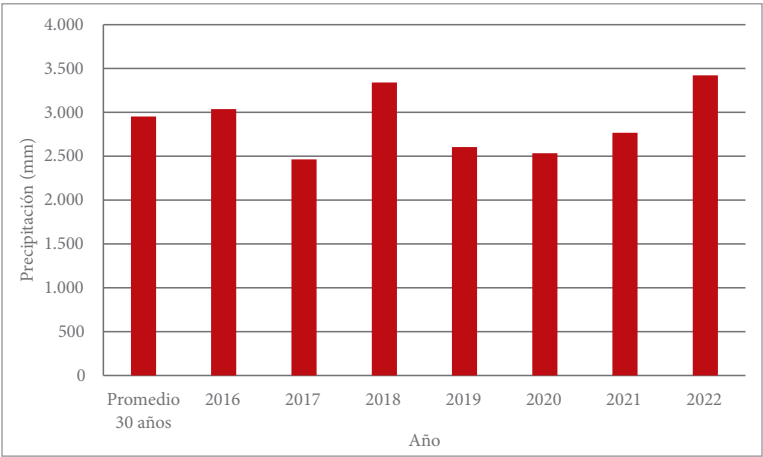


Figura 2. Precipitación anual durante los últimos 7 años comparada con el promedio de los últimos 30 años, piedemonte llanero, C. I. La Libertad.
Fuente: estación meteorológica del IDEAM, C. I. La Libertad

Temperatura

La temperatura ambiental promedio máxima ha alcanzado los 33 °C en el mes de febrero y el promedio durante el año ha sido de 31 °C. La temperatura mínima ha permanecido más estable durante todos los meses del año, con 22 °C, mientras que la temperatura ambiental promedio ha sido de 26,2 °C. Los meses secos y los meses del segundo semestre han sido los de mayor temperatura promedio. La figura 3 presenta la información de la temperatura ambiental promedio en los últimos 27 años.

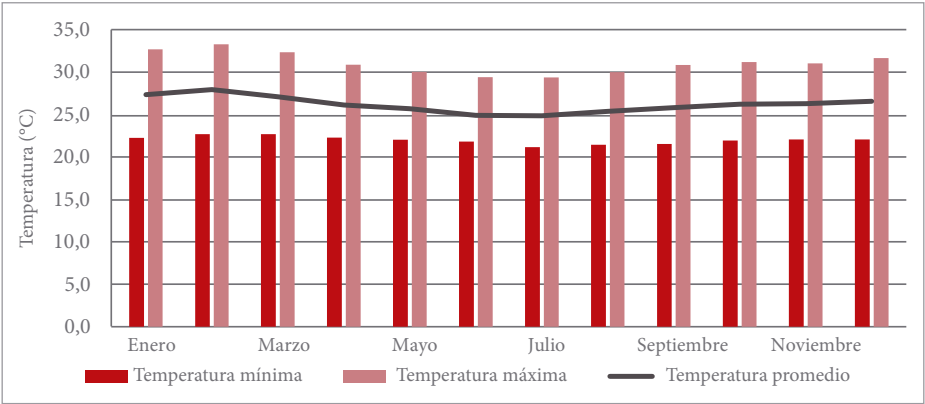


Figura 3. Temperatura ambiental en el piedemonte llanero, C. I. La Libertad.
Fuente: estación meteorológica del IDEAM, C. I. La Libertad

En los últimos siete años se ha presentado un incremento de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la temperatura máxima, que pasó de 31 a $31,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, y un incremento de $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la temperatura mínima, que tuvo un promedio de $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 27 años y aumentó a $22,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (figura 4).

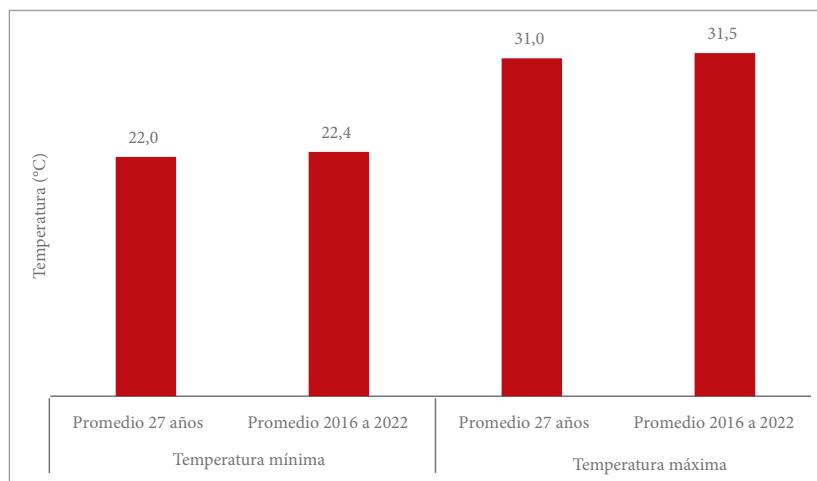


Figura 4. Temperatura ambiental promedio mínima y máxima de los últimos 7 años comparada con el promedio de los últimos 27 años, piedemonte llanero, C. I. La Libertad.

Fuente: estación meteorológica del IDEAM, C. I. La Libertad

Brillo solar

El piedemonte llanero, por su cercanía a la cordillera Oriental, se ha caracterizado por una alta nubosidad durante gran parte del año, lo cual ocasiona menor brillo solar en esta región. Durante los meses secos del año el brillo solar ha sido de 6,3 horas luz, mientras que en la época lluviosa es de 4,5 horas luz; sin embargo, en los últimos 7 años el brillo solar ha disminuido a 5,7 horas luz en los meses secos y ha aumentado a 4,6 horas luz en los meses lluviosos (figura 5). Este es un factor determinante en la producción vegetal y especialmente en las plantas C4, las cuales producen de acuerdo con la intensidad de luz o radiación solar, que está directamente relacionada con el brillo solar. Por consiguiente, las plantas que disponen de mayor brillo solar producirán más forraje, lo cual viene a ser un limitante en las condiciones del piedemonte llanero.

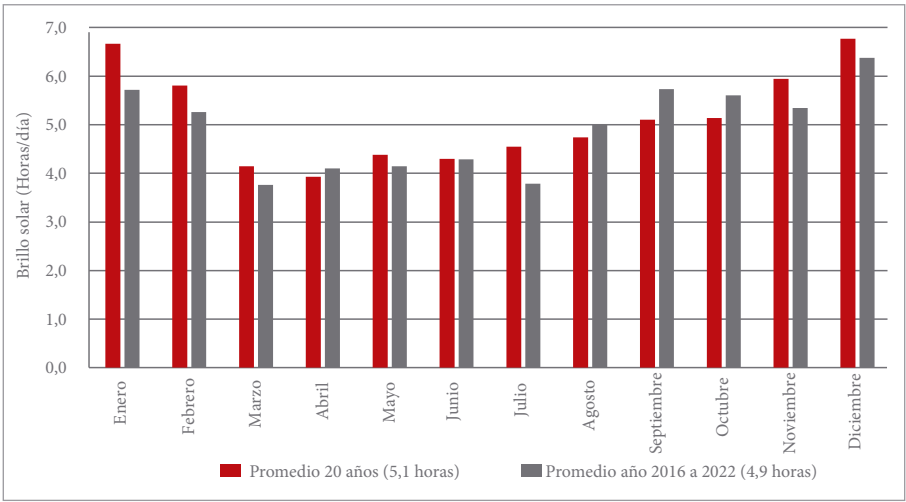


Figura 5. Brillo solar durante los últimos 7 años comparado con el promedio de 20 años, piedemonte llanero, C. I. La Libertad.
Fuente: estación meteorológica del IDEAM, C. I. La Libertad

En la figura 6 se puede apreciar una relación inversa entre la precipitación y el brillo solar porque el brillo solar es menor cuando se dispone de más agua, lo cual afecta en forma negativa la producción de forraje por disminución de la fotosíntesis y disminución del oxígeno en el suelo por alta saturación de humedad.

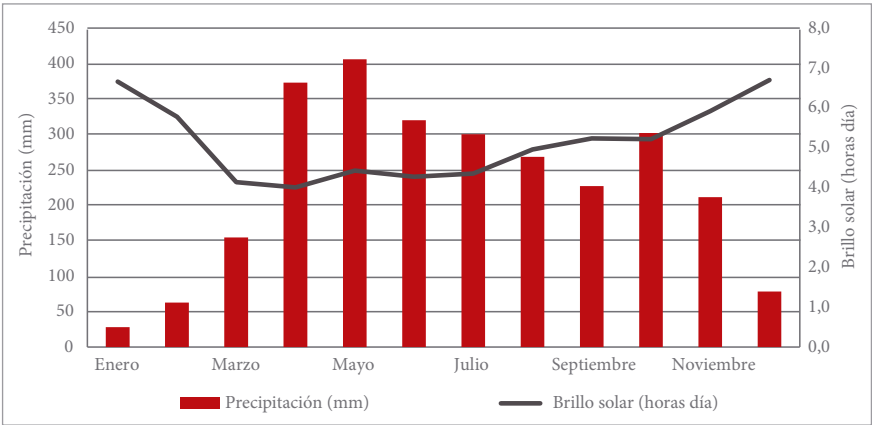


Figura 6. Precipitación y brillo solar promedio de los últimos 30 años en el piedemonte llanero, C. I. La Libertad.
Fuente: Elaboración propia

Humedad relativa

La humedad relativa ha tenido un promedio de 81 % en 30 años, mientras que en los últimos 7 años el promedio ha sido de 76 % (figura 7). En los meses secos (diciembre a marzo) se ha tenido un promedio de 68 %, mientras que en la época lluviosa ha sido de 81 %.

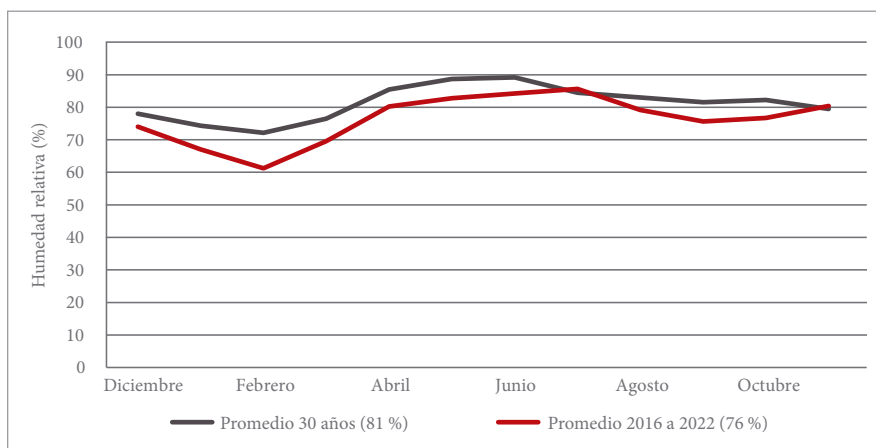


Figura 7. Humedad relativa promedio durante los últimos 7 años compara con el promedio de los últimos 30 años en el piedemonte llanero, C. I. La Libertad.

Fuente: estación meteorológica del IDEAM, C. I. La Libertad

Suelos y fertilización

Las características químicas de los suelos de cada potrero donde se ha realizado el sistema de pastoreo intensivo se presentan en la tabla 1, con las respectivas concentraciones de los elementos esenciales para el desarrollo de los pastos. No se presentaron diferencias en la concentración de los minerales analizados en los 12 potreros del sistema, lo cual demuestra la uniformidad en las características químicas de los suelos. El pH promedio fue de 4,8; la materia orgánica (MO) tuvo un promedio de 2,9 %; el fósforo (P), de 1,6 mg/kg; el azufre (S), de 2,9 mg/kg; el calcio (Ca), de 0,75 cmol/kg; el magnesio (Mg), de 0,11 cmol/kg, y el potasio (K), de 0,08 cmol/kg.

Tabla 1. Concentración de minerales de los suelos donde se realizó el sistema de pastoreo intensivo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Potreros	pH	Materia orgánica	P	S	Al	Ca	Mg	K
		%	Mg/kg	Cmol/kg				
1 a 4	4,85	2,78	1,48	2,81	1,31	0,71	0,1	0,075
5 a 8	4,91	2,95	1,67	3,27	1,13	0,71	0,1	0,087
9 a 12	4,83	3,1	1,53	2,77	1,21	0,82	0,12	0,09
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C. V. (%)	2,2	9,9	27,4	18,1	23,3	31,2	37,9	12,3
Promedio	4,9	2,9	1,6	3	1,2	0,75	0,11	0,08

Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de minerales en el suelo fueron inferiores a los requerimientos de los pastos menos exigentes en suelos ácidos (tabla 2), como el pasto Llanero, que son de 10 mg/kg de P, 20 mg/kg de S, 1 cmol/kg de Ca, 0,20 cmol/kg de Mg y 0,12 cmol/kg de K (Sánchez & Salinas, 1989; Mendes et al., 2004).

Tabla 2. Contenido de minerales que deben tener los suelos para el buen desarrollo de pastos en la Orinoquia colombiana

Mineral	Pastos menos exigentes (Decumbens, Humidicola, Llanero)	Pastos exigentes (Toledo, Mulato II, <i>Megathyrus maximus</i>)
P (mg/kg)	10	15
K (cmol/kg)	0,12	0,20
Ca (cmol/kg)	1,5	2,0
Mg (cmol/kg)	0,20	0,4
S (mg/kg)	20	25

Fuente: Mendes et al. (2004)

Para obtener un buen establecimiento del pasto y lograr un buen desarrollo en su estado inicial después de la siembra, se debe aplicar una fertilización en el momento de la siembra que cubra las deficiencias de minerales. Con la información obtenida en el análisis de suelos y los requerimientos del pasto, se puede tener conocimiento sobre las cantidades de los minerales presentes en el suelo y las que se deben aplicar en la fertilización (tabla 3). La diferencia entre los valores obtenidos en el laboratorio

y los requerimientos del pasto representa la deficiencia existente, la cual deberá ser cubierta en la fertilización de establecimiento.

Tabla 3. Ejemplo de la cantidad de minerales que se deben aplicar al suelo para cubrir las deficiencias y los requerimientos de *U. humidicola* cv. Llanero (densidad aparente de 1 g/cc)

Mineral	Valor análisis de suelos		Contenido del mineral en el suelo (kg/ha)*		Deficiencia** (kg/ha)
	Laboratorio	Requerido	Laboratorio	Requerido	
Fósforo	1,6 mg/kg	10 mg/kg	3,2	20	17
Calcio	0,75 cmol/kg	1,5 cmol/kg	300	600	300
Magnesio	0,11 cmol/kg	0,2 cmol/kg	26,4	48	22
Potasio	0,08 cmol/kg	0,12 cmol/kg	62,4	94	32
Azufre	3 mg/kg	20 mg/kg	6	40	34

* Factor de conversión: 1 mg/kg de fósforo equivale a 2 kg/ha, 1 cmol/kg de calcio equivale a 400 kg/ha, 1 cmol/kg de magnesio equivale a 240 kg/ha, 1 cmol/kg de potasio equivale a 780 kg/ha y 1 mg/kg de azufre equivale a 2 kg/ha.

** Cantidad del elemento para aplicar en la fertilización de establecimiento del pasto Llanero.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la información de la tabla 3, se hacen los cálculos de los fertilizantes que se deben aplicar en el momento de la siembra para cubrir las deficiencias de los minerales en el suelo. En la tabla 4 se reporta las cantidades que se deben aplicar: 500 kg/ha de escorias Thomas como fuente de Ca y P, 400 kg/ha de cal dolomítica como fuente de Ca y Mg, 250 kg/ha de yeso agrícola como fuente de Ca y S, y 65 kg/ha de cloruro de potasio como fuente de K. Como se puede apreciar, el total de cada mineral aplicado se acerca a las cantidades para cubrir las deficiencias.

Tabla 4. Fertilización en el momento de la siembra de acuerdo con el análisis de suelo y los requerimientos del pasto, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Fertilizante	Cantidad de fertilizante (kg/ha)	Mineral aplicado con el fertilizante (kg/ha)				
		P	Ca	Mg	K	S
Escorias Thomas	500	20	170			
Cal dolomítica	400		88	28		
Yeso agrícola	250		43			35
Cloruro de potasio	65				33	
Total aplicado	1.215	20	301	28	33	35

Fuente: Elaboración propia

Los abonos para la fertilización de establecimiento se pueden mezclar junto con la semilla del pasto y luego hacer su distribución en el lote con una encaladora.

Para que el sistema sea exitoso, según los resultados obtenidos, las condiciones de temperatura corresponden a un clima cálido con temperaturas superiores a 20 °C, precipitación entre 2.000 y 3.000 mm anuales y altitud sobre el nivel del mar de 0 a 2.000 m. La nutrición mineral de los pastos es un componente importante de este sistema y el suministro externo de nutrientes dependerá de la fertilidad natural de los suelos.

Para aumentar la producción de carne o leche bovina en los suelos de la Orinoquia colombiana, caracterizados por la baja concentración de minerales esenciales para el desarrollo de las plantas, incluyendo los pastos, es necesario hacer fertilización de establecimiento y de mantenimiento teniendo en cuenta el análisis químico de los suelos.

Referencias

- Mendes, E. L., da Silva, A. R., Monteiro, F. A., & de Andrade, L. R. (2004). Adubação potássica em forrajes. Em C. G. Silveira, J. C. de Moura, & V. P. de Faria (Eds.), *Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Anais do 21º Simposio sobre Manejo das Pastagens* (pp. 219-278). Fundación de Estudios Agrarios Luiz de Queiroz-FEALQ. <https://www.editoraufv.com.br/produto/fertilidade-do-solo-para-pastagens-produtivas/1109061/>
- Sánchez, P., & Salinas, J. (1989). *Tecnología de bajos insumos para el manejo de oxisoles y ultisoles en América tropical*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/200.pdf



Capítulo 2

Establecimiento y manejo del sistema

El manejo del pastoreo, en la mayoría de las fincas ganaderas de la región, se viene realizando con una cantidad de bovinos que no está de acuerdo con la disponibilidad de forraje en los potreros, lo cual ocasiona sobrepastoreo con efectos negativos en la capacidad de rebrote de los pastos y en la disponibilidad de forraje para los animales. Esto también contribuye a la baja fertilidad de los suelos, que se caracterizan por la deficiencia de minerales necesarios para la producción de forraje para la alimentación animal. Por tradición, a las praderas no se les aplica fertilización de mantenimiento y se obtienen ganancias de peso entre 300 y 400 g/animal/día con una capacidad de carga de 1,5 a 2,0 UA/ha (una unidad animal equivale a 400 kg de peso vivo), lo cual permite el desarrollo de una ganadería de baja productividad por degradación de las praderas (Rincón, 2006). Sin embargo, los indicadores productivos y reproductivos de la ganadería en la Orinoquia son más bajos debido al pastoreo en sabanas nativas, las cuales son quemadas periódicamente para la obtención de pastos tiernos (Rippstein et al., 2001), con una mejor calidad nutritiva en los primeros 30 días y acumulación de biomasa posteriormente por bajo consumo de los animales.

Las áreas dedicadas a la ganadería en la Orinoquia están constituidas en su mayoría por potreros sin árboles, producto de la tala de bosques para el establecimiento de cultivos, incluyendo los pastos. Como consecuencia de esta práctica, el ganado ha estado a libre exposición de los rayos solares, lo cual ocasiona estrés calórico con consecuencias en el rendimiento de carne y leche por los efectos directos de las altas temperaturas en el metabolismo, la tasa de fertilización y el desarrollo embrionario (Vélez & Uribe, 2010; Pardini & Nori, 2011). Al trabajar con el ganado cebú y sus cruces, es conveniente pensar en el confort del animal porque igualmente mejora su productividad y rentabilidad. Así mismo, la mejor y más efectiva manera de mitigar su impacto, incluso en la ganadería cebú, es el empleo de árboles para sombra en los potreros (Bueno, 2010). No debemos olvidar que el confort de los animales redunda en mayores niveles de producción e ingresos (Cedeño, 2011).

Características de los pastos

Los pastos que se pueden utilizar en este sistema son aquellos que han pasado por un proceso de investigación para luego obtener el registro del ICA y ser entregados a los productores. Estos pastos son el *Urochloa decumbens* cv. Decumbens, *Urochloa humidicola* cv. Llanero, *Urochloa humidicola* cv. Humidicola, *Urochloa brizantha* cv. Toledo y *Urochloa brizantha* cv. Marandú. También pueden ser utilizados los híbridos desarrollados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), como el pasto Mulato II y pasto Caimán. Para la selección del pasto es importante conocer sus características productivas y su rango de adaptación al clima y el suelo. Para la generación de este modelo productivo se utilizó el pasto *U. humidicola* cv. Llanero.

Características del pasto *Urochloa humidicola* cv. Llanero

El pasto *Urochloa humidicola* cv. Llanero entregado a los productores desde hace 35 años sigue siendo una de las mejores alternativas para los sistemas ganaderos de la Orinoquia. Se adapta a condiciones de suelos ácidos, con alta saturación de aluminio y baja concentración de los minerales esenciales para el desarrollo de las plantas. Tiene un crecimiento postrado e invasor que con su alta cobertura protege el suelo (figura 8) de la compactación por pisoteo del ganado (ICA, 1987).



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 8. Producción de estolones de pasto Llanero en fase de establecimiento.

El pasto Llanero se ha establecido con éxito en suelos arenosos y arcillosos de la Orinoquia, preferiblemente con buen drenaje; sin embargo, crece bien en suelos con saturación temporal de agua. Este pasto no es afectado por enfermedades y es tolerante al ataque del mión o salivazo de los pastos (*Aeneolamia* sp.), sin embargo, puede ser afectado por esta plaga en altas poblaciones favorecidas por condiciones de humedad y temperatura ocurridas en algunos años, daño que se manifiesta con amarillamiento y posterior necrosis de las hojas. Sin embargo, la planta se recupera con la emisión de nuevos rebrotes y producción de biomasa.

Con un manejo adecuado del pastoreo a una altura de corte de la planta por parte del bovino de 20 a 25 cm, la producción de forraje del pasto Llanero aumenta progresivamente. Su crecimiento es lento hasta los 21 días y posteriormente la producción se incrementa hasta 3.450 kgMS/ha a la edad de 56 días, con lo cual demuestra un comportamiento similar al Decumbens y superior al Humidicola (figura 9).

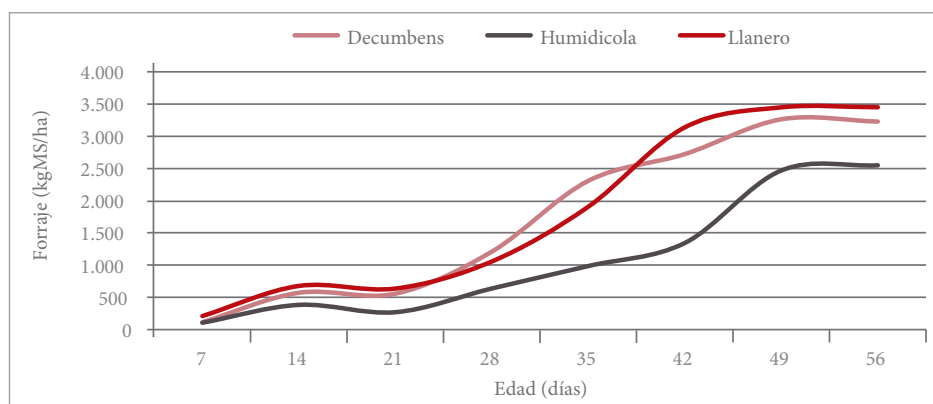


Figura 9. Producción de forraje de tres pastos desde los 7 hasta los 56 días de edad, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Fuente: Elaboración propia

La producción de forraje es inversamente proporcional a la calidad en términos de proteína cruda. A medida que aumenta la edad del pasto, su calidad nutricional disminuye y el tejido foliar se lignifica con aumento de la pared celular y disminución en el consumo por parte del animal, con efectos negativos en la productividad de carne o leche. Se recomienda que el pastoreo sea realizado entre los 28 y los 35 días de rebrote (figura 10).

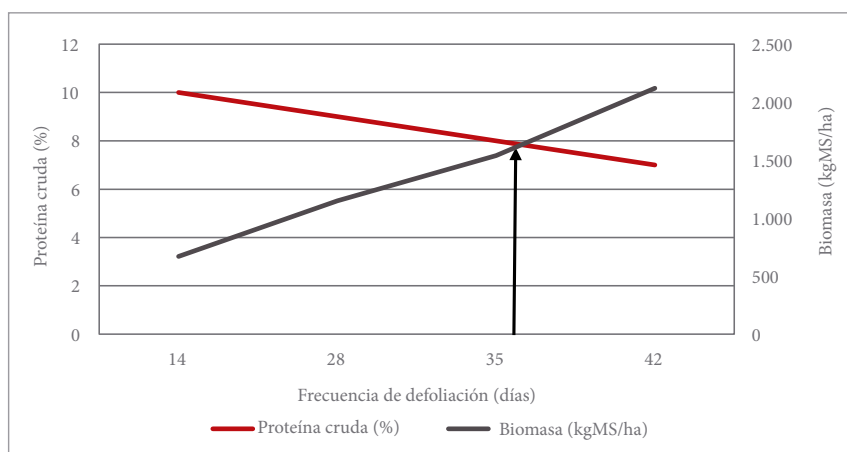


Figura 10. Producción de forraje y contenido de proteína cruda en *U. humidicola* cv. Llanero en cuatro frecuencias de defoliación, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Fuente: Elaboración propia

Los pastos realizan la fotosíntesis en las hojas mediante la captura de gas carbónico que, junto con la radiación solar, los minerales del suelo y el agua, se transforman en forraje para el alimento de los rumiantes. El área foliar de los pastos es diferente en cada especie. El pasto Toledo se caracteriza por tener hojas más anchas y largas, por consiguiente, el 89 % de sus hojas tienen un área foliar entre 31 y 120 cm². Lo contrario sucede con las hojas de Humidicola y Llanero porque más del 80 % de sus hojas tiene un área foliar de 1 a 15 cm². El pasto Decumbens tiene un tamaño de hoja intermedia, ya que el 96 % de sus hojas tienen un área foliar entre 6 y 75 cm² (tabla 5).

Tabla 5. Distribución porcentual del área foliar en 5 rangos de cuatro especies de *Urochloa*

Área foliar (cm ²)	Decumbens	Toledo	Llanero	Humidicola
	Proporción de hojas (%)			
1 a 5	4	0	2	21
6 a 15	18	2	82	79
16 a 30	58	9	15	0
31 a 75	20	57	0	0
76 a 120	0	32	0	0

Fuente: Elaboración propia

El menor tamaño de las hojas del pasto Humidicola es compensado con la mayor cantidad de hojas por metro cuadrado, que alcanza un valor de 4.000, mientras que el pasto Toledo, con hojas más grandes, tiene 1.206 hojas/m² y los pastos Decumbens y Llanero tiene un número de hojas de 2.000 y 1.800/m² respectivamente (figura 11).

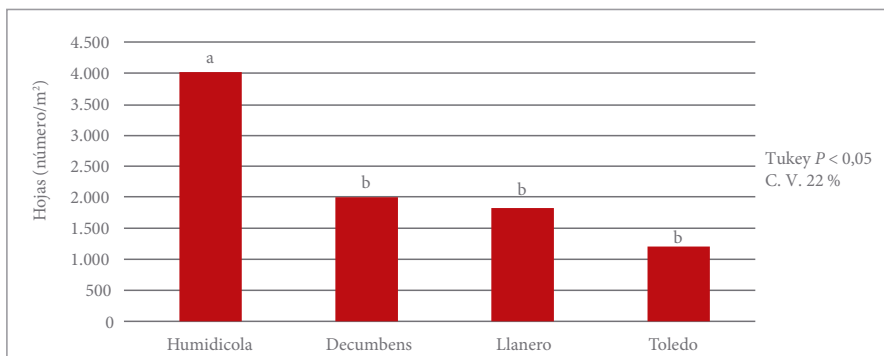


Figura 11. Cantidad de hojas en un metro cuadrado de cuatro especies de *Urochloa*, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Fuente: Elaboración propia

Establecimiento de los pastos

El establecimiento de los pastos se constituye en la inversión inicial para la producción de carne bovina en pastoreo intensivo. Es importante que desde un comienzo se cuente con pastos bien establecidos con alta población de plantas por área y buena cobertura del suelo. En el establecimiento de los pastos se tiene en cuenta la preparación de suelos, el control de otras especies, la siembra y fertilización de establecimiento y el control de las plagas, principalmente la hormiga arriera. El periodo de establecimiento puede demorar entre dos y tres meses, tiempo durante el cual se debe realizar la siembra de los árboles, la construcción de las cercas y la instalación de bebederos y saladeros.

Preparación de suelos

Antes de iniciar la labranza es necesario eliminar la biomasa vegetal presente en el potrero para lograr una mejor acción de los implementos en la preparación del suelo. Cuando el establecimiento del pasto se va a realizar a partir de praderas degradadas, debe hacerse sobrepastoreo, y cuando es a partir de sabana nativa, esta debe ser eliminada mediante guadaña o con quema controlada.

La preparación de suelos debe hacerse al comienzo de las lluvias, en la segunda quincena de marzo o durante todo el mes de abril. En los meses lluviosos (mayo hasta julio), el suelo no está en condiciones para la labranza por alta saturación de agua, lo cual dificulta las labores mecánicas y además se puede afectar la estructura del suelo. La preparación del suelo debe hacerse a una profundidad superior a 25 cm (figura 12), con implementos como cinceles o rastra pesada para tener las condiciones adecuadas para el desarrollo de raíces a mayor profundidad y para mejorar el drenaje interno del suelo. En zonas con alta presencia de malezas, la preparación de suelos debe hacerse en días soleados y ver la necesidad de hacer control con herbicidas antes de hacer la siembra del pasto.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 12. Preparación de suelos para la siembra de pasto Llanero, piedemonte del Meta.

Material de siembra

La siembra del pasto Llanero se puede hacer con semillas o con material vegetativo. La siembra con semillas se hace al voleo o en surcos procurando tener una población de 160.000 plantas/ha (con una distancia entre plantas de 25 cm). La densidad de siembra dependerá de la pureza y de la germinación de las semillas. En la tabla 6 se presenta la densidad de siembra cuando se tienen tres lotes de semilla con igual pureza de 90 % y una germinación variable de 50, 40 y 30 %. La cantidad de semillas en un kilo de pasto Llanero es de 193.000, la cual se reduce a 173.700 semillas cuando la pureza es del 90 %. Cuando la germinación es del 50 %, se obtienen 86.850 semillas que inician el proceso de germinación, de las cuales logran emergencia el 70 % (60.795 plantas), para lo cual se requieren 2,6 kg de semilla/ha. Haciendo el mismo análisis, la densidad de siembra se debe aumentar a 3,3 y 4,4 kg/ha cuando la semilla tiene 40 y 30 % de germinación con un 90 % de pureza. La densidad de siembra dependerá de la calidad de la semilla encontrada en el mercado, la cual deberá estar de acuerdo con la reglamentación del ICA (Resolución 3168 del 7 de diciembre de 2015).

Tabla 6. Densidad de siembra de pasto Llanero con una pureza de 90 % y tres valores de germinación de la semilla

Indicador	Germinación de la semilla (%)		
	50	40	30
Número de semillas por kilo (100 % pureza)	193.000	193.000	193.000
Número de semillas por kilo (90 % pureza)	173.700	173.700	173.700
Número de semillas que germinan	86.850	69.480	52.110
Número de plántulas que emergen (70 %)	60.795	48.636	36.477
Densidad de siembra (kg/ha)	2,6	3,3	4,4

Fuente: Elaboración propia

La siembra con material vegetativo se hace con cepas, ahoyando el sitio de siembra en forma manual y colocando cada cepa a una distancia de entre 30 y 50 cm. Para lograr un buen establecimiento, es indispensable hacerlo cuando el suelo esté húmedo y en días nublados para reducir la deshidratación del material vegetativo. Para sembrar una hectárea de pasto Llanero con cepas, se coloca cada cepa a una distancia de 0,5 m entre surcos y 0,5 m entre plantas, y se necesitan 20.000 cepas que pesan entre 3,5 y 4 toneladas.

Siembra y fertilización

Para hacer la siembra del pasto Llanero, se mezcla la semilla con los fertilizantes (como en el ejemplo de la tabla 4) y se distribuyen en el lote con la encaladora en surcos cada 15 cm (figura 13). Para el tapado de la semilla se le coloca una cadena pesada o un palo a la encaladora o posteriormente se pasan ramas para lograr un tapado superficial, ya que esta semilla, por su tamaño pequeño, no debe quedar a una profundidad superior a 2 cm. La semilla también puede ser distribuida al voleo en forma manual o con voleadora mecánica accionada por tractor.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 13. Siembra del pasto Llanero con encaladora.

Después de realizada la siembra del pasto, la germinación de las semillas comienza a los 7 días, contando con buena humedad del suelo. En este momento es importante estar pendiente de la presencia de hormiga que puede cortar las plántulas y afectar el establecimiento del pasto. Este control se realiza en forma localizada, con un insecticida, en los hormigueros. También es importante tener en cuenta la germinación de otras especies diferentes al pasto sembrado, que pueden hacer competencia y afectar el establecimiento de la pradera. En caso de presentarse este problema con especies de hoja ancha, debe hacerse un control mediante la aplicación de un herbicida específico. El desarrollo de arvenses es de común ocurrencia en zonas del piedemonte llanero y su mejor control es hacer buena preparación de suelos y aumentar la densidad de siembra del pasto en un 30 %. En caso de presentarse germinación de estas especies después de la preparación de suelos, se recomienda hacer otro pase de pulidor en día soleado o aplicar un herbicida antes de la siembra del pasto.

El primer pastoreo se puede realizar entre dos y tres meses después de la siembra. Durante este tiempo se debe realizar la adecuación de los porteros con cerca y bebederos, y además se deben sembrar los árboles.

Producción y calidad del forraje

La disponibilidad de forraje para los animales es la base para determinar la capacidad de carga animal que puede soportar una pradera sin llegar a su deterioro por sobrepastoreo. Por tradición, la disponibilidad de forraje en los potreros de la región no supera los 600 kgMS/ha cada 35 días, con una capacidad de carga de un animal/ha. La ventaja que se obtiene con la aplicación de fertilizantes que permitan mejorar la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo se ve reflejada en el aumento de la producción de forraje y de su calidad nutritiva. Las praderas fertilizadas presentan una disponibilidad de forraje promedio de 1.300 kgMS/ha en época lluviosa y 930 kgMS/ha en la época seca, cada 33 días. En las praderas fertilizadas se obtiene un incremento en la producción de forraje del 43 % en la época lluviosa y del 79% en la época seca con respecto a las praderas sin fertilizar. Otro aspecto importante para tener en cuenta en las praderas fertilizadas es la mejor calidad nutritiva, especialmente en la concentración de proteína cruda y la disminución de la fibra en el forraje, lo cual favorece la digestibilidad y el aprovechamiento por el animal (tabla 7).

Tabla 7. Producción y calidad del forraje de pasto Llanero con el manejo del sistema de pastoreo intensivo y en manejo tradicional, piedemonte llanero

Indicador	Pradera del sistema de pastoreo intensivo	Pradera de pastoreo tradicional
Cobertura (%)	100	90
Altura de planta antes de pastoreo (cm)	38	30
Altura de planta después de pastoreo (cm)	20	15
Producción de forraje en época lluviosa (kgMS/ha)	1.300	700
Producción de forraje en época seca (kgMS/ha)	930	400
Concentración de proteína (%)	10	7
Fibra en detergente neutro (%)	73	75
Fibra en detergente ácido (%)	35	37
Digestibilidad (%)	71	65

Fuente: Elaboración propia

Una de las principales ventajas que tiene el *Urochloa humidicola* cv. Llanero es la buena cobertura del suelo por el crecimiento postrado e invasor que tiene esta gramínea (ICA, 1987), característica que le permite cubrir todos los espacios del suelo y un mejor

aprovechamiento del área, con mayor disponibilidad de forraje para los animales. Por la buena cobertura del suelo que hace este pasto, se reduce la posibilidad de compactación por pisoteo del ganado y se evita la presencia de especies no forrajeras (figura 14).



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 14. Pasto Llanero con buena cobertura del suelo y alta disponibilidad de forraje, piedemonte llanero.

Para obtener pastos bien establecidos con alta población de plantas por área y buena cobertura del suelo, se deben poner en práctica las recomendaciones en la preparación de suelos, el uso de semilla de pasto de buena calidad, la época adecuada de siembra, aplicar la fertilización de establecimiento de acuerdo con el análisis del suelo y hacer control de otras especies. Este manual se enfoca en la utilización del pasto *Urochloa humidicola* cv. Llanero, pero pueden ser utilizados otros pastos adaptados a las condiciones de clima y suelo de la Orinoquia colombiana.

Establecimiento de los árboles para el bienestar de los animales

Las altas temperaturas y radiación solar de la Orinoquia colombiana hacen necesaria la implantación de árboles en los potreros para disminuir el estrés calórico en los bovinos. En trabajos desarrollados para la selección de especies arbóreas para introducirlas en potreros, permitieron el uso y recomendación de *Acacia mangium*, *Eucalyptus pellita* y *Gmelina arborea*, por el buen desarrollo que ofrece buen sombrío para el ganado; sin embargo, la *Acacia mangium* ha presentado problemas de mortalidad, especialmente en suelos con encharcamiento temporal, y la *Gmelina arborea* se defolia en época seca, cuando es importante el sombrío para los animales. Por su buena adaptación, rápido crecimiento y tolerancia a plagas y enfermedades se han seleccionado otras especies arbóreas para el piedemonte llanero como yopo (*Anadenanthera peregrina*), samán (*Albizia saman*), tambor (*Schizolobium parahyba*), ocobo (*Tabebuia rosea*) y cañafistol (*Cassia grandis*). En nueve especies evaluadas, estas sobresalieron por adquirir mayor altura en un tiempo más corto (figura 15) y por presentar mayor cobertura de copa (figura 16).

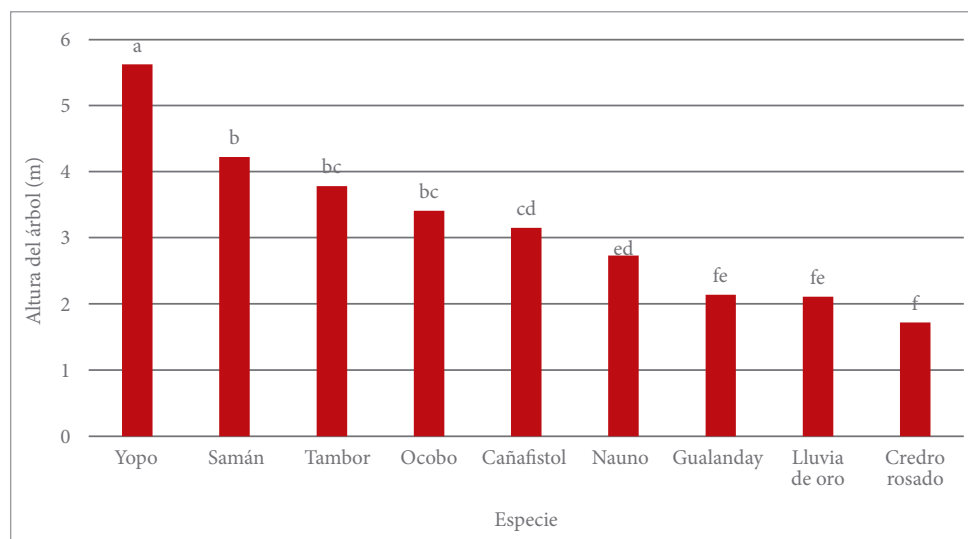


Figura 15. Altura de las especies arbóreas durante 14 meses de crecimiento, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Nota: los promedios en la barra con letras diferentes difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

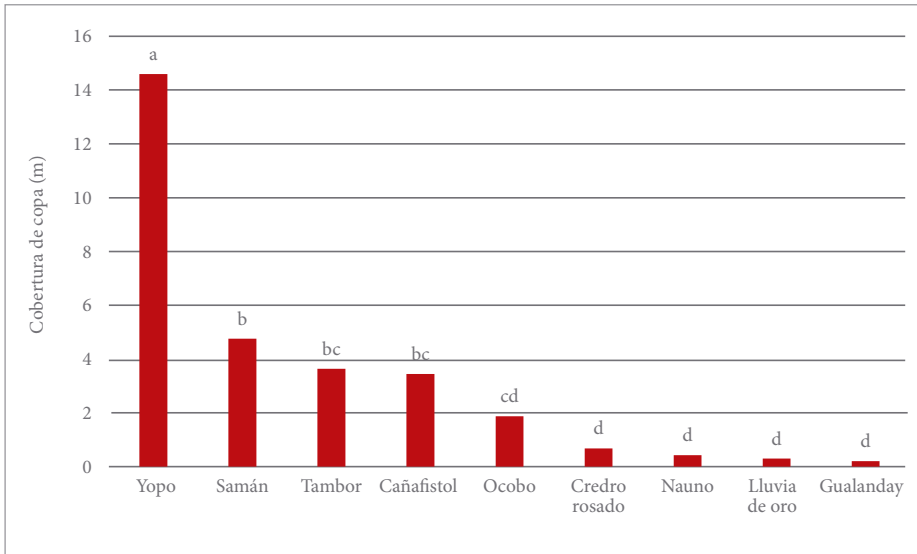


Figura 16. Cobertura de copa de especies arbóreas a los 22 meses de edad, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Nota: promedios en la barra con letras diferentes difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 17, 18, 19 y 20 se presentan cuatro árboles que pueden ser usados para sombrío en potreros, por su rápido crecimiento y buena cobertura de copa. Se recomienda sembrar estos árboles en forma alterna para tener diversidad de especies para el sombrío de los animales.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 17. Árbol de yopo a la edad de 15 meses en condiciones del piedemonte llanero, C. I. La Libertad.

Nombre científico	Anadenanthera peregrina
Nombre común	Yopo, yopa, cojoba, guahibo, niopo, carripaco
Familia	Fabaceae
Origen	América Central y América del Sur
Altura máxima (m)	20
Diámetro (cm)	50
Longevidad	Moderada (36 a 60 años)
Altura sobre el nivel del mar	0 a 2.000 m
Requerimiento de luminosidad	Alta
Tipo de suelo	Bien drenados, soporta suelos ácidos
Uso	Valor dendroenergético como fuente de leña y carbón vegetal, cercas vivas, barreras rompievientos y como árbol disperso en potreros

Fuente: Universidad EIA (2023a)



Figura 18. Árbol de cañafístol a la edad de 15 meses, C. I. La Libertad.

Foto: Álvaro Rincón Castillo Castillo

Nombre científico	Cassia grandis
Nombre común	cañafístula, cañafisto, cañafistol, cañafístulo
Familia	Fabaceae
Origen	Centro América y Sur América
Altura máxima (m)	20
Diámetro (cm)	70
Longevidad	Moderada (36 a 60 años)
Altura sobre el nivel del mar	0 a 2.000 m
Requerimiento de luminosidad	Alta
Tipo de suelo	Bien drenados, soporta suelos ácidos
Uso	Sombrío, postes para cerca, ebanistería

Fuente: Universidad EIA (2023a)



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 19. Árboles de samán a la edad de 15 meses en condiciones del piedemonte llanero, C. I. La Libertad.

Nombre científico	<i>Albizia saman</i>
Nombre común	Samán, campano
Familia	Fabaceae
Origen	América tropical
Altura máxima (m)	20
Diámetro (cm)	100
Densidad madera (g/cm³)	0,49
Longevidad	Alta (> 60 años)
Altura sobre el nivel del mar	0 a 2.000 m
Requerimiento de luminosidad	Alta
Tipo de suelo	Prefiere suelos aluviales profundos con buen drenaje y de neutros a ligeramente ácidos
Uso	Sombrío, ornamental, la madera se utiliza en ebanistería y construcción

Fuente: Universidad EIA (2023a)



Figura 20. Árboles de tambor a la edad de 15 meses.

Nombre científico	<i>Schizolobium parahyba</i>
Nombre común	Tambor
Familia	Fabaceae
Origen	América tropical
Altura máxima (m)	35
Diámetro (cm)	100
Longevidad	Media (36 a 60 años)
Altura sobre el nivel del mar	0 a 2.000 m
Requerimiento de luminosidad	Alta
Tipo de suelo	Bien drenados
Uso	Ornamental, restauración ecológica, artesanías, instrumentos musicales

Fuente: Universidad EIA (2023b)

Foto: Álvaro Rincón Castillo

Otro árbol que ha presentado buen comportamiento para su uso como sombrío en potreros es el *Eucalyptus pellita*, que se ha caracterizado por su rápido crecimiento y producción de madera que puede ser utilizada en las necesidades de la finca, evitando así la intervención y extracción de las especies de los bosques nativos.

Siembra de los árboles

Los árboles se pueden establecer en franjas de dos o tres surcos. En el caso de franja de dos surcos, esta puede tener un ancho de 10 metros a lo largo de los potreros. Los surcos de los árboles van separados a una distancia de 7 m y la distancia entre plantas es de 9 m. Los materiales arbóreos se establecen en forma alterna al “tres bolillo” para tener un bosque lineal diverso con cobertura de la leguminosa forrajera *Arachis pintoi* cv. Centauro, que servirá como fuente de proteína para los animales (Rincón, 2013). Se espera que, al cabo de 3 años de sembrados, se pueda quitar la cerca de protección y permitir la entrada de los animales para el aprovechamiento del sombrío y el forraje del *A. pintoi*. En la figura 21 se presenta un esquema de una franja de dos surcos con árboles de yopo, cañafistol y samán, pero se pueden utilizar más variedades de árboles. En 10 ha bajo este sistema se pueden establecer, en cada franja con una longitud de 232 m, 52 árboles (17 yopos + 17 cañafistol + 17 samán); por consiguiente, para las tres franjas establecidas en tres hectáreas se requieren 155 árboles. Durante el establecimiento de los árboles estos deberán estar protegidos con cercas para evitar en daño que pueden ocasionar los bovinos y afectar su desarrollo (figura 22).

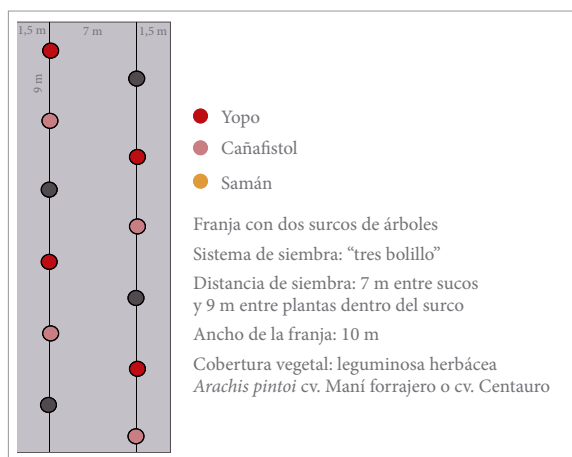


Figura 21. Esquema de una franja de árboles en potreros con dos surcos de tres variedades establecidos al “tres bolillo” en forma alterna.

Fuente: Rincón (2013)



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 22. Árboles en proceso de establecimiento en franjas, en áreas de pastoreo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Fertilización

La fertilización en el momento de la siembra de árboles debe hacerse para mejorar la nutrición del árbol, para que este tenga un rápido desarrollo y se pueda aprovechar la sombra en un tiempo corto. Se utilizan insumos de lenta solubilidad, como las escorias Thomas, la roca fosfórica, la cal dolomítica y el yeso agrícola, y fertilizantes de rápida disponibilidad, como el fosfato diamónico (DAP), el sulpomag y el borozinco. En la tabla 8 se presentan las cantidades requeridas para la fertilización de 155 árboles que se establecen en tres franjas con dos surcos de árboles cada una para una explotación en 10 ha. Estos insumos deben estar muy bien mezclados y, en el momento de la siembra, aplicar por cada sitio 400 g que deben ser mezclados con la tierra que se saca del sitio donde se sembrará el árbol.

Tabla 8. Fertilización para el establecimiento y mantenimiento de los 155 árboles en tres franjas de árboles establecidas en 10 ha

Insumo	Para 155 árboles en 232 m de tres franjas en 10 ha	
	Fertilización de establecimiento (kg)	Fertilización de mantenimiento (kg)
Escorias Thomas	20	-
Cal dolomítica	20	-
Yeso agrícola	8	-
Fosfato diamónico	8	12
Sulpomag	8	12
Borozinco	2	-
Total	66	24
Fertilización por árbol	0,400	0,150

Fuente: Elaboración propia

La fertilización de mantenimiento se inicia dos meses después de la siembra aplicando en corona 150 g de una mezcla de fosfato diamónico y sulpomag. Se debe repetir cada dos meses durante el primer año, lo que asegura un desarrollo rápido y vigoroso del árbol. Las fuentes de los minerales pueden variar teniendo en cuenta las concentraciones de los elementos y la cantidad recomendada (Rincón, 2013).

Establecimiento de la cobertura de *Arachis pinto* cv. Centauro

La cobertura vegetal de la leguminosa herbácea *Arachis pinto* se establece para que el bovino tenga una zona de pastoreo de buena calidad nutritiva bajo los árboles. Esta leguminosa se caracteriza por su crecimiento postrado, buena concentración de proteína con un promedio del 20 %, alto consumo por el animal y tolerancia a sombrío moderado (Rincón et al., 2020; Rincón et al., 1992). La leguminosa se puede establecer con material vegetativo colocando tres a cuatro trozos de tallo en cada sitio de siembra a una distancia de entre 50 y 100 cm entre plantas. Su establecimiento es rápido porque a los 3 meses después de la siembra la leguminosa presenta una cobertura del 100 %, la cual se conserva después de varios años de pastoreo (figura 23). Para que el desarrollo de la leguminosa no se vea afectado por un alto sombrío que impida la entrada de luz

solar, los árboles deberán ser establecidos a las distancias ya recomendadas: 7 m entre surcos y 9 a 10 m entre plantas. Con mayores densidades de árboles, la leguminosa se verá afectada y podría desaparecer.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 23. Franja de árboles con cobertura de *Arachis pintoi* a los 3 años de sembrada, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Los árboles utilizados para el sombrío de los bovinos en los potreros deben ser adaptados a las condiciones de clima y suelo de la Orinoquia colombiana, es decir, ser de rápido establecimiento, alta persistencia y tolerantes a plagas y enfermedades. Así mismo, deben ser establecidos a una distancia de entre 7 y 10 m que permita el paso de luz solar para las especies forrajeras que se desarrollan debajo de ellos. Igualmente, deben ser fertilizados y protegidos con cerca para que a la edad de 3 años tengan una altura mayor a 5 m y se pueda permitir el ingreso de los animales.

Infraestructura para el manejo del pastoreo

Después de establecido el pasto es necesario adecuar el área para el manejo de los animales, que consiste en la división de potreros y el establecimiento de bebederos y saladeros. Esta inversión inicial en infraestructura es indispensable para el buen manejo de los pastos y de los animales y para obtener buenos resultados en productividad de carne o leche bovina.

División de potreros

Se recomienda la división de potreros para hacer un pastoreo rotacional, con un periodo de descanso de entre 28 y 35 días y un periodo de ocupación que dependerá de la cantidad de potreros. Para un buen manejo del pastoreo y lograr un mejor aprovechamiento del forraje por los animales, los potreros pueden tener un área entre 0,6 y 1,2 ha (tabla 9). Sin embargo, en fincas más grandes esta área puede aumentar.

Tabla 9. Pastoreo rotacional con periodos de ocupación y de descanso de acuerdo con el número de potreros en un área de 10 ha

Sistema rotacional	Área del potrero (ha)	Número de potreros	Días de ocupación	Días de descanso
1	0,6	16	2	30
2	0,8	12	3	33
3	1,0	10	3	28
4	1,25	8	4	28

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, en un área de 10 ha dividida con cerca eléctrica o de púas en 12 potreros de 0,8 ha cada uno (figura 24), se puede hacer un pastoreo rotacional con un periodo de ocupación de 3 días y un periodo de descanso de 33 días.

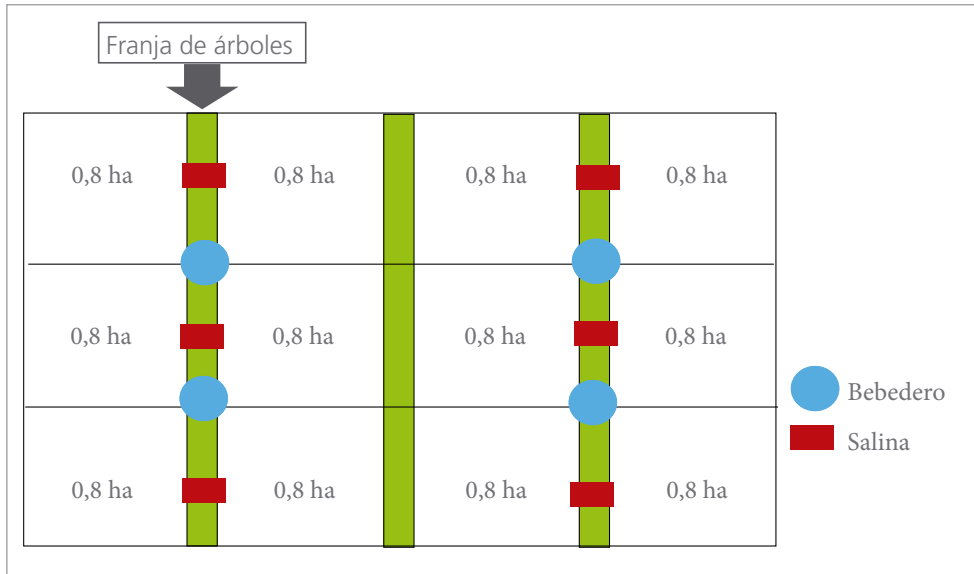


Figura 24. Ejemplo de un área de 10 ha dividida en 12 potreros con un área de 0,8 ha cada uno y con tres franjas de árboles para sombrío del ganado.

Fuente: Elaboración propia

Instalación de bebederos y saladeros

Atendiendo las recomendaciones de las buenas prácticas ganaderas de la Resolución del ICA n.º 067449 de 2020, el ganado no puede acceder a fuentes naturales de agua como caños, ríos, lagos, lagunas, etc. El agua que se utiliza para las necesidades de los animales se tiene en tanques de almacenamiento y la fuente de suministro es el acueducto o pozos profundos. El agua deberá llegar a cada potrero a través de tubería de PVC o manguera de polipropileno para consumo de los animales en bebederos ubicados en sitios que sirvan para varios potreros (figura 25). Esta agua debe ser pura y se debe revisar permanentemente la higiene de los bebederos. Los saladeros se ubican para que los animales tengan acceso a la sal mineralizada en todos los potreros a donde van rotando. Estos saladeros deben proteger a la sal de la lluvia y del sol (figura 19). En el ejemplo de la figura 24, para 10 ha donde pastan 50 novillos se tiene cuatro bebederos y seis saladeros. Los animales deben disponer a voluntad de sal mineralizada con el 4 % de fósforo y hay que realizar los respectivos controles sanitarios como vacunaciones, vermifugaciones y baños, de acuerdo con los cronogramas de la región.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 25. Bebedero plástico con capacidad para 1.000 litros de agua.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 26. Saladero en la división de potreros.

Principios básicos para el manejo del pastoreo intensivo

1. Pastos bien establecidos con buena cobertura del suelo.
2. Fertilización anual de mantenimiento para suplir las deficiencias de minerales en el suelo.
3. Incrementar la disponibilidad de forraje a más de 1.300 kgMS/ha y la concentración de proteína cruda a más del 10 %.
4. Hacer división de potreros para un pastoreo rotacional. Por ejemplo, en 10 ha divididas en 12 potreros de 0,8 ha c/u, se recomienda un pastoreo rotacional con 3 días de ocupación y 33 días de descanso.
5. Evitar el sobrepastoreo. En pasto Llanero, retirar los animales cuando el pasto tenga una altura de entre 20 y 25 cm.
6. Establecer árboles y banco de proteína para el confort de los animales.
7. Para el pastoreo, utilizar animales de buena genética, que hayan tenido buen manejo en el destete y el posdestete.

Manejo de los pastos con el animal

La productividad y sostenibilidad del sistema ganadero está directamente relacionada con el manejo del pastoreo. Las praderas pueden tener un establecimiento exitoso, pero esta inversión se puede llegar a perder en corto tiempo por un manejo inadecuado. Los pastos son plantas perennes que deben durar muchos años produciendo buen forraje para un buen rendimiento de carne o leche.

Altura de pastoreo

La altura de pastoreo debe estar de acuerdo con el hábito de crecimiento de los pastos (tabla 10). Los pastos de crecimiento erecto o semierecto, como Toledo y Decumbens, deberán ser pastoreados a una altura de 30 y 25 cm respectivamente, mientras que los pastos de crecimiento postrado e invasor, como el Llanero y el Humidicola, soportan un pastoreo a una altura de 20 cm. Esto obedece a que los pastos de crecimiento en matojos tienen sus reservas nutritivas en los tallos (figura 27), mientras que en los de crecimiento postrado se localizan en los estolones y coronas (Rincón, 2011; Rincón et al., 2008). Cuando se hace sobrepastoreo, los animales consumen los sitios donde se encuentran las reservas nutritivas que favorecen el rebrote de los pastos. Por otra parte, cuando el animal consume toda el área foliar, los pastos se ven limitados en la producción de forraje porque no pueden hacer fotosíntesis por la falta de hojas, lo cual hace necesario un mayor tiempo de descanso de las praderas para lograr una

oferta aceptable de forraje para los animales. Las praderas sobrepastoreadas del pasto Llanero pueden requerir entre 60 y 90 días de descanso para que los animales regresen al pastoreo, lo cual afecta el manejo rotacional del pastoreo.

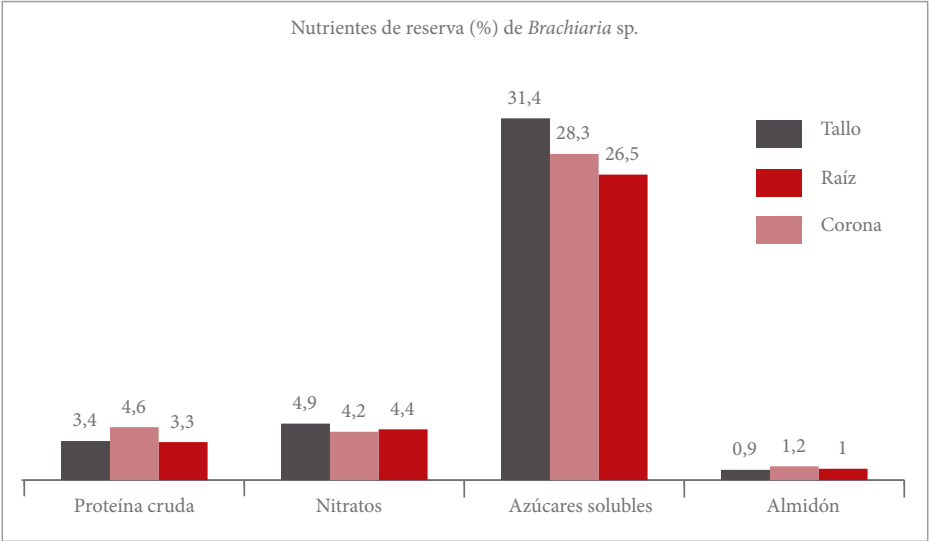


Figura 27. Nutrientes de reserva en tallos, corona y raíz del pasto *U. brizantha* cv. Toledo.
Fuente: Rincón et al. (2008)

Tabla 10. Periodo de descanso y altura de pastoreo recomendada para diferentes pastos

Pasto	Periodo de descanso (días)	Altura de pastoreo (cm)
Llanero, Humidicola	28-35	20
Decumbens, Mulato	28-40	25
Toledo, Mombasa	20-30	30

Fuente: Rincón (2011)

El tiempo adecuado para que el pasto produzca nuevos brotes y presente alta disponibilidad de forraje de buena calidad está entre los 25 y los 35 días, lo cual depende de la fertilidad de los suelos y de la altura de pastoreo a la que han sido sometidos los potreros (Rincón Castillo & Jaramillo Salazar, 2010). En suelos más fértiles, el pasto se recupera más rápido y produce más forraje. El aumento de la edad de rebrote o periodo de descanso del pasto provoca cambios significativos en los componentes solubles, estructurales y la digestibilidad de los pastos, lo cual hace

que su valor nutritivo disminuya con el avance de la edad, y este efecto llega a ser mayor en las gramíneas que en las leguminosas. Por otra parte, los pastos que han sido sobre pastoreados requieren un descanso de 45 a 60 días para su recuperación.

En las gramíneas forrajeras de clima cálido es importante el balance entre producción de biomasa y calidad del forraje, especialmente con relación al contenido de proteína. Por la capacidad que tienen estas especies de producir biomasa y transformar la energía del sol en energía química acumulada en la pared celular, a mayor edad de la planta se produce mayor cantidad de forraje sobremaduro, con altos contenidos de fibra y menores contenidos de proteína cruda. Existe una relación inversa entre la producción de biomasa y la concentración de proteína cruda de los pastos tropicales. Los pastos cosechados a temprana edad contienen buena concentración de proteína, pero la disponibilidad de biomasa es baja, mientras que los pastos cosechados muy maduros producen bastante forraje, pero de menor calidad, por lo cual es importante buscar un adecuado balance entre el rendimiento de forraje y la calidad nutritiva que permita una buena respuesta en la producción animal.

Carga animal

Teniendo en cuenta que la carga animal se ajusta de acuerdo con la disponibilidad de forraje, la alta disponibilidad de forraje en época lluviosa en el sistema de pastoreo intensivo ha permitido tener al inicio del pastoreo, en el mes de abril, 1.400 kg/ha de peso vivo (5 animales con un peso promedio de 280 kg/animal), que equivale a 3,5 UA/ha (una unidad animal equivale a 400 kg de peso vivo), lo cual se incrementa con el paso del tiempo y llega a un peso de 2.548 kg/ha (5 animales con un peso promedio de 510 kg/animal), que equivale a 6,4 UA/ha a los 9 meses de pastoreo (figuras 28 y 29), y coincide con la finalización de la época lluviosa en el mes de diciembre (tabla 11). Teniendo en consideración que en el mes siguiente (enero) inicia la época seca y la producción de forraje disminuye, la carga animal deberá reducirse al menos en un 50 %. Esto se ha logrado sacando a sacrificio los animales más pesados (> 500 kg/ha) y dejando los más livianos para que continúen el pastoreo. En caso de tener todos los animales en condiciones para el sacrificio a finales de la época lluviosa, se puede iniciar un nuevo ciclo de pastoreo en abril del año siguiente (inicio de la época lluviosa) con un nuevo grupo de animales con un peso promedio de 260 a 280 kg/animal.

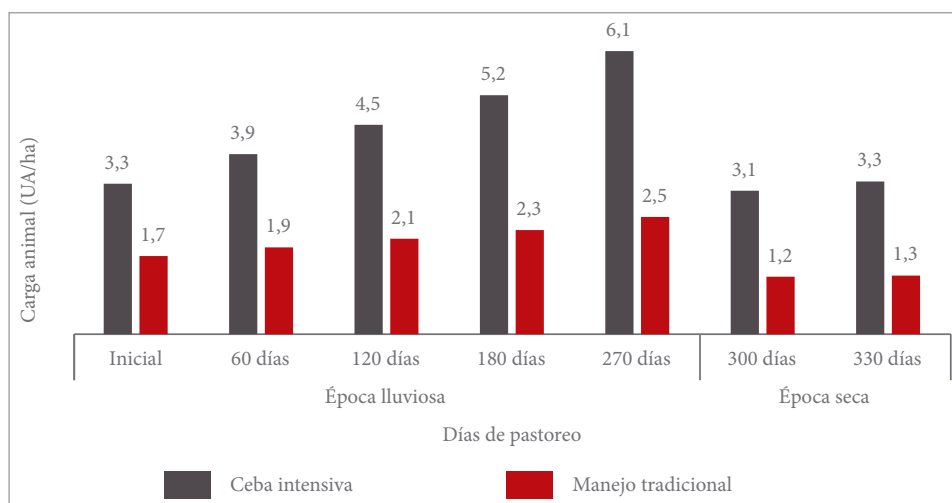


Figura 28. Evolución de la carga animal (UA/ha) en *U. humidicola* cv. Llanero durante el periodo de ceba intensiva y manejo tradicional, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Nota: 1 UA equivale a 400 kg de peso vivo.

Fuente: Elaboración propia

El aumento de la carga animal en el sistema de pastoreo intensivo es uno de los aspectos más importantes que contribuye al incremento de la productividad animal, si se tiene en cuenta que la carga animal promedio en la región con el manejo de ceba tradicional es de 2,0 UA/ha en época lluviosa y 1,0 UA/ha en época seca.



Foto: Alvaro Rincón Castillo

Figura 29. Bovinos bajo pastoreo con carga animal alta de acuerdo con la disponibilidad de forraje.

Ganancia de peso animal

Se recomienda iniciar el pastoreo al comienzo de las lluvias, en el mes de abril, con 50 novillos en 10 ha, con un peso promedio de 280 kg/animal. La ganancia diaria promedio que se ha obtenido durante 5 años es de 850 g/animal/día (25,5 kg/mes), mientras que en la ceba tradicional se han obtenido 500 g/animal/día, por consiguiente, de abril a diciembre, que corresponde al periodo lluvioso, un animal en pastoreo intensivo tiene una ganancia de peso de 230 kg y alcanza un peso final de 510 kg/animal, de modo que están listos para el sacrificio después de 9 meses de pastoreo (tabla 11). En el pastoreo tradicional la ganancia de peso es de 135 kg/animal y al final de diciembre el peso total es de 415 kg/animal, por lo cual hacen falta otros 6 meses de pastoreo para alcanzar los 510 kg/animal.

La producción total de carne de los 5 animales en pastoreo intensivo durante los 9 meses es de 1.148 kg/ha, superior a lo obtenido en el pastoreo tradicional, que es de 270 kg/ha; por consiguiente, un ganadero con 50 novillos en 10 ha puede obtener 11,5 toneladas de carne en menos de un año.

Tabla 11. Productividad de carne bovina de novillos en pastoreo intensivo y en pastoreo tradicional, C. I. La Libertad, piedemonte llanero, año 2024

Indicador	Ceba intensiva	Ceba tradicional
Producción de forraje (kgMS/ha)	1.600	900
Contenido de proteína cruda (%)	10	8
Capacidad de carga en época lluviosa (UA/ha). (1 UA = 400 kg peso vivo)	5	2
Capacidad de carga en época seca (UA/ha)	2,5	1
Ganancia de peso promedio (g/animal/día)	850	500
Productividad de carne (kg/ha/año)	1.148	270
Valor de la carne producida (\$/ha) \$8.000/kg	9.180.000	2.160.000
Costo de establecimiento del sistema (\$/ha)	578.000	519.909
Costos de fertilización mantenimiento y manejo animal (\$/ha)	1.818.000	269.000
Costo total (\$/ha)	2.396.000	788.909
Ingreso neto (\$/ha)	6.784.000	1.371.091

Fuente: Elaboración propia

En caso de iniciar el pastoreo con animales con menos peso, el periodo de ceba incluirá la época seca del año siguiente. Por la disminución de la disponibilidad de forraje en la época seca, se requiere suplementar diariamente con 5 a 10 kg/animal de ensilaje de maíz o sorgo. De no ser posible dar el suplemento, es necesario disminuir la carga animal en un 50 %. En el ejemplo de pastoreo con 50 novillos en 10 ha, en algunos casos se ha iniciado la ceba con un peso inicial de entre 260 y 280 kg/animal, de esta forma el 50 % de los animales finalizan ceba a finales de la época lluviosa y el otro 50 % continúa el pastoreo durante la época seca, con ganancias diarias de entre 600 y 700 g/animal, hasta alcanzar el peso a sacrificio.

Con alta disponibilidad y calidad del forraje, la capacidad de carga en las praderas con manejo intensivo de pastoreo se incrementa entre 1.600 y 2.000 kg/ha de peso vivo y la ganancia de peso animal es de 850 g/animal/día. En las praderas con manejo tradicional la capacidad de carga es de 500 a 600 kg/ha de peso vivo y la ganancia diaria de peso es de 500 g/animal/día.

Para sostener 50 novillos de 400 kg/animal en el sistema tradicional se necesitan 27 ha, mientras que en el sistema de pastoreo intensivo se requieren 10 ha.

En Colombia hay 29 millones de cabezas en 30 millones de ha. Con el sistema del C. I. La Libertad, los 29 millones de cabezas se pueden sostener en 10 millones de ha y 70 millones de cabezas se pueden sostener en 30 millones de ha.

Producción de carne bovina en pastoreo intensivo en la altillanura en áreas pequeñas

El sistema de pastoreo intensivo en condiciones de la altillanura colombiana se ha evaluado en la Finca Experimental Taluma y en el Centro de Investigación Carimagua. Este sistema se ha desarrollado en un área de 1,8 ha y se presenta como una demostración para pequeños productores. Las 1,8 ha se dividieron en 12 potreros con un área de 1.500 m² cada uno, donde se ha realizado un pastoreo rotacional con 3 días de ocupación y 33 días de descanso.

Ceba de novillos en la altillanura

Este trabajo se ha desarrollado en la Finca Experimental Taluma de AGROSAVIA, en una pradera con un área de 1,8 ha de pasto Humidicola. Desde agosto del año 2018

hasta diciembre de 2022, fueron cebados en pastoreo rotacional cuatro grupos de animales conformados por 10 novillos cada uno. La carga animal inicial promedio fue de 1.760 kg/ha (4,4 UA/ha) y la carga final llegó a 2.439 kg/ha (6,1 UA/ha), lo cual resulta ser superior a la carga animal en la región, que no supera los 500 kg/ha (1,2 UA/ha); por consiguiente, se incrementó 5 veces. La ganancia de peso animal ha fluctuado entre 332 y 622 g/animal/día, con un promedio de 458 g/animal/día (tabla 12).

Tabla 12. Producción de carne bovina en pastoreo intensivo en cuatro grupos de novillos en la altillanura colombiana, Finca Experimental Taluma

Indicador	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Promedio
Inicio periodo de pastoreo	16/08/2018	27/08/2020	5/05/2021	1/04/2022	
Fin periodo de pastoreo	27/08/2020	17/03/2021	22/10/2021	13/12/2022	
Área (ha)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Cantidad de animales	10	10	10	10	10
Peso inicial (kg/animal)	224	375	311	357	317
Peso final (kg/animal)	446	445	406	460	439
Peso total inicial en 1,8 ha (kg)	2.242	3.750	3.110	3.570	3.168
Peso total final en 1,8 ha (kg)	4.460	4.450	4.060	4.600	4.393
Carga animal inicial (kg/ha)	1.245	2.081	1.729	1.983	1.760
Carga animal final (kg/ha)	2.477	2.469	2.255	2.556	2.439
Carga animal inicial (UA/ha)	3,1	5,2	4,3	5	4,4
Carga animal final (UA/ha)	6,2	6,2	5,6	6,4	6,1
Periodo de pastoreo (días)	647	196	194	268	326
Ganancia de peso en el periodo (kg/1,8 ha)	2.218	700	947	1.031	1.224
Ganancia de peso diaria (kg/animal)	0,332	0,435	0,622	0,444	0,458
Productividad de carne (kg/ha/año)	606	794	1135	810	836
Valor de 1 kg de carne en pie (año 2023)	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Ingreso por venta de la carne producida (\$/ha/año)	4.847.200	6.351.000	9.081.200	6.482.400	6.690.450
Costos (\$/ha)	2.979.000	2.979.000	2.979.000	2.979.000	2.979.000
Ingreso neto (\$/ha/año)	1.868.200	3.372.000	6.102.200	3.503.400	3.711.450

Fuente: Elaboración propia

En esta pequeña área de 1,8 ha se ha obtenido una productividad de carne de entre 606 y 1.135 kg/ha/año, con un promedio de 836 kg/ha/año, lo cual indica que la productividad ha aumentado 4,7 veces con respecto a la que se obtiene en el pastoreo tradicional, que es de 175 kg/ha/año (figura 30).

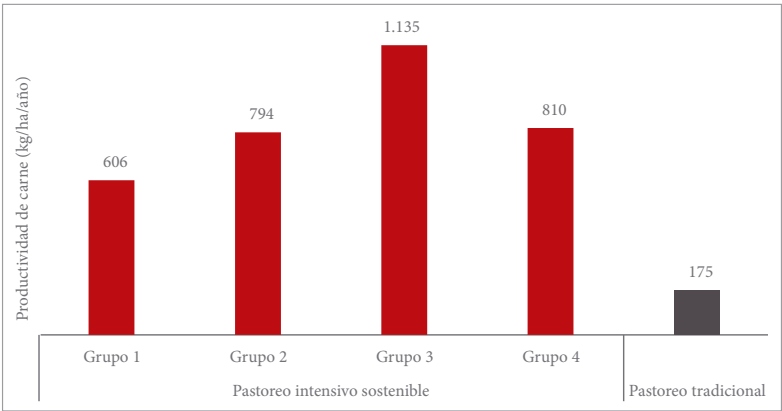


Figura 30. Productividad de carne bovina en pastoreo intensivo sostenible comparada con la productividad en pastoreo tradicional en la altillanura colombiana.

Fuente: Elaboración propia

Los costos ocasionados por la ejecución de la ceba de bovinos están representados por la fertilización, el manejo de los potreros y el manejo animal (tabla 13). Estos costos totalizan \$2.970.000/ha en el año 2023, que equivalen a USD 707,1 (un dólar equivale a 4.200 pesos colombianos).

Tabla 13. Costos de mantenimiento de praderas y manejo animal en pastoreo intensivo, año 2023, Finca Experimental Taluma, altillanura plana del Meta

Fertilización y manejo animal	Cantidad (ha)	Valor unitario (\$)	Valor total (\$/ha)
Urea (bulto/50 kg)	6	200.000	1.200.000
DAP (bulto/50 kg)	2	230.000	460.000
KCl (bulto/50 kg)	2	220.000	440.000
Kieserita (bulto/50 kg)	2	120.000	240.000
Aplicación manual (jornal)	1	65.000	65.000
Mantenimiento de potreros y cercas (jornal)	1	65.000	65.000
Manejo sanitario animal	5	100.000	500.000
Total			2.970.000

Fuente: Elaboración propia

Pastoreo intensivo con novillas en la altillanura colombiana

El pastoreo intensivo con novillas fue realizado en el Centro de Investigación Carimagua de AGROSAVIA. El pastoreo con 12 novillas F1 SM × C en 1,8 ha se inició el 12 de mayo de 2020 y finalizó el 13 de abril de 2021, para un total de 330 días de pastoreo. En junio de 2021 se inició el pastoreo con otro grupo de novillas que finalizó en septiembre de 2022. El pastoreo se realizó en 12 potreros (6 potreros con pasto *U. brizantha* cv. Caporal y 6 potreros con *U. brizantha* cv. Marandú), con un periodo de ocupación que fluctuó entre 2 y 3 días y un periodo de descanso que estuvo entre los 22 y los 33 días dependiendo de la disponibilidad de forraje. Los animales del primer grupo iniciaron el pastoreo con un peso inicial promedio de 213 kg/animal y una edad de 18,4 meses y finalizaron con un peso promedio de 355 kg/animal y una edad de 29,4 meses (figura 31).

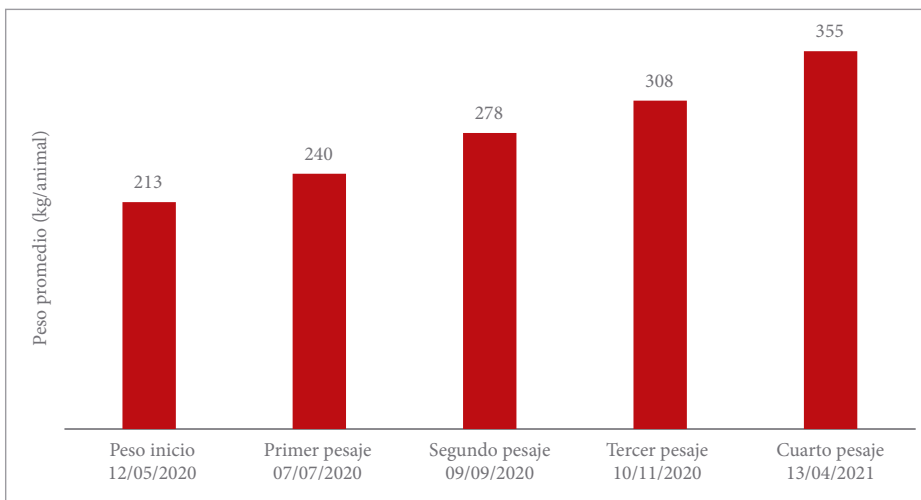


Figura 31. Evolución del peso promedio de las novillas en pastoreo intensivo durante 330 días en el C. I. Carimagua.

Fuente: Elaboración propia

El peso de las 12 novillas en pastoreo intensivo en las 1,8 ha inició con un total de 2.553 kg y finalizó en abril de 2021 con 4.254 kg, por consiguiente, la ganancia de peso obtenida fue de 1.700 kg durante los 330 días de pastoreo (figura 32).

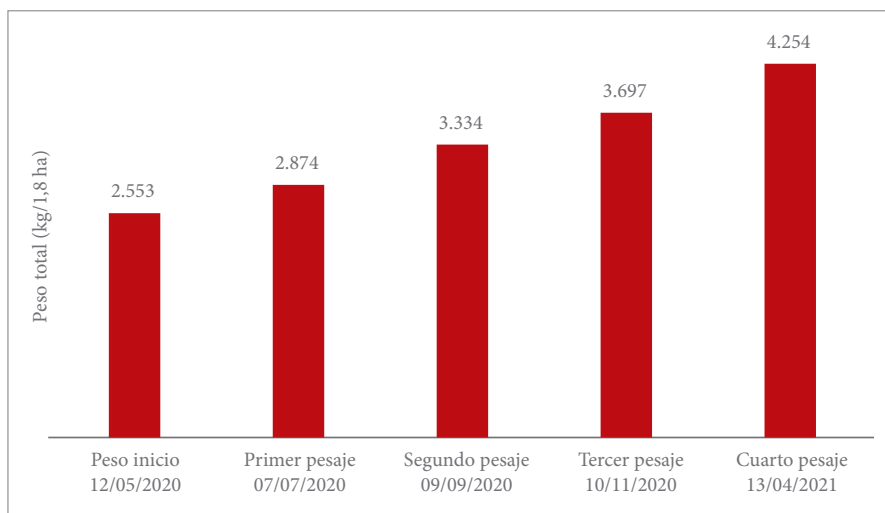


Figura 32. Peso total de las 12 novillas bajo pastoreo intensivo en 1,8 ha en cada pesaje, C. I. Carimagua. Fuente: Elaboración propia

El indicador más importante de este sistema fue el aumento de la capacidad de carga animal ocasionado por la mayor disponibilidad de forraje, lo cual permite un mejor aprovechamiento del área establecida en pastos. La carga animal inicial fue de 3,5 UA/ha (una unidad animal [UA] equivale a 400 kg de peso vivo), la cual se fue incrementando con el paso del tiempo por el aumento de peso de los animales hasta llegar a 5,9 UA/ha (2.360 kg/ha de peso vivo) (figura 33). Esto es relevante si se tiene en cuenta que la capacidad de carga de los pastos en la región no supera los 600 kg/ha (1,5 UA). Otro aspecto sobresaliente estuvo relacionado con la conservación de la carga animal en épocas críticas, ya que esta no disminuyó en la época seca.

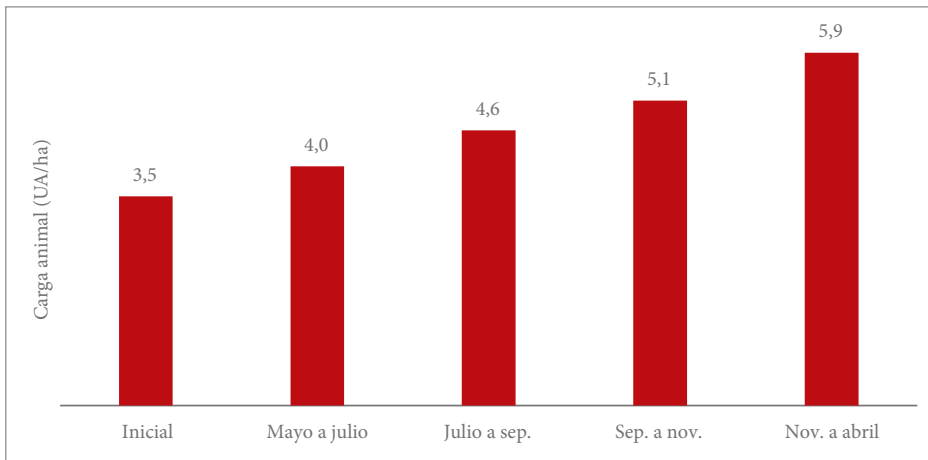


Figura 33. Incremento de la capacidad de carga animal en novillas en pastoreo intensivo, C. I. Carimagua.
Fuente: Elaboración propia

Las ganancias de peso fueron mayores en el periodo de julio a septiembre de 2020, con 608 g/animal/día, y la menor ganancia de peso promedio se presentó en el periodo de noviembre de 2020 a abril de 2021 por efectos de la época seca. El promedio de ganancia de peso en todo el periodo de pastoreo fue de 468 g/animal/día (figura 34).

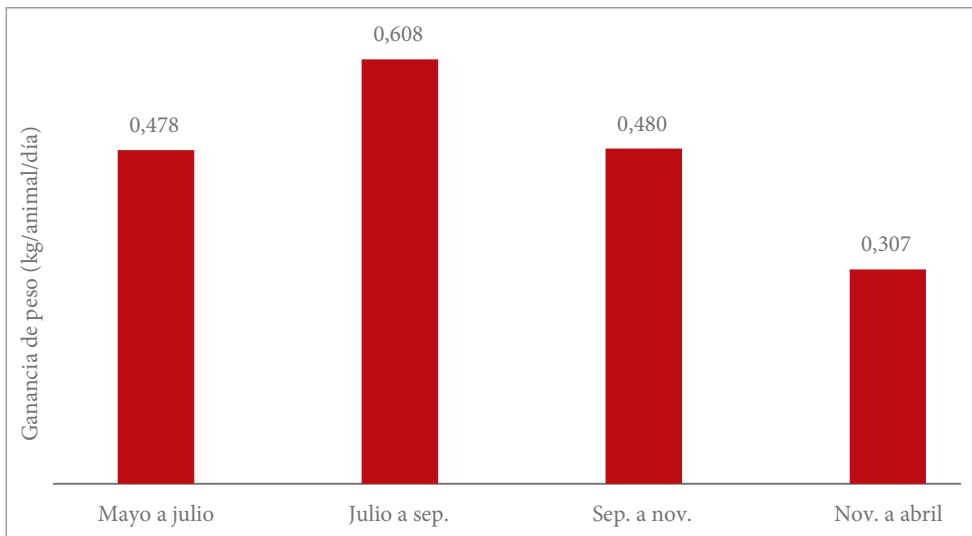


Figura 34. Ganancia promedio diaria de peso de novillas en pastoreo intensivo, C. I. Carimagua.
Fuente: Elaboración propia

Entre junio de 2021 y septiembre de 2022 ingresó a la misma área otro grupo de 12 novillas con un comportamiento productivo semejante al grupo 1 en cuanto a capacidad de carga y productividad de carne (tabla 14), lo cual confirma una capacidad de carga animal final promedio de 5,5 UA/ha y una productividad de carne bovina superior a 900 kg/ha/año.

Tabla 14. Producción animal de novillas en pastoreo intensivo, C. I. Carimagua

Indicador	Grupo 1 novillas	Grupo 2 novillas
Inicio periodo de pastoreo	12/05/2020	18/06/2021
Fin periodo de pastoreo	13/04/2021	8/09/2022
Área (ha)	1,8	1,8
Cantidad de animales	12	12
Peso inicial (kg/animal)	213	199
Peso final (kg/animal)	355	350
Peso total inicial en 1,8 ha (kg)	2.553	2.393
Peso total final en 1,8 ha (kg)	4.254	3.590
Carga animal inicial (kg/ha)	1.418	1.329
Carga animal final (kg/ha)	2.363	1.994
Carga animal inicial (UA/ha)	3,5	3,3
Carga animal final (UA/ha)	5,9	5,0
Periodo de pastoreo (días)	330	303
Ganancia de peso diaria (kg/animal)	0,468	0,495
Ganancia de peso en el periodo (kg/1,8 ha)	1.701	1.348
Productividad de carne (kg/ha/año)	956	902

Fuente: Elaboración propia

En evaluaciones realizadas con novillos en esta misma área en el año de 2019, la carga inicial fue de 3 UA/ha y llegó hasta 4,9 UA/ha, mientras que la ganancia diaria promedio fue de 655 g/animal/día durante el periodo de evaluación, que fue de abril 30 de 2019 a febrero 5 de 2020.

En la altillanura colombiana, el sistema de pastoreo intensivo en áreas pequeñas para la producción de carne bovina se convierte en una alternativa importante para los pequeños productores. En estas condiciones, ha sido posible tener una capacidad de carga de 2.000 kg/ha de peso vivo con una productividad de carne de entre 800 y 900 kg/ha/año, lo cual resulta ser superior a la productividad de 175 kg/ha/año que se obtiene con el manejo tradicional de pastoreo.

Referencias

- Bueno, G. A. (2012). Sistemas silvopastoriles, arreglos y usos. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 3(2), 56-83. <https://doi.org/10.22579/22484817.604>
- Cedeño, A. J. R. (2011). Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *Revista ESPAMCIENCIA*, 2(1), 15-25. http://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/39
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (1987). *Pasto Llanero (Brachiaria dictyoneura (Fig. & De Not.) Stapf*. [Boletín técnico n.º 151]. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20308/78464_7324.pdf?sequence=1
- Pardini, A., & Nori, M. (2011). Sistemas agrosilvopastoriles en Italia: integración y diversificación. *Pastoralismo: Investigación, Políticas y Prácticas*, 1, 1-10. <https://doi.org/10.1186/2041-7136-1-26>
- Rincón Castillo, A., & Jaramillo Salazar, C. A. (Eds.). (2010). *Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12703>
- Rincón Castillo, A., Muñoz, C., Pérez Bonna, R. A., Lascano Aguilar, C. E., & Ferguson, J. E. (1992). *Maní forrajero perenne (Arachis pintoi Krapovickas y Gregory): una alternativa para ganaderos y agricultores*. Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://cgspace.cgiar.org/items/e9299706-d4b5-4dd7-8bcc-6bd0a4b96954>
- Rincón, A. (2006). *Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas en los Llanos Orientales de Colombia*. [Boletín técnico n.º 49]. Corpoica, Gobernación del Meta. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17515>
- Rincón, A. (2011). Efecto de alturas de corte sobre la producción de forraje de *Brachiaria* sp. en el piedemonte llanero de Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 107-112. https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:219
- Rincón, A. (2013). *Banco de proteína arborizado (BPA) en sistemas agrosilvopastoriles*. AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19689>

- Rincón, Á., Bueno, G., Díaz, R., Burkart, S., & Enciso, K. (2020). *Cultivar Centauro (Arachis pintoi CIAT 22160): leguminosa forrajera para sistemas de ganadería sostenible*. AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7404128>
- Rincón, A., Ligarreto, G. y Garay, E. (2008). Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4336-4346. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24732>
- Rippstein, G., Escobar, G., & Motta, F. (2001). *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/55159/agroecologia_y_biodiversidad.pdf
- Vélez Marín, M., & Uribe Velásquez, L. F. (2010). ¿Cómo afecta el estrés calórico la reproducción? *Biosalud*, 9(2), 83-95. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/biosalud/article/view/5505>
- Universidad EIA. (2023a). *Catálogo de árboles urbanos de Colombia*. <https://catalogo.arbolesurbanos.eia.edu.co/especies/detalles/450>
- Universidad EIA. (2023b). *Catálogo virtual de flora del Valle de Aburra*. <https://catalogo.floravalleaburra.eia.edu.co/species/44>





Capítulo 3

Manejo de la nutrición mineral del bovino con énfasis en el fósforo de la sal mineralizada y su efecto en la producción de carne bajo pastoreo intensivo

La principal limitante para el desarrollo y producción de cultivos en la Orinoquia colombiana, entre los cuales se encuentran los pastos, ha sido la baja fertilidad natural de los suelos oxisoles que allí predominan. Estos se originaron a partir de los sedimentos transportados por los ríos que bajan de la cordillera Oriental y han sufrido más de un proceso de meteorización. Además, el efecto del clima tropical, con alternancia de períodos secos y húmedos, ha provocado un intenso lavado de los minerales. Como consecuencia de esto, los suelos se caracterizan por ser ácidos, con contenidos de fósforo inferior a 3 mg/kg, bajas saturaciones de bases intercambiables, el contenido de materia orgánica es cercano al 2% y el contenido de aluminio es considerado como tóxico para la mayoría de los cultivos porque la saturación de este elemento está entre el 70 y el 80% (Botero & López, 1982; CIAT, 1983, 1986). Por consiguiente, en la mayoría de los casos no cumplen con los requerimientos de los pastos y estos no satisfacen los requerimientos del animal, motivo por el cual es necesario complementar los aportes del suelo mediante fertilización externa que permita incrementar la disponibilidad de forraje y mejorar el contenido de proteína y minerales de los

pastos para que cumplan con los requerimientos de los bovinos. Sin embargo, por las bajas concentraciones de P y Ca es necesario suministrar estos minerales en la sal mineralizada (Flórez, 2012).

Metodología

Con el fin de determinar el efecto del suministro diario de fósforo en la sal mineralizada en la ceba de bovinos, se desarrollaron dos experimentos en praderas de *U. humidicola* cv. Llanero manejado en pastoreo intensivo con fertilización. Los tratamientos evaluados fueron:

Experimento 1

Tratamiento 1. Sal mineralizada con el 8 % de fósforo.

Tratamiento 2. Sal mineralizada con el 4 % de fósforo.

Tratamiento 3. Sal mineralizada con el 0 % de fósforo.

Experimento 2

Tratamiento 1. Sal mineralizada con el 8 % de fósforo.

Tratamiento 2. Sal mineralizada con el 6 % de fósforo.

Tratamiento 3. Sal mineralizada con el 4 % de fósforo.

En cada experimento se desarrolló una ceba de bovinos con un peso inicial promedio de 270 kg/animal y finalizaron el pastoreo con un peso de 510 kg/animal. Para cada tratamiento se utilizaron 17 bovinos y para el análisis de la información cada animal se tomó como una repetición. El área de pastoreo de cada grupo de animales fue de 3,2 ha divididas en 4 potreros de 0,8 ha cada uno. Se realizó un pastoreo rotacional en los 4 potreros con 7 días de ocupación y 21 días de descanso. El primer experimento se desarrolló entre agosto de 2017 y marzo de 2018 (232 días) y el segundo experimento fue entre octubre de 2018 y marzo de 2019, con una duración de 180 días.

La sal mineralizada fue depositada en la salina ubicada en cada potrero y se suministró en una dosis de 80 g/animal/día para tener un total de 13,6 kg/día para los 17 animales. Para determinar el consumo, se pesó diariamente la sal sobrante. Se realizaron los respectivos controles sanitarios de acuerdo con los cronogramas de la región.

Evaluaciones

Para determinar la respuesta de los tratamientos se evaluó la concentración de minerales en el suelo y en el forraje junto con la producción de forraje y la ganancia de peso animal.

En el suelo

Se realizó muestreo de suelos a una profundidad de 20 cm en cada potrero asignado a cada tratamiento, por consiguiente, se tomaron cuatro muestras o repeticiones, para así tener un total de 12 muestras que fueron enviadas al laboratorio de suelos para análisis de pH, materia orgánica (MO), fósforo (P), azufre (S), aluminio (Al), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn).

En las praderas

Antes de que los animales entraran a cada potrero se evaluó la altura del pasto, la composición botánica, la concentración de clorofila y la disponibilidad de forraje. A la salida de los animales de cada potrero se evaluó la altura del forraje residual después del pastoreo. Las evaluaciones fueron realizadas en transeptos, con 20 observaciones en cada potrero, con un marco de $0,50 \times 0,50$ m. La cobertura se estimó visualmente en cada marco y la altura del pasto se midió en cm con una regla, sin estirar las hojas de las plantas. Se cortó el forraje presente en cada marco a una altura de 20 cm sobre el suelo y se determinó el peso verde mediante una balanza electrónica; luego se sometió a una temperatura de 70 °C durante 3 días en un horno secador de forraje para determinar el contenido de humedad y calcular la materia seca de las muestras. Estas evaluaciones se realizaron en forma secuencial en cada potrero al finalizar el período de descanso y antes de que los animales entraran al pastoreo. La altura del pasto residual se midió en 20 sitios en cada potrero al finalizar los 7 días de pastoreo.

La concentración de clorofila en las hojas se midió con un clorofilómetro SPAD 502 en 20 hojas y en cada sitio de evaluación de la disponibilidad de forraje. El contenido de clorofila que se relaciona con la concentración de N en las hojas (Sainz & Echeverría, 1998).

Los minerales en el forraje se determinaron así: P, con Bray II; Ca, Mg, K y Na, con absorción atómica; S, por turbidimetría; B, por espectrometría azometina; y Fe, Mn, Cu y Zn, con doble ácido por absorción atómica.

En el animal

Para determinar la respuesta animal a los tratamientos, estos fueron trasladados al corral donde se realizó pesaje individual.

Ganancia de peso vivo

Los animales se pesaron en ayuno cada 30 días utilizando una báscula Tru-Test EC 2000 (Tru-Test Limited, Auckland, New Zealand).

Evaluación de costos

Se analizaron los costos ocasionados por los tratamientos de fertilización y los ingresos obtenidos por la producción de carne en cada uno de ellos. Finalmente, los ingresos obtenidos se compararon con los ingresos del tratamiento testigo.

Análisis de la información

Los datos fueron organizados en tablas de Excel y el análisis estadístico se realizó con el programa SAS 9.3. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($P < 0,05$) (Rincón et al., 2018).

Resultados

La concentración de minerales en los suelos de los potreros donde se aplicaron los tratamientos de P en la sal mineralizada no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) en ninguno de los minerales analizados. De igual forma, la materia orgánica y el pH fueron similares (tabla 15). La concentración de P en el suelo estuvo entre 1,48 y 1,53 mg/kg, la cual es baja si se tiene en cuenta que el pasto Llanero requiere 10 mg/kg para su desarrollo vegetativo y para mantener una adecuada concentración de este elemento en el tejido foliar. Estos potreros tuvieron la fertilización de mantenimiento explicada en el capítulo anterior.

Tabla 15. Concentración de minerales en el suelo donde se aplicaron tres tratamientos de P en la sal mineralizada para bovinos en pastoreo intensivo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Tratamiento	pH	Materia orgánica	P	S	Al	Ca	Mg	K
Sal al 8 % de fósforo	4,8	2,8	1,48	2,8	1,3	0,7	0,1	0,075
Sal al 4 % de fósforo	4,9	2,9	1,67	3,2	1,1	0,7	0,1	0,087
Sal al 0 % de fósforo	4,8	3,1	1,53	2,6	1,2	0,8	0,12	0,09
Significancia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C. V. (%)	2,2	9,9	27,4	18,1	23,3	31,2	37,9	12,3

Fuente: Elaboración propia

La disponibilidad de forraje del pasto Llanero después de 33 días de descanso y en el momento en el cual se iba a iniciar el pastoreo no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$), con un promedio de 1.064 kgMS/ha, lo cual indica las mismas condiciones de disponibilidad de forraje para los tres grupos de animales (tabla 16). La altura del pasto antes del pastoreo fue superior en los potreros donde se suministró sal mineralizada al 8 %; sin embargo, esta diferencia fue de menos de dos centímetros. El promedio de materia seca fue del 23,6 % y la concentración de clorofila estuvo entre 40,3 y 41,3 grados SPAD, lo cual indica un contenido de proteína cruda cercano al 9 % (Rincón et al., 2019).

Tabla 16. Evaluación agronómica de pasto Llanero bajo pastoreo y suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada a novillos, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Tratamiento	Altura de planta antes de pastoreo (cm)	Altura de planta después de pastoreo (cm)	Contenido de clorofila en hojas (SPAD)	Materia seca del forraje (%)	Producción de forraje (kgMS/ha)
Sal al 8 % de P	41,6 ^a	20,7	41,3 ^a	23,8	1.053
Sal al 4 % de P	40,3 ^b	19,9	40,8 ^{ab}	23,3	1.079
Sal al 0 % de P	39,9 ^b	19,9	40,3 ^b	23,8	1.061
Significancia	0,003	NS	0,03	NS	NS
C. V.	7,9	13,1	5,8	6,5	21,6

Fuente: Elaboración propia

La concentración de minerales en el tejido foliar que consumieron los animales (tabla 17) fue similar en los tratamientos de sal mineralizada con excepción del K, que fue superior significativamente ($P < 0,05$) en el tratamiento de sal mineralizada con el 4 % de P. La concentración de P presentó un promedio de 0,17 %, lo cual resulta ser deficiente para cumplir con los requerimientos de los animales según el National Research Council (2000), ya que debe ser del 0,22 %, lo cual justifica el uso de la sal mineralizada. Otro elemento que presentó deficiencia fue el Ca, con un promedio de 0,20 %, si se tiene en consideración el requerimiento del 0,30 % para ganado de ceba. Es necesario indicar que el contenido de proteína cruda obtenido en el análisis de laboratorio presentó un promedio de 11 % y fue superior al análisis realizado con el clorofilómetro, ya que el valor de índice de verdor y la proteína cruda dieron un resultado del 9 %.

Tabla 17. Concentración de minerales en las hojas del pasto Llanero bajo pastoreo y suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada a novillos, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Mineral en hojas de pasto	Concentración de P en la sal mineralizada			Significancia	C. V.
	8 %	4 %	0 %		
Nitrógeno	1,72	1,63	1,93	NS	10,8
Proteína	10,8	10,2	12,1	NS	10,8
Fósforo	0,18	0,17	0,15	NS	12,5
Potasio	1,13 ^b	1,28 ^a	1,21 ^{ab}	0,04	4,4
Calcio	0,18	0,22	0,21	NS	20,1
Magnesio	0,37	0,41	0,36	NS	7,1
Azufre	0,19	0,19	0,18	NS	21,3

Fuente: Elaboración propia

La ganancia de peso de los novillos durante los 5 meses de pastoreo en la época lluviosa no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) entre la sal mineralizada al 8 y al 4 %, ya que se obtuvieron 846 y 779 g/animal/día respectivamente. El tratamiento de sal sin P fue inferior en forma significativa ($P < 0,05$), con una ganancia de 679 g/animal/día (figura 35). En la época seca se presentó la misma tendencia sin diferencias entre el 8 y el 4 % en la concentración de P en la sal mineralizada, y las ganancias de peso en esta época fueron de 314 y 284 g/animal día respectivamente.

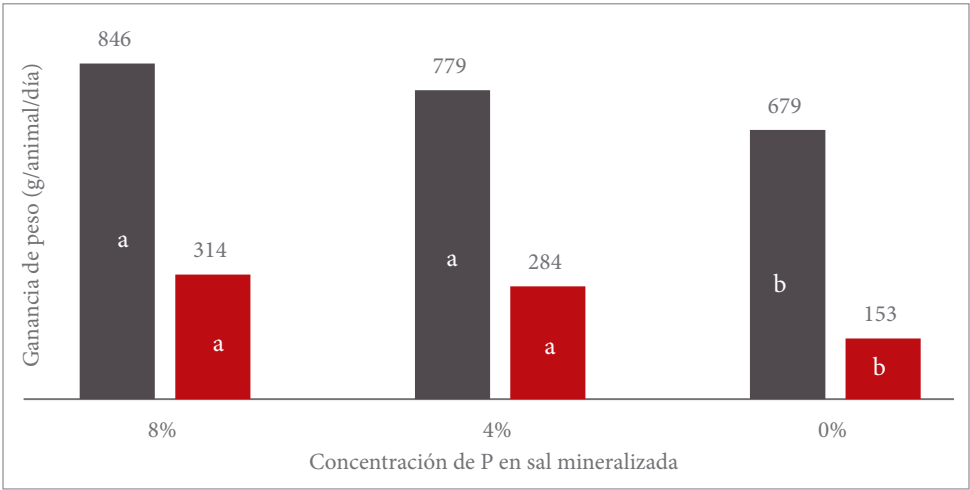


Figura 35. Ganancia de peso animal de novillos en pastoreo de *U. humidicola* cv. Llanero con el suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada.
Nota: columnas con igual color y con la misma letra no difieren significativamente ($P < 0,05$) según la prueba de Duncan.
Fuente: Elaboración propia

En el segundo experimento se realizó otra ceba con un nuevo grupo, con una cantidad de animales y pesos similares a los del experimento 1. En la evaluación de las praderas no se presentaron diferencias significativas en la disponibilidad de forraje (tabla 18), lo cual confirma las condiciones similares de alimentación para los tres grupos de novillos sometidos a tres concentraciones de P en la sal mineralizada. La disponibilidad promedio de forraje fue de 1.070 kgMS/ha con un 27 % de materia seca.

Tabla 18. Evaluación agronómica de pasto Llanero bajo pastoreo y suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada a novillos, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Concentración de P en la sal mineralizada	Altura de planta antes de pastoreo (cm)	Altura de planta después de pastoreo (cm)	Materia seca del forraje (%)	Producción de forraje (kgMS/ha)
4 %	38,2	21,2	27,1	1.190
6 %	36,2	20,7	27,4	1.201
8 %	36,6	20,2	26,2	1.120
Significancia	NS	NS	NS	NS
C. V.	10,2	9,4	7,3	22,4

Fuente: Elaboración propia

La respuesta en la ganancia de peso animal durante la época lluviosa fue superior significativamente ($P>0,05$) en los animales que consumieron sal mineralizada con un 4 % de P y se obtuvo una ganancia diaria de 1.036 g/animal, mientras que los que tuvieron acceso a sal mineralizada con el 6 y el 8 % de P tuvieron una ganancia de 899 y 808 g/animal/día respectivamente. En la época seca también se presentaron diferencias significativas a favor del 4 % de P en la sal mineralizada (figura 36).

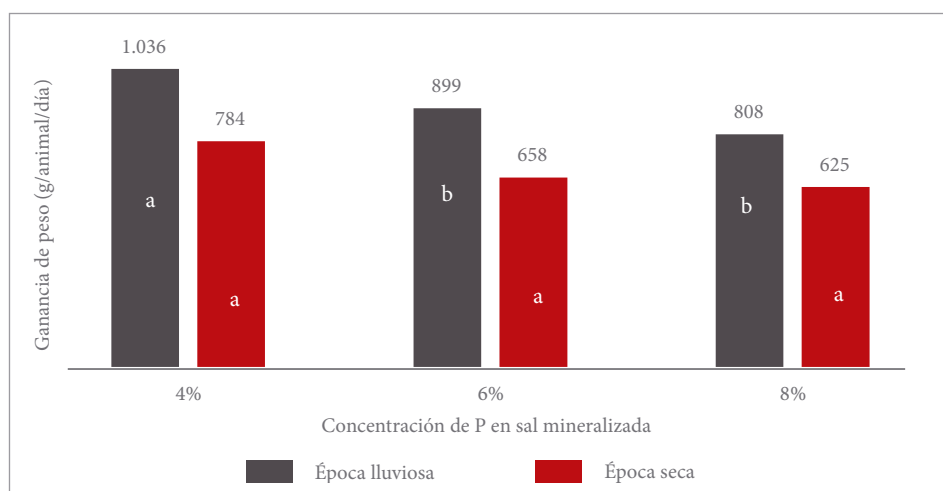


Figura 36. Ganancia de peso animal de novillos en pastoreo de *U. humidicola* cv. Llanero con el suministro de tres concentraciones de P en la sal mineralizada.

Nota: columnas con igual color y con la misma letra no difieren significativamente ($P<0,05$) según la prueba de Duncan.

Fuente: Elaboración propia

En los dos experimentos se presentó mayor consumo en el tratamiento con un 8 % de P en la sal mineralizada, con 75 y 86 g/animal/día en los experimentos 1 y 2 respectivamente (tabla 19). En el tratamiento con el 4 % de P en la sal mineralizada el consumo fue de 69 y 76 g/animal/día respectivamente, lo cual representa un costo de \$40.250 en el primer experimento y \$34.200 en el segundo. Si se comparan los costos frente a la sal mineralizada con el 8 % de P, el productor se está ahorrando un promedio de \$12.000/animal en el periodo de ceba evaluado.

Tabla 19. Consumo de sal mineralizada y costos, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Concentración de fósforo en la sal mineralizada	Consumo (g/animal/día)	Consumo total en el periodo (kg/animal)	Valor de la sal (\$/kg)	Costo total de la sal (\$/animal)
Primer experimento (232 días)				
8 %	75	17,4	3.000	52.200
4 %	69	16,1	2.500	40.252
0 %	28	6,4	1.500	9.674
Segundo experimento (180 días)				
8 %	86	15,5	3.000	46.440
6 %	73	13,1	2.750	36.135
4 %	76	13,7	2.500	34.200

Fuente: Elaboración propia

Conclusión

Los resultados obtenidos en los dos experimentos permiten concluir que, en un sistema de producción de ceba para bovinos bajo las condiciones de pastoreo intensivo en pasto Llanero con fertilización anual de mantenimiento, en condiciones del piedemonte llanero, el nivel adecuado de P en la sal mineralizada debe ser del 4 %.

Referencias

Botero, P. J., & López, D. (1982). Los suelos de los Llanos Orientales (una visión general sintetizada). *Suelos Ecuatoriales*, 12(2), 18-29. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Los+suelos+de+los+Llanos+Orientales+%28Una+visi%C3%B3n+general+sintetizada%29.+Suelos+Ecuatoriales%2C+Sociedad+Colombiana+de+la+Ciencia+del+Suelo&btnG=

Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1983). *Oxisoles y ultisoles de América tropical. Distribución, importancia y propiedades físicas; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema* (J. G. Salinas, & C. A. Valencia, eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54508>

- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1986). *Manejo de la fertilización fosfatada de pastos tropicales en suelos ácidos de América Latina. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema* (J. G. Salinas, & L. A. León, eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54132>
- Flórez, H. (2012). Requerimientos y recomendaciones de suplementación con minerales en bovinos. En A. Rincón, & C. Jaramillo (Eds.), *Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia* (pp. 80-112). Corpoica, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19505>
- National Research Council. (2000). *Nutrients Requirements for Beef Cattle* (Seventh Revised Edition). http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=9791&page=54
- Rincón, A., Álvarez, M., Pardo, O., Amaya, M. A., & Diaz, R. A. (2019). Estimación de la concentración de clorofila y su relación con la concentración de proteína cruda en tres especies de pasto *Urochloa* en el piedemonte llanero, Colombia. *Tropical Grasslands- Forrajes Tropicales*, 7(5), 533-537. <https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/view/440/373>
- Rincón, A., Flórez, H., Ballesteros, H., & León, L. M. (2018). Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 6(3), 158-168. [https://doi.org/10.17138/tgft\(6\)158-168](https://doi.org/10.17138/tgft(6)158-168)
- Sainz, R. H., & Echeverría, H. E. (1998). Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento del grano. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 103(1), 37-44. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15628>





Capítulo 4

Evaluación de cuatro grupos raciales de bovinos en pastoreo intensivo

Para determinar la respuesta en productividad de carne en los bovinos en condiciones de buena disponibilidad de forraje, fueron evaluados cuatro grupos raciales en pastoreo intensivo. En estos grupos raciales se incluyó el Cebú comercial, Brangus y los cruces de Cebú con las razas criollas Sanmartinero (SM) y Blanco Orejinegro (BON).

Metodología

Con el propósito de determinar la ganancia de peso de bovinos en un sistema de pastoreo intensivo, se realizaron dos experimentos con diferentes grupos raciales.

Primer experimento

Fueron evaluados cuatro grupos raciales: Cebú, Brangus, animales cruzados F1 Sanmartinero $\times$ Cebú ($F1\ SM \times C$) y animales cruzados F2 Sanmartinero $\times$ Cebú ($F2\ SM \times C \times C$) (figura 37). Estos animales ingresaron en mayo del 2019 y finalizaron la ceba en febrero de 2020.





Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 37. Ceba de bovinos de cuatro grupos raciales en pastoreo intensivo (primer experimento), C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Segundo experimento

Se evaluaron cuatro grupos raciales: Cebú, animales cruzados F1 Sanmartinero $\times$ Cebú (F1 SM $\times$ C) y animales cruzados F2 Sanmartinero $\times$ Cebú (F2 SM $\times$ C $\times$ C) y F2 BON $\times$ Cebú (F2 BON $\times$ C $\times$ C) (figura 38). Estos animales ingresaron en febrero del 2020 y finalizaron la ceba en marzo de 2021.



Foto: Álvaro Rincón Castillo

Figura 38. Ceba de bovinos de cuatro grupos raciales en pastoreo intensivo (segundo experimento), C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Todos los animales fueron manejados en un pastoreo rotacional, en un área de 10 ha de pasto Llanero divididas con cerca eléctrica en 12 potreros de 0,8 ha cada uno, con un periodo de ocupación de 3 días y un periodo de descanso de 33 días.

Primer experimento

En la tabla 20 se presentan los pesos promedio iniciales de los cuatro grupos raciales, los cuales estuvieron entre 229 y 319 kg/animal, donde el Cebú fue el que tuvo mayor peso. La edad estuvo entre 14 y 22,7 meses y la cantidad de animales estuvo entre 9 y 13, para un total de 45 animales en 10 ha.

Tabla 20. Grupos raciales evaluados en pastoreo intensivo desde el 29 de mayo de 2019 al 4 de febrero de 2020, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Grupo racial	Peso promedio inicial (kg/animal)	Edad inicial (mes)	Cantidad de animales
Cebú	318,8	19,0	9
Brangus	281,9	14,3	13
F1 SM × C	229,4	17,0	12
F2 SM × C	291,6	22,7	11

Fuente: Elaboración propia

La evolución de la carga animal se presenta en la figura 39. Los 45 animales iniciaron con una carga de 3,27 UA/ha (1.308 kg/ha de peso vivo) y al final de la época lluviosa (diciembre) esta carga animal llego a 4,88 UA/ha (1.952 kg/ha de peso vivo). En la época seca se ajustó la carga animal a 2,63 UA/ha (1.052 kg/ha de peso vivo).

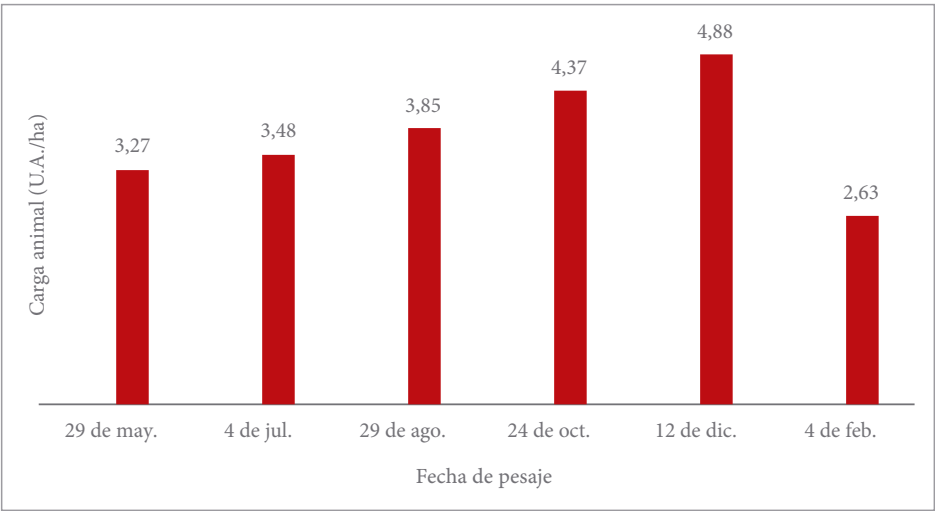


Figura 39. Evolución de la carga animal en pastoreo rotacional de cuatro grupos raciales en praderas de *U. humidicola* cv. Llanero, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.

Fuente: Elaboración propia

Durante los 192 días de pastoreo en época lluviosa los grupos raciales conservaron la misma tendencia en ganancia de peso sin llegar a presentar superioridad en ningún grupo. Los animales de raza Cebú que iniciaron con el mayor peso fueron los que llegaron a 456 kg/animal, que fue el mayor peso de los cuatro grupos (figura 40).

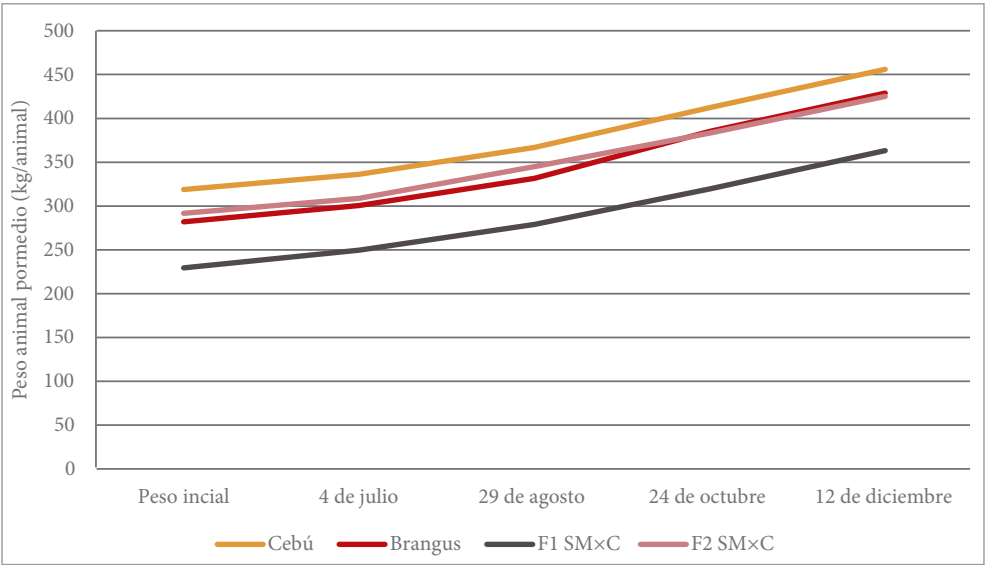


Figura 40. Peso animal de cuatro grupos raciales durante 192 días, C. I. La Libertad, piedemonte llanero. Fuente: Elaboración propia

La ganancia de peso diaria de los cuatro grupos raciales durante todo el periodo de evaluación no presentó diferencias significativas ($P>0,05$) en los cuatro pesajes realizados con excepción del periodo entre julio 5 y agosto 29, donde fue superior significativamente ($P>0,05$) en los animales F2 (SM $\times$ C); sin embargo, este mismo grupo fue el de menor ganancia de peso en el siguiente periodo (tabla 21). Durante la época seca (diciembre a febrero), los animales presentaron una ganancia de peso similar en los cuatro grupos raciales, con un promedio de 760 g/animal/día.

Tabla 21. Ganancia de peso animal (kg/animal/día) de cuatro grupos raciales en cinco periodos de evaluación, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Raza	Mayo 29 a julio 4	Julio 5 a agosto 29	Agosto 30 a octubre 24	Octubre 25 a diciembre 12	Diciembre 12 a febrero 4
Cebú	0,495	0,558 ^b	0,828 ^{ab}	0,929	0,792
Brangus	0,532	0,562 ^b	0,978 ^a	0,928	0,728
F1 SM $\times$ C	0,621	0,582 ^b	0,800 ^{ab}	1,005	0,775
F2 SM $\times$ C	0,540	0,722 ^a	0,764 ^b	0,983	0,667
Significancia	NS	0,03	0,03	NS	NS
C. V. (%)	38,1	23,2	21,6	20,1	17,4

Fuente: Elaboración propia

En la figura 41 se resumen las ganancias de peso de los cuatro grupos raciales durante las épocas lluviosa y seca, y se observa que no se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$). Es importante anotar que las ganancias en las dos épocas fueron similares (739 y 740 g/animal/día en las épocas lluviosa y seca respectivamente).

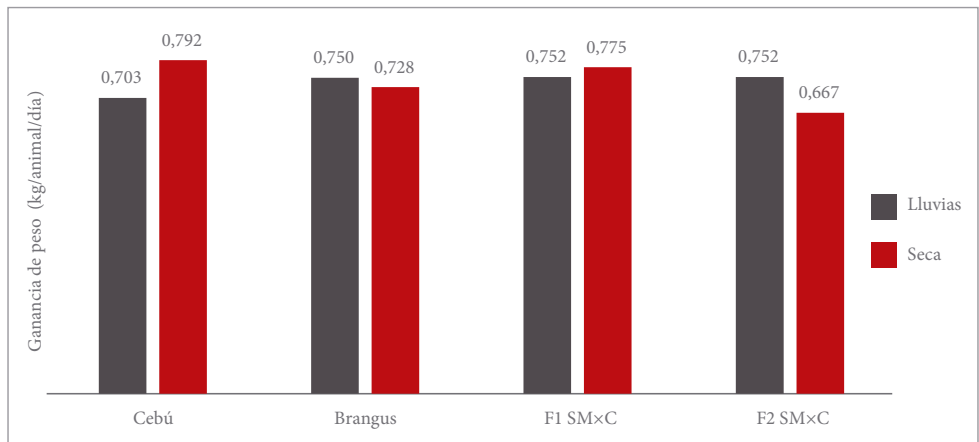


Figura 41. Ganancia de peso animal promedio de cuatro grupos raciales durante las épocas lluviosa y seca de 2019 a 2020, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.
Fuente: Elaboración propia

La ganancia de peso total durante los 192 días de evaluación fue de 6.353 kg de carne en pie en las 10 ha donde pastorearon los 45 bovinos (tabla 22). Con un precio de \$8.000/kilo en pie, el ingreso bruto es de \$50,8 millones.

Tabla 22. Cantidad de animales y producción de carne en 10 ha de pasto Llanero durante 192 días de pastoreo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Raza	N.º de animales	Ganancia de peso en 192 días (kg/ha)
Cebú	9	1.235
Brangus	13	1.910
F1 SM × C	12	1.740
F2 SM × C	11	1.468
Total	45	6.353

Fuente: Elaboración propia

Segundo experimento

El segundo experimento se desarrolló entre el 12 de febrero de 2020 y el 3 de marzo de 2021. La cantidad de animales de cada grupo racial estuvo entre 10 y 12, con una edad inicial de 16 meses y un peso promedio inicial de entre 197 y 218 kg/animal (tabla 23). Los 45 animales pastorearon las 10 ha divididas en 12 potreros de pasto Llanero, en un pastoreo rotacional con 3 días de ocupación y 33 días de descanso.

Tabla 23. Grupos raciales evaluados en pastoreo intensivo desde el 12 de febrero de 2020 al 3 de marzo de 2021, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Raza	Edad inicial (mes)	Peso inicial (kg/animal)	Cantidad de animales
Cebú	16,2	197	11
F1 SM × C	16,7	218	12
F2 BON × C × C	16,0	207	12
F2 SM × C × C	16,6	215	10

Fuente: Elaboración propia

El pastoreo se inició en época seca con una carga animal de 2,4 UA/ha que se incrementó con el paso del tiempo hasta llegar a 4,7 UA/ha en noviembre de 2021. Antes de iniciar la época seca, la carga animal se disminuyó a 3,4 UA/ha, teniendo en cuenta la menor disponibilidad de forraje, y llegó hasta 3,8 UA/ha al finalizar el pastoreo el 3 de marzo de 2021 (figura 42).

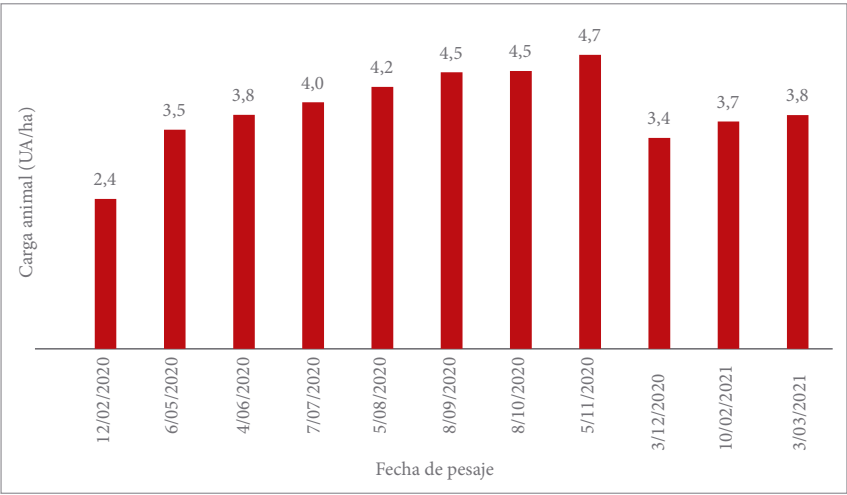


Figura 42. Evolución de la de carga animal en pastoreo rotacional de cuatro grupos raciales en praderas de *U. humidicola* cv. Llanero, C. I. La Libertad, piedemonte llanero (12 de febrero de 2020 al 3 de marzo de 2021).
Fuente: Elaboración propia

La evolución del peso promedio por animal presentó un comportamiento similar en los cuatro grupos raciales. Se inició con un peso promedio de 209 kg/animal, el cual fue aumentando con el paso del tiempo. En septiembre los animales presentaron un peso promedio de 372 kg/animal; en diciembre, 424 kg/animal, y en marzo, cuando finalizó el experimento, el peso promedio fue de 471 kg/animal (figura 43).

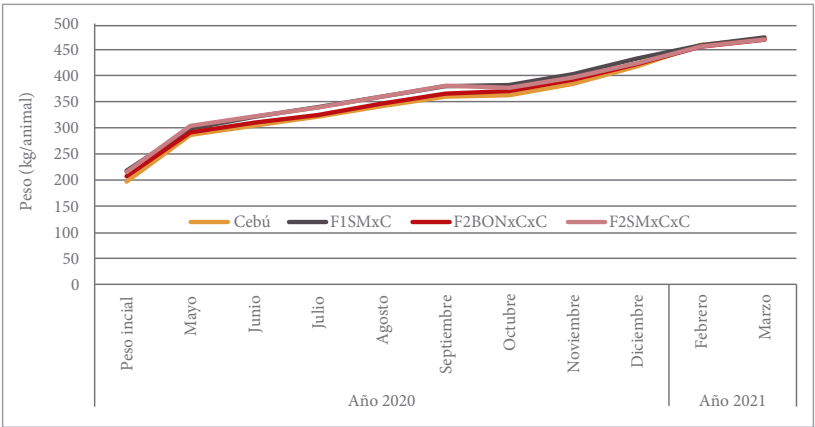


Figura 43. Evolución del peso animal de cuatro grupos raciales durante 291 días, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.
Fuente: Elaboración propia

Las ganancias diarias de peso no presentaron diferencias significativas ($P>0,05$) en los cuatro grupos raciales desde febrero hasta septiembre de 2020. Entre septiembre y octubre, los animales presentaron baja ganancia de peso porque fueron castrados y el mayor efecto negativo se mostró en los animales F2 (SM $\times$ C $\times$ C), con pérdidas de 131 g/animal/día, que es inferior significativamente ($P>0,05$) con respecto a los otros grupos raciales. Por efecto de la castración, los animales dejaron de ganar aproximadamente 700 g/animal/día durante un mes.

Las ganancias de peso entre octubre y diciembre de 2020 fueron similares en los cuatro grupos raciales, sin embargo, entre diciembre y febrero de 2022 sobresalió en forma significativa ($P<0,05$) el grupo racial Cebú, con una ganancia de 624 g/animal/día. En el último periodo de evaluación, que fue al finalizar la época seca, no se presentaron diferencias significativas ($P>0,05$) en los cuatro grupos raciales y se obtuvo un promedio de 663 g/animal/día (tabla 24).

Tabla 24. Ganancia de peso animal de cuatro grupos raciales (kg/animal/día) desde febrero de 2020 a marzo de 2021, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Raza	Feb. a may.	May. a jun.	Jun. a jul.	Jul. a ago.	Ago. a sep.	Sep. a oct.	Oct. a nov.	Nov. a dic.	Dic. a feb.	Feb. a mar.
Cebú	1,069	0,677	0,543	0,717	0,559	0,084 ^a	0,821	1,222	0,624 ^a	0,559
F1 SM $\times$ C	0,956	0,818	0,588	0,717	0,603	0,081 ^{ab}	0,765	1,114	0,380 ^c	0,746
F2 BON $\times$ C $\times$ C	0,989	0,661	0,458	0,786	0,576	0,164 ^{ab}	0,824	1,105	0,496 ^b	0,667
F2 SM $\times$ C $\times$ C	1,055	0,654	0,528	0,743	0,636	-0,131 ^b	0,741	1,000	0,477 ^{bc}	0,680
Significancia	NS	NS	Ns	NS	NS	0,08	NS	NS	0,0005	NS
C. V. (%)	23,1	25,5	35,1	25,4	28,7	46,6	26,2	26,2	25,4	38,4

Fuente: Elaboración propia

La ganancia de peso presentó un comportamiento similar en los cuatro grupos raciales evaluados en las épocas lluviosa y seca. En la época lluviosa la ganancia promedio fue de 697 g/animal/día y en la época seca, de 579 g/animal/día (figura 44).

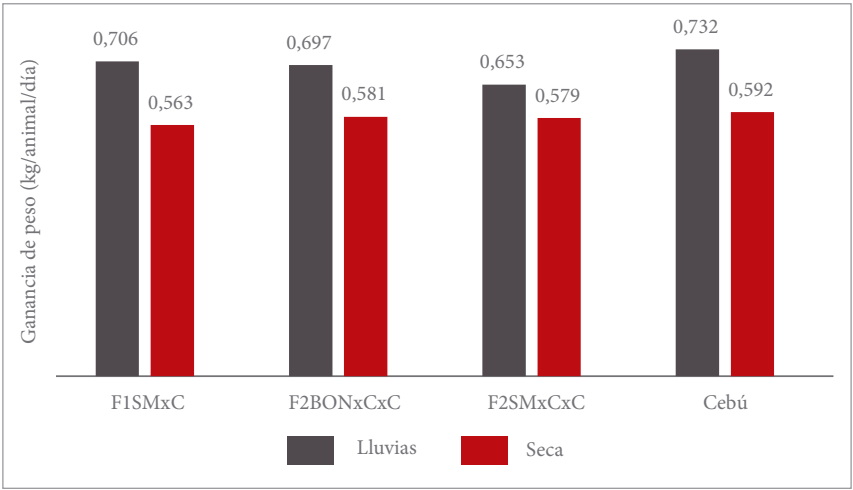


Figura 44. Ganancia de peso animal promedio de cuatro grupos raciales durante las épocas lluviosa y seca de 2020 a 2021, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.
Fuente: Elaboración propia

Los 45 bovinos que pastorearon en las 10 ha de pasto Llanero en un manejo intensivo sostenible presentaron una producción de carne de 11.635 kg durante los 375 días de pastoreo (tabla 25), lo cual representó un ingreso bruto de 93 millones de pesos.

Tabla 25. Cantidad de animales y producción de carne en 10 ha de pasto Llanero durante 375 días de pastoreo en cuatro grupos raciales, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Raza	N.º de animales	Ganancia de peso (kg) en 375 días
Cebú	11	2.881
F1 SM × C	12	3.067
F2 BON × C × C	12	3.143
F2 SM × C × C	10	2.544
Total	45	11.635

Fuente: Elaboración propia

En los grupos raciales evaluados, que fueron Cebú, Brangus, cruces de Sanmartinero con Cebú y cruces de Blanco Orejinegro con Cebú, no se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en las ganancias de peso con un manejo de pastoreo intensivo en condiciones del piedemonte llanero.

Rendimiento, calidad y composición de la carne en bovinos en pastoreo intensivo

La evaluación del rendimiento y la calidad de la carne es uno de los aspectos de importancia en los sistemas de ceba, ya que permite conocer el aporte de los grupos raciales bovinos utilizados. Para la evaluación de producción de carne se seleccionaron los bovinos de los experimentos descritos anteriormente. Los bovinos se sacrificaron en Bogotá, en el frigorífico Guadalupe, y posteriormente se tomaron muestras de lomo ancho (*longissimus dorsi*, costillas 10 a 13), punta de anca (*biceps femoris*), paletero (*infraspinatus*) y lomo de brazo (*supraspinatus*), que se mantuvieron al vacío en maduración por 14 días para la evaluación de la calidad. Adicionalmente, se registró información del peso al sacrificio, el rendimiento en canal y el desposte de cada proceso de faenamiento. En la tabla 26 se presenta la información de peso al sacrificio, mermas por transporte, peso de la canal caliente y rendimiento en canal caliente de los diferentes grupos raciales evaluados.

Tabla 26. Peso al sacrificio, mermas por transporte, peso de la canal caliente y rendimiento en canal caliente de los bovinos evaluados

Raza	Edad al sacrificio (meses)	Peso al sacrificio sin merma (kg)	Peso al sacrificio con merma (kg)	Merma (kg)	Merma (%)	Peso canal caliente (kg)	Rendimiento en canal caliente (%)
Brangus	21,5	455,8	419,6	36,1	7,9	242,6	57,8
Cebú	38,1	477,7	429,0	48,7	10,2	248,7	58,0
F2 SM × C × C	30,7	480,6	442,0	38,6	8,0	260,5	59,0
F2 BON × C × C	36,0	493,7	455,0	38,7	7,8	260,4	57,2
F1 SM × C	33,3	465,0	427,0	38,0	8,2	237,2	55,5

Fuente: Elaboración propia

Aunque el peso al sacrificio de los bovinos Brangus fue el menor, esto se debió a que eran los animales más jóvenes de los grupos evaluados y alcanzaron la ceba con buen acabado antes de los dos años, con una diferencia significativa de entre 9 y 16 meses con los otros grupos raciales ($P \leq 0,05$). Este factor es importante, ya que impacta la calidad y el rendimiento de la carne. De hecho, no hubo diferencias en el rendimiento en canal de estos bovinos Brangus frente otros grupos raciales a excepción de SM × C, que lo superó en rendimiento por 2,3 puntos porcentuales. Por otra parte, en este

experimento llamó la atención la mayor merma por transporte en los bovinos Cebú (10,2%) frente a los otros grupos raciales, lo cual indica que estos bovinos sufrieron mayor pérdida de peso durante el transporte ($P \leq 0,05$).

Para la evaluación de la calidad instrumental y composicional de la carne, se evaluaron cortes de lomo de bovinos Cebú Brangus y cruces de criollo por Cebú (F1 SM $\times$ C y F2 SM $\times$ C $\times$ C) que fueron madurados en refrigeración y empacados al vacío por 14 días. En la tabla 27 se observa los resultados de la calidad instrumental de la carne de los bovinos evaluados.

Tabla 27. Capacidad de retención de agua, temperatura, pH, cocción y terneza del lomo ancho de bovinos de diferentes grupos raciales provenientes de una ceba en pastoreo intensivo

Variable	Cebú	Brangus	Criollos $\times$ Cebú
Agua unida (%)	37,36 $\pm$ 1,80 ^a	39,86 $\pm$ 1,13 ^a	38,47 $\pm$ 1,38 ^a
Agua libre (%)	62,64 $\pm$ 1,80 ^a	60,14 $\pm$ 1,13 ^a	61,53 $\pm$ 1,38 ^a
Temperatura antes de la cocción (°C)	10,51 $\pm$ 1,07 ^a	5,11 $\pm$ 0,67 ^b	5,96 $\pm$ 0,82 ^b
pH antes de la cocción	5,70 $\pm$ 0,05 ^a	5,58 $\pm$ 0,03 ^a	5,68 $\pm$ 0,04 ^a
Tiempo de cocción (min)	20,00 $\pm$ 0,12 ^b	20,72 $\pm$ 0,08 ^a	20,00 $\pm$ 0,09 ^b
Pérdidas por cocción (%)	32,15 $\pm$ 1,44 ^a	32,07 $\pm$ 0,90 ^a	31,14 $\pm$ 1,10 ^a
Energía (kgf/mm)	45,36 $\pm$ 3,52 ^a	45,15 $\pm$ 2,19 ^a	44,25 $\pm$ 2,69 ^a
Terneza (kgf)	3,85 $\pm$ 0,34 ^a	3,78 $\pm$ 0,21 ^a	3,69 $\pm$ 0,26 ^a

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).
Fuente: Elaboración propia

La temperatura de los filetes de lomo antes de la cocción fue mayor en los cortes de carne de bovinos Cebú frente a los de Brangus y los cruces con criollo por Cebú; además, el tiempo de cocción fue mayor en los de Brangus que en los de Cebú y los cruces de criollo por Cebú. A pesar de esto, no se afectó la terneza de la carne, que es el factor de calidad más importante para los consumidores, ni otras características, ya que no hubo diferencias entre grupos raciales y el sistema de pastoreo intensivo produjo carnes blandas con buenos atributos de pH y terneza.

En cuanto al color de la carne antes de la cocción, en la tabla 28 se encuentra que la luminosidad (L^*) o brillo de los cortes de lomo y la intensidad del color rojo (a^*) fue menor en los cortes de Brangus comparados con los de Cebú y los de cruces de criollo con Cebú. Para el grado de color amarillo (b^*) no se presentaron diferencias entre razas.

Tabla 28. Color instrumental de cortes de lomo ancho de bovinos Cebú, Brangus y cruces de criollo por Cebú cebados en pastoreo intensivo

Variable	Cebú	Brangus	Criollos × Cebú
Luminosidad (L^*)	$37,44 \pm 1,56^a$	$29,77 \pm 0,97^b$	$37,45 \pm 1,19^a$
Grado de color rojo (a^*)	$25,76 \pm 0,81^a$	$21,49 \pm 0,51^b$	$26,39 \pm 0,62^a$
Grado de color amarillo (b^*)	$18,50 \pm 0,51^a$	$19,54 \pm 0,32^a$	$19,12 \pm 0,39^a$

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Este factor es importante porque el color de la carne es la segunda característica de calidad más importante para los consumidores. De hecho, las carnes con bajos atributos de color afectan la decisión de compra por parte de las personas, ya que los colores oscuros se asocian con mala calidad y contaminación de la carne. Los encargados del manejo de productos cárnicos en los supermercados y expendios de carne deben tener en cuenta las diferencias entre grupos raciales y los tiempos de exposición para ajustar los procesos de comercialización y venta de la carne (Mancini & Hunt, 2005; Neethling et al., 2017, citados por Flórez Díaz et al., 2021).

En la tabla 29 se presenta la composición nutricional del músculo del lomo por grupos raciales. Se determinó que la concentración de fósforo, calcio, hierro, zinc y colesterol fue mayor en los cortes de Brangus en comparación con los de Cebú y los de cruces de criollo con Cebú ($P \leq 0,05$).

Tabla 29. Composición nutricional de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en pastoreo intensivo

Variable	Cebú	Brangus	Criollos × Cebú
Humedad (%)	$70,19 \pm 0,94^a$	$71,93 \pm 0,58^a$	$70,39 \pm 0,72^a$
Proteína (%)	$21,39 \pm 0,93^a$	$22,63 \pm 0,58^a$	$20,60 \pm 1,01^a$
Extracto etéreo (%)	$3,93 \pm 0,70^a$	$3,15 \pm 0,44^a$	$4,08 \pm 0,53^a$
Cenizas (%)	$1,17 \pm 0,08^a$	$1,35 \pm 0,05^a$	$1,23 \pm 0,06^a$
Fósforo (g/100 g)	$0,17 \pm 0,05^b$	$0,42 \pm 0,03^a$	$0,18 \pm 0,04^b$
Calcio (mg/100 g)	$7,05 \pm 2,31^b$	$18,53 \pm 1,33^a$	$8,53 \pm 1,63^b$
Hierro (mg/100 g)	$1,40 \pm 0,54^b$	$3,70 \pm 0,33^a$	$1,08 \pm 0,41^b$
Zinc (mg/100 g)	$4,99 \pm 1,40^b$	$10,84 \pm 0,88^a$	$4,07 \pm 1,07^b$
Colesterol (mg/100 g)	$51,60 \pm 14,30^b$	$131,40 \pm 8,92^a$	$49,63 \pm 10,92^b$

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

La tabla 30 describe el perfil de ácidos grasos de cortes de carne de bovinos de diferentes grupos raciales. En general, los cortes de carne de Brangus presentaron menor concentración de lípidos totales y mayor de ácidos grasos mono y poliinsaturados en comparación con los de Cebú y los de cruces de criollo por Cebú ($P \leq 0,05$).

Tabla 30. Perfil de ácidos grasos (g/100 g) de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en pastoreo intensivo

Variable	Cebú	Brangus	Criollos × Cebú
α-Linolénico	0,46 ± 0,06 ^a	0,10 ± 0,03 ^b	0,39 ± 0,04 ^a
Araquídico	0,11 ± 4,46 ^a	0,03 ± 2,78 ^a	6,09 ± 3,41 ^a
cis-10-Heptadecenoico	0,73 ± 0,05 ^a	0,67 ± 0,03 ^a	0,68 ± 0,04 ^a
cis_11_14_17_Eicosatrienoico	0,08 ± 0,02 ^a	0,02 ± 0,01 ^b	0,09 ± 0,02 ^a
cis-11-Eicosenoico	0,13 ± 0,03 ^a	0,06 ± 0,02 ^b	0,11 ± 0,02 ^{ab}
cis-8.11.14-eicosatrienoico	0,12 ± 0,02 ^a	0,03 ± 0,01 ^b	0,11 ± 0,01 ^a
cis-5-8-11-14-Eicosatrienoico	0,04 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,00 ^b	0,04 ± 0,01 ^a
cis-9-Oleico	40,22 ± 1,30 ^b	44,66 ± 0,81 ^a	40,53 ± 0,99 ^b
Docosanoico	0,05 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^a
Heneicosanoico	0,46 ± 0,09 ^a	0,18 ± 0,06 ^b	0,40 ± 0,07 ^a
Heptadecanoico	1,21 ± 0,09 ^a	1,21 ± 0,06 ^a	1,16 ± 0,07 ^a
Linoleico	1,41 ± 1,74 ^a	1,81 ± 1,09 ^a	3,48 ± 1,33 ^a
Linolelaídico	0,14 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,13 ± 0,01 ^a
Miristoleico	0,38 ± 0,06 ^b	0,64 ± 0,04 ^a	0,37 ± 0,05 ^b
Octadecanoico	18,17 ± 1,25 ^a	17,68 ± 0,78 ^a	18,36 ± 0,95 ^a
Palmitico	28,81 ± 2,09 ^a	27,01 ± 1,30 ^a	26,73 ± 1,60 ^a
Palmitoleico	2,39 ± 0,24 ^b	3,05 ± 0,15 ^a	2,43 ± 0,18 ^b
Pentadecanoico	0,49 ± 0,04 ^a	0,48 ± 0,03 ^a	0,45 ± 0,03 ^a
EE (%)	11,82 ± 2,42 ^{ab}	8,98 ± 1,51 ^b	14,10 ± 1,85 ^a
Tetradecanoico	2,11 ± 0,14 ^a	2,21 ± 0,09 ^a	2,34 ± 0,11 ^a
Total monoinsaturados (%)	44,17 ± 1,35 ^b	49,13 ± 0,84 ^a	44,09 ± 1,03 ^b
Total poliinsaturados (%)	1,92 ± 0,19 ^{ab}	1,96 ± 0,12 ^a	1,51 ± 0,15 ^b
Total saturados (%)	51,48 ± 3,40 ^a	49,70 ± 2,12 ^a	45,39 ± 2,60 ^a

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).
Fuente: Elaboración propia

La carne bovina está compuesta por proteínas de alta calidad y nutrientes esenciales como minerales, especialmente hierro y zinc, vitaminas y ácidos grasos de importancia para la buena salud de las personas. En la actualidad, a los consumidores les interesa conocer la composición nutricional de la carne, en especial la cantidad de grasa (Scollan et al., 2006) debido a los estudios relacionados con su efecto negativo en la salud (Lippi et al., 2015). Algunos de los factores que influyen en la composición nutricional de la carne bovina son la raza, el sistema de alimentación (Flórez Díaz et al., 2021), la suplementación mineral, la concentración de minerales en los forrajes y el suelo, la época del año y el tipo de corte de carne (Leheska et al., 2008; Cabrera & Saadoun, 2014).

La palatabilidad de la carne se relaciona con la terneza, la jugosidad y el sabor. Entre estas características, la terneza es el factor más importante para los consumidores de carne (Miller et al., 2001). La terneza se relaciona con la facilidad de morder y masticar la carne, y se conoce que las personas están dispuestas a pagar más por carne que sea blanda (Boleman et al., 1997). En la tabla 31 se presentan los resultados de la calidad organoléptica de la carne mediante el uso de personal entrenado para detectar diferencias en la calidad de la carne como terneza, sabor y jugosidad. La única diferencia detectada por los panelistas fue la menor jugosidad de los cortes de carne de bovinos cruzados de criollo con Cebú en comparación con los de Cebú y Brangus.

Tabla 31. Calidad organoléptica del lomo ancho de bovinos de tres grupos raciales cebados en un sistema de pastoreo intensivo

Variable	Cebú	Brangus	Criollos × Cebú
Terneza miofibrilar*	5,46 ± 0,23 ^a	5,31 ± 0,14 ^a	5,09 ± 0,17 ^a
Tejido conectivo*	5,03 ± 0,22 ^a	4,94 ± 0,14 ^a	4,92 ± 0,17 ^a
Terneza total*	5,49 ± 0,21 ^a	5,30 ± 0,13 ^a	5,13 ± 0,16 ^a
Jugosidad*	4,78 ± 0,18 ^a	4,67 ± 0,11 ^a	4,21 ± 0,14 ^b
Sabor a carne*	5,92 ± 0,16 ^a	5,66 ± 0,10 ^a	5,82 ± 0,12 ^a
Sabor externo**	4,49 ± 0,14 ^a	4,33 ± 0,09 ^a	4,15 ± 0,11 ^a

* Escala 1 a 8, donde 1 es un corte muy duro, con mucho tejido conectivo, muy seco y sin sabor a carne, y 8 es un corte muy blando, sin tejido conectivo, muy jugoso, con sabor intenso a carne.

** Escala 1 a 5, donde 1 es con abundante sabor externo (grasoso, salado, etc.), y 5 es sin sabor externo.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los resultados generales del panel sensorial, se encontraron filetes de lomo con valores intermedios para terneza (entre algo dura y algo tierna), cantidad de tejido conectivo (entre algo escaso y algo abundante), jugosidad (entre algo seca y algo jugosa), intensidad de sabor a carne (con algo de intensidad de sabor) y la intensidad de sabores externos (sin sabor externo) (Flórez Díaz et al., 2021).

La calidad y la composición de la carne se ven afectadas por la raza, la alimentación y el manejo de los bovinos antes del sacrificio. En trabajos previos, se encontró que los cortes del músculo del lomo de bovinos Cebú presentaron mayor dureza en comparación con bovinos cruzados (Corpoica, 2010; Flórez Díaz et al., 2015). Así mismo, panelistas entrenados detectaron la mayor dureza en los cortes de *Bos indicus* frente a bovinos *Bos taurus* × *Bos indicus* (Corpoica, 2010). Con relación a la menor jugosidad detectada en los cortes de carne de bovinos criollos por Cebú, puede relacionarse con la menor jugosidad detectada en filetes del músculo del lomo de bovinos BON × C que se encontró en trabajos anteriores realizados en condiciones similares a las de la presente investigación (Corpoica, 2016; Flórez Díaz et al., 2021).

En los cortes de carne de bovinos Brangus, llama la atención la menor luminosidad e intensidad del color rojo y la mayor concentración de minerales y ácidos grasos monoinsaturados y polinsaturados. Esto puede ser el reflejo de la edad y el peso de estos bovinos y de la alimentación antes del sacrificio. Estos bovinos presentaron una edad promedio al sacrificio de 22 meses y un peso cercano a los 450 kg. Existen varias investigaciones acerca de las diferencias en la calidad sensorial y composicional de la carne de bovinos *Bos indicus*, *Bos taurus* y en sus cruces finalizados en pastoreo y en lotes de engorde (Hardcastle et al., 2017; Leheska et al., 2008; Neethling et al., 2017) y de bovinos criollos suplementados en pastoreo (Uzcátegui-Bracho et al., 2008). King et al. (2014) mencionan diferencias en el color entre razas, ya que, en general, los filetes de carne de canales de bovinos con influencia de razas Charolais y Limousin tiene mayor estabilidad en el color en comparación con las Angus y Hereford, frente a otras con estabilidad intermedia como Simmental y Gelbvieh (Flórez Díaz et al., 2021).

Por otra parte, además del lomo ancho, se evaluaron otros cortes de carne para conocer qué tipo de calidad y composición de la carne se produce en el sistema intensivo de pastoreo evaluado, para lo cual se agruparon cortes de todos los grupos raciales evaluados. Con esto se presenta un resultado general de las características de la carne de bovinos manejados bajo estas condiciones. Con relación a los cortes de carne, en la tabla 32 se observó que los cortes de lomo de brazo presentaron menor materia seca,

mayor agua unida, menor agua libre y menos pérdidas por cocción en comparación con los otros cortes. El pH fue mayor en el paletero frente a los otros cortes, pero la terneza fue mayor en la punta de anca y el paletero comparados con el lomo de brazo y el lomo ancho.

Tabla 32. Calidad instrumental de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo

Variable	Lomo ancho	Lomo de brazo	Paletero	Punta de anca
Materia seca (%)	29,76 ± 0,66 ^a	26,29 ± 0,63 ^b	30,62 ± 0,66 ^a	29,22 ± 0,66 ^a
Agua unida (%)	35,53 ± 1,18 ^b	41,87 ± 1,12 ^a	42,38 ± 1,18 ^a	35,64 ± 1,18 ^b
Agua libre (%)	64,47 ± 1,18 ^a	58,13 ± 1,12 ^b	57,62 ± 1,18 ^b	64,36 ± 1,18 ^a
pH	5,57 ± 0,03 ^b	5,59 ± 0,03 ^b	5,82 ± 0,03 ^a	5,55 ± 0,03 ^b
Tiempo de cocción, min	20,33 ± 0,17 ^a	20,40 ± 0,16 ^a	20,33 ± 0,17 ^a	20,33 ± 0,17 ^a
Merma de cocción (%)	32,51 ± 0,75 ^b	36,14 ± 0,71 ^a	28,88 ± 0,75 ^c	29,12 ± 0,75 ^c
Energía (kgf/mm)	47,43 ± 2,67 ^a	49,85 ± 2,53 ^a	37,17 ± 2,67 ^b	44,59 ± 2,67 ^{ab}
Terneza (kgf)	4,25 ± 0,25 ^a	4,22 ± 0,24 ^a	3,18 ± 0,25 ^b	3,35 ± 0,25 ^b

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Para las variables de color instrumental no se observaron diferencias entre los cortes evaluados (tabla 33).

Tabla 33. Color instrumental de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo

Variable	Lomo ancho	Lomo de brazo	Paletero	Punta de anca
Luminosidad (L^*)	34,38 ± 1,92 ^a	32,46 ± 1,82 ^a	34,64 ± 1,92 ^a	33,50 ± 1,92 ^a
Grado de color rojo (a^*)	23,66 ± 1,09 ^a	23,68 ± 1,04 ^a	23,64 ± 1,09 ^a	24,59 ± 1,09 ^a
Grado de color amarillo (b^*)	18,99 ± 0,46 ^a	18,91 ± 0,44 ^a	19,76 ± 0,46 ^a	19,19 ± 0,46 ^a

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Con relación a la composición nutricional por cortes, en la tabla 34 se evidencia que la humedad fue menor en el paletero y la punta de anca comparados con el lomo de brazo y el lomo ancho. La proteína fue menor en la punta de anca en comparación con el lomo ancho, y el extracto etéreo y las cenizas fueron mayores en la punta de anca comparada con los otros cortes, pero no hubo diferencias en la composición mineral entre cortes.

Tabla 34. Composición nutricional de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo

Variable	Lomo ancho	Lomo de brazo	Paletero	Punta de anca
Humedad (%)	70,24 ± 0,66 ^b	73,71 ± 0,63 ^a	69,38 ± 0,66 ^b	70,78 ± 0,66 ^b
Proteína (%)	23,31 ± 0,85 ^a	22,50 ± 0,85 ^{ab}	21,53 ± 0,90 ^{ab}	20,43 ± 0,85 ^b
Extracto etéreo (%)	2,02 ± 0,41 ^c	2,65 ± 0,39 ^c	4,14 ± 0,41 ^b	5,68 ± 0,41 ^a
Cenizas (%)	1,31 ± 0,06 ^{ab}	1,22 ± 0,06 ^{bc}	1,10 ± 0,06 ^c	1,49 ± 0,06 ^a
Fósforo (g/100 g)	0,29 ± 0,06 ^a	0,36 ± 0,06 ^a	0,28 ± 0,06 ^a	0,25 ± 0,06 ^a
Calcio (mg/100 g)	12,85 ± 2,62 ^a	13,88 ± 2,48 ^a	15,34 ± 2,78 ^a	11,23 ± 2,62 ^a
Hierro (mg/100 g)	2,04 ± 0,64 ^a	2,32 ± 0,61 ^a	3,04 ± 0,64 ^a	2,27 ± 0,64 ^a
Zinc (mg/100 g)	5,76 ± 1,57 ^a	9,60 ± 1,49 ^a	9,00 ± 1,57 ^a	5,55 ± 1,57 ^a
Colesterol (mg/100 g)	76,89 ± 18,96 ^a	99,24 ± 17,99 ^a	87,62 ± 18,96 ^a	94,32 ± 18,96 ^a

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al perfil de ácidos grasos, la tabla 35 muestra que la única diferencia observada fue la mayor concentración de ácidos grasos saturados del paletero en comparación con el lomo ancho, pero no con el paletero y el lomo de brazo.

En la evaluación con panelistas entrenados (tabla 36) se determinó que el lomo de brazo fue calificado con mayor dureza que el lomo ancho, el paletero y la punta de anca, valor relacionado con una menor calificación de la terneza de la fibra y una mayor cantidad de tejido conectivo; además, la intensidad de sabor fue mayor en la punta de anca frente al lomo de brazo y el lomo ancho, pero no fue diferente con el paletero.

Tabla 35. Perfil de ácidos grasos (g/100 g) de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo

Variable	Lomo ancho	Lomo de brazo	Paletero	Punta de anca
α-Linolénico	0,23 ± 0,07 ^a	0,27 ± 0,07 ^a	0,27 ± 0,07 ^a	0,29 ± 0,07 ^a
Araquídico	8,06 ± 3,94 ^a	0,05 ± 3,73 ^a	0,07 ± 3,94 ^a	0,07 ± 3,94 ^a
cis-10-Heptadecenoico	0,63 ± 0,04 ^a	0,67 ± 0,04 ^a	0,71 ± 0,04 ^a	0,73 ± 0,04 ^a
cis_11_14_17_Eicosatrienoico	0,08 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,02 ^a	0,04 ± 0,02 ^a
cis-11-Eicosenoico	0,07 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,03 ^a	0,11 ± 0,03 ^a	0,08 ± 0,03 ^a
cis-8.11.14-eicosatrienoico	0,05 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,02 ^a
cis-5.8.11.14-Eicosatrienoico	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a
cis-9-Oleico	42,28 ± 1,35 ^a	42,98 ± 1,28 ^a	43,43 ± 1,35 ^a	41,19 ± 1,35 ^a
Docosanoico	0,03 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a
Heneicosanoico	0,27 ± 0,09 ^a	0,26 ± 0,09 ^a	0,34 ± 0,09 ^a	0,35 ± 0,09 ^a
Heptadecanoico	1,10 ± 0,08 ^a	1,21 ± 0,07 ^a	1,17 ± 0,08 ^a	1,29 ± 0,08 ^a
Linoleico	4,54 ± 1,52 ^a	1,73 ± 1,44 ^a	1,50 ± 1,52 ^a	1,39 ± 1,52 ^a
Linoleaidico	0,08 ± 0,02 ^a	0,08 ± 0,02 ^a	0,10 ± 0,02 ^a	0,09 ± 0,02 ^a
Miristoleico	0,42 ± 0,07 ^a	0,50 ± 0,07 ^a	0,54 ± 0,07 ^a	0,56 ± 0,07 ^a
Octadecanoico	18,13 ± 1,09 ^a	18,52 ± 1,04 ^a	16,76 ± 1,09 ^a	18,50 ± 1,09 ^a
Palmitico	26,17 ± 1,82 ^a	25,62 ± 1,73 ^a	28,93 ± 1,82 ^a	28,51 ± 1,82 ^a
Palmitoleico	2,71 ± 0,24 ^a	2,61 ± 0,23 ^a	2,87 ± 0,24 ^a	2,73 ± 0,24 ^a
Pentadecanoico	0,47 ± 0,04 ^a	0,45 ± 0,03 ^a	0,46 ± 0,04 ^a	0,52 ± 0,04 ^a
EE base seca	11,99 ± 2,21 ^a	11,47 ± 2,09 ^a	7,91 ± 2,21 ^a	13,32 ± 2,21 ^a
Tetradecanoico	2,17 ± 0,12 ^a	2,07 ± 0,12 ^a	2,30 ± 0,12 ^a	2,41 ± 0,12 ^a
Total monoinsaturados (%)	45,86 ± 1,46 ^a	47,03 ± 1,38 ^a	47,81 ± 1,46 ^a	45,49 ± 1,46 ^a
Total poliinsaturados (%)	1,58 ± 0,18 ^a	2,06 ± 0,17 ^a	1,85 ± 0,18 ^a	1,73 ± 0,18 ^a
Total saturados (%)	43,11 ± 2,93 ^b	48,82 ± 2,78 ^{ab}	50,50 ± 2,93 ^{ab}	52,11 ± 2,93 ^a

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Panel sensorial de cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de criollo con Cebú en un sistema de pastoreo intensivo

Variable	Lomo ancho	Lomo de brazo	Paleta	Punta de anca
Terneza de la fibra*	5,33 ± 0,17 ^b	4,05 ± 0,17 ^c	5,85 ± 0,17 ^a	5,97 ± 0,17 ^a
Cantidad tejido conectivo*	5,13 ± 0,17 ^b	3,82 ± 0,16 ^c	5,35 ± 0,17 ^{ab}	5,61 ± 0,17 ^a
Terneza general*	5,33 ± 0,16 ^b	4,19 ± 0,15 ^c	5,84 ± 0,16 ^a	5,89 ± 0,16 ^a
Jugosidad*	3,85 ± 0,15 ^a	4,24 ± 0,14 ^a	5,01 ± 0,15 ^a	5,10 ± 0,15 ^a
Intensidad de sabor*	5,61 ± 0,14 ^b	5,56 ± 0,13 ^b	5,86 ± 0,14 ^{ab}	6,04 ± 0,14 ^a
Intensidad de sabores externos**	4,41 ± 0,13 ^a	4,20 ± 0,12 ^a	4,26 ± 0,13 ^a	4,34 ± 0,13 ^a

Nota: medias con letras diferentes en una misma fila difieren entre sí ($P \leq 0,05$).
*Escala 1 a 8: 1. Extremadamente dura, abundante, seca, sin sabor; 8. Extremadamente blanda, nula, jugosa, con sabor.
**Escala 1 a 5: 1. Intensidad extrema; 5. Sin sabor.
Fuente: Elaboración propia

En general, los cortes de carne de la canal bovina difieren en la calidad instrumental, sensorial y en la composición nutricional. Estas diferencias son el resultado de la ubicación del músculo en la canal y su función en particular. Los resultados de calidad instrumental, sensorial y composición nutricional de los diferentes cortes se encuentran dentro de los rangos reportados para cortes de carne de bovinos Cebú y cruces de bovinos criollos con Cebú según lo describe el catálogo de cortes de la canal bovina (Flórez Díaz et al., 2020). En el catálogo, al igual que en el presente estudio, se observa la mejor calidad y aceptación de cortes como la punta de anca y el paleta (finos) y la menor para cortes como el lomo de brazo. Los panelistas entrenados calificaron los cortes finos como algo tiernos o levemente tiernos para la terneza miofibrilar, cantidad levemente escasa de tejido conectivo e intensidad de sabor frente a cortes como el lomo de brazo, con calificación de levemente y algo dura para la terneza miofibrilar y menor intensidad de sabor a carne.

De igual forma, se han determinado diferencias en la composición nutricional y el perfil de ácidos grasos de los cortes de la canal bovina, similar a lo encontrado en el presente trabajo (Corpoica, 2018; Flórez Díaz et al., 2020; Flórez Díaz et al., 2021).

En este capítulo se presentan las características de la carne de bovinos que se levantaron y cebaron en un manejo de pastoreo intensivo en condiciones del piedemonte llanero. En los grupos raciales evaluados, que incluyeron Cebú, Brangus, cruces de Sanmartinero con Cebú y cruces de Blanco Orejinegro con Cebú, se presentaron diferencias en la calidad y composición de la carne, pero no afectaron su palatabilidad y el contenido nutricional.

Referencias

- Boleman, S. J., Boleman, S. L., Miller, R. K., Taylor, J. F., Cross, H. R., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M., Shackelford, S. D., Miller, M. F., West, R. L., Johnson, D. D., & Savell, J. W. (1997). Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(6), 1521-1524. <https://doi.org/10.2527/1997.7561521x>
- Cabrera, M. C., & Saadoun, A. (2014). An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Meat Science*, 98(3), 435-444. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.033>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2010). *Evaluación del crecimiento, calidad de la canal y cortes de carne en cinco grupos raciales bovinos de la Orinoquia colombiana*. [Informe final proyecto de investigación]. Corpoica.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2016). *Una evaluación de calidad organoléptica y composicional de cortes de carne de bovinos criollos, Cebú y cruces Bos taurus × Bos indicus, en diferentes sistemas de alimentación y manejo*. [Informe final de meta. Proyecto “Recomendaciones de alimentación, manejo reproductivo y ecofisiológico en la pubertad, periparto, levante y ceba para aumentar la eficiencia productiva y reducir los costos en sistemas de producción de carne y doble propósito de la Orinoquia”]. Corpoica.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2018). *Catálogo preliminar de cortes de carne bovina para mercados nacionales y de exportación*. [Informe final de meta. Proyecto “Recomendaciones de alimentación, manejo reproductivo y ecofisiológico en la pubertad, periparto, levante y ceba para aumentar la eficiencia productiva y reducir los costos en sistemas de producción de carne y doble propósito de la Orinoquia”]. Corpoica.

- Flórez Díaz, H., León L. L. M., Ballesteros, C. H., Castañeda, S., Moreno, M. E., Martínez, C. G., Torres, C. J. C., & Peña, C. F. (2015). Calidad de la carne de bovinos criollos y europeos y sus cruces con Cebú en las condiciones de la Orinoquia colombiana. *Revista AICA*, 4, 12-15.
- Flórez Díaz, H., León Llanos, L. M., & Moreno Moreno, E. (2020). *Cortes de la canal bovina para mercados nacionales y de exportación*. AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404487>
- Flórez Díaz, H., León, L. M., Moreno, M. E., & Martínez, C. G. (2021). Calidad sensorial y composición nutricional del músculo *longissimus dorsi* de bovinos Cebú y sus cruces con criollo en Colombia. *Latin American Archives of Animal Production*, 29(3-4), 163-179. <https://doi.org/10.53588/alpa.293409>
- Hardcastle, N., Garmyn, A. J., Legako, J. F., Bras Hears, M. M., & Miller, M. F. (2017). Honduran consumer perception of palatability of enhanced and non-enhanced beef from various finishing diets. *Meat and Muscle Biology*, 1(3), 94. <https://doi.org/10.221751/rmc2017.089>
- King, D. A., Shackelford, S. D., & Wheeler, T. L. (2014). *Animal variation in lean color stability*. Proceedings 67th Annual Reciprocal Meat Conference, American Meat Science Association. https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/2014/07_king.pdf?sfvrsn=0
- Leheska, J. M., Thompson, L. D., Howe, J. C., Hentges, E., Boyce, J., Brooks, J. C., Shriver, B., Hoover, L., & Miller, M. F. (2008). Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal of Animal Science*, 86(12), 3575-3585. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0565>
- Lippi, G., Mattiuzzi, C., & SanchisGomar, F. (2015). Red meat consumption and ischemic heart disease. A systematic literature review. *Meat Science*, 108, 32-36. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.019>
- Mancini, R. A., & Hunt, M. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71, 100121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>
- Miller, M. F., Carr, M. F., Ramsey, C. B., Crockett, K. L., & Hoover, L. C. (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 79(12), 3062-3068. <https://doi.org/10.2527/2001.79123062x>
- Neethling, N. E., Suman, S. P., Sigge, G. O., Hoffman, L. C., & Hunt, M. C. (2017). Exogenous and endogenous factors influencing color of fresh meat from ungulates. *Meat and Muscle Biology*, 1(1), 253-275. <https://doi.org/10.22175/mmb2017.06.0032>

- Scollan, N., J. F. Hocquette, K. Nuernberg, D. Dannenberger, I. Richardson, and A. Moloney. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 1733. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.002>
- Uzcátegui-Bracho, S., Rodas-González, A., Hennig, K., Arenas de Moreno, L., Leal, M., Vergara-López, J., & Jerez-Timaure, N. (2008). Composición proximal, mineral y contenido de colesterol del músculo *longissimus dorsi* de novillos criollo limonero suplementados a pastoreo. *Revista Científica (Maracaibo)*, 18(5), 589-594. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000500010



Capítulo 5

Sostenibilidad del sistema

La sostenibilidad del sistema ganadero bajo un manejo de pastoreo intensivo es una de las características comprobadas por más de cinco años. Para esto, es importante tener en cuenta el reciclaje de nutrientes entre suelo, planta y animal y la restitución de minerales que salen del sistema en carne o leche. El buen manejo de la nutrición de los pastos permite mayor producción de forraje, lo cual está directamente relacionado con la mayor captura de carbono en la fotosíntesis. Además, se demostró que los bovinos alimentados con pastos en un manejo intensivo reducen la emisión de metano.



Reciclaje de nutrientes y fertilización de mantenimiento

La disponibilidad y calidad del forraje de pastoreo para bovinos en la Orinoquia colombiana es baja como consecuencia de la limitada concentración de minerales en los suelos, lo cual tiene efectos negativos en los rendimientos de la carne y la leche bovina. Los pastos, como cualquier cultivo, requieren de una adecuada nutrición mineral que se logra por medio de la fertilización para suplir las deficiencias del suelo.

En un trabajo realizado por Rincón et al. (2018) para determinar el efecto de la fertilización de praderas en la producción y calidad del forraje de pasto Llanero y su respuesta en el rendimiento de carne bovina, se aplicaron los siguientes tratamientos de fertilización:

1. Fertilización básica + nitrógeno: en kg/ha (20 P, 18 Ca, 20 Mg, 18 K, 31 S, 110 N).
2. Fertilización básica: en kg/ha (20 P, 18 Ca, 20 Mg, 18 K, 31 S, 18 N).
3. Testigo sin fertilización.

La fertilización básica estuvo de acuerdo con las recomendaciones sobre los principales minerales para el desarrollo de los pastos en suelos ácidos (CIAT, 1984). Cada tratamiento estuvo conformado por cuatro parcelas separadas con cerca eléctrica para poder hacer pastoreo rotacional con el grupo de animales correspondiente. Cada parcela tenía un área de 0,8 ha y el área total de cada tratamiento fue de 3,2 ha. Se utilizó un grupo de animales para la evaluación de cada tratamiento en pastoreo. Para la fertilización básica del tratamiento 1 se utilizaron 100 kg/ha de fosfato diamónico (DAP) como fuente de P (20 %) y N (18 %), 100 kg/ha de sulpomag como fuente de azufre (22 %), potasio (18 %) y magnesio (11 %), y 100 kg/ha de sulcamag como fuente de Ca (18 %), Mg (9 %) y K (9 %). Para completar la fertilización del tratamiento 1, a la fertilización básica se le adicionaron 200 kg/ha de urea (46 % N).

Los resultados permitieron obtener diferencias significativas ($P > 0,05$) a favor del N en la producción de forraje y en la concentración de proteína cruda foliar. Se obtuvo un 57 % más de forraje y la proteína cruda fue de 9,9 %, mientras que la fibra y la degradabilidad no fueron afectadas por la fertilización aplicada (tabla 37).

Tabla 37. Producción y calidad nutritiva de *U. humidicola* cv. Llanero sometido a tres tratamientos de fertilización, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Tratamiento de fertilización	Producción forraje (kgMS/ha)	Proteína cruda (%)	Fibra en detergente neutro (%)	Fibra en detergente ácido (%)	Degradabilidad (%)
1. Básica + nitrógeno	1.540 ^a	9,9 ^a	73,0	35,1	71,1
2. Básica	979 ^b	8,4 ^b	73,1	35,9	71,3
3. Testigo (sin fertilización)	958 ^b	8,1 ^b	73,5	35,8	68,9
Significancia	0,003	0,02	NS	NS	NS
C. V. (%)	27,2	13,4	3,1	7,3	7,1

Nota: promedios con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).
Fuente: Elaboración propia

En la figura 45 se presentan las ganancias diarias por animal obtenidas en los tres tratamientos en las épocas lluviosa y seca, con lo cual se confirma la superioridad de los tratamientos de fertilización básica + N y fertilización básica con respecto al testigo sin fertilización. Las ganancias diarias adicionales en los dos tratamientos de fertilización fueron de 290 y 190 g/animal/día en época lluviosa y en la época seca fueron de 342 y 263 g/animal/día respectivamente.

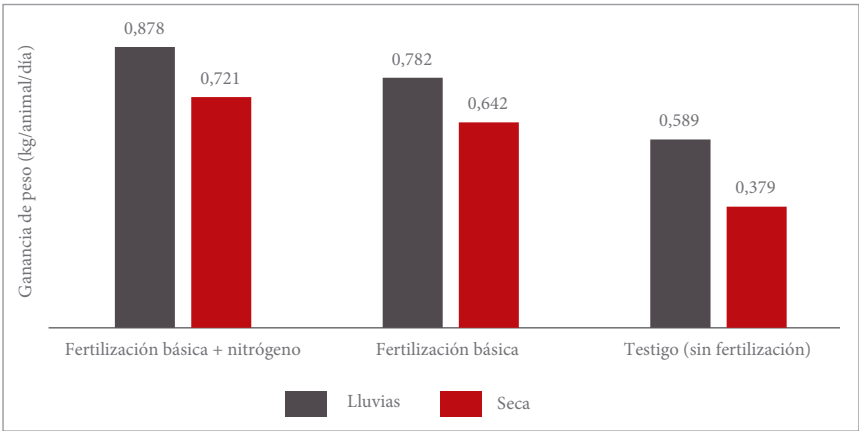


Figura 45. Ganancia diaria de peso de novillos en las épocas lluviosa y seca en pastoreo de *U. humidicola* cv. Llanero con tratamientos de fertilización, C. I. La Libertad, piedemonte llanero.
Fuente: Elaboración propia

Productividad de carne bovina

Teniendo en cuenta las ganancias diarias obtenidas por animal y la carga animal durante los 250 días (173 días en época lluviosa y 77 días en época seca), se realizó el cálculo de la productividad animal durante este periodo. Debido a la mayor carga animal y la ganancia diaria de peso, durante la época lluviosa, en el tratamiento de fertilización básica + N, se obtuvieron 194 y 422 kg más de carne bovina con respecto al tratamiento de fertilización básica y al tratamiento sin fertilización respectivamente. Durante la época seca, este mismo tratamiento fue superior en 77 y 131 kg de carne, en el mismo orden. El tratamiento testigo sin fertilización fue fertilizado en años anteriores, por consiguiente, se aprecia la superioridad con respecto al testigo de la región en praderas a las que no se aplica fertilización de mantenimiento, donde las ganancias diarias son de 400 g/animal/día y carga de 2,0 UA/ha durante la época lluviosa, y 250 g/animal/día y carga de 1,5 UA/ha en la época seca; por consiguiente, la productividad es de 138 y 29 kg/ha durante las épocas lluviosa y seca respectivamente (tabla 38).

Tabla 38. Producción de carne total en *U. humidicola* cv. Llanero con tratamientos de fertilización, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Tratamiento de fertilización	Ganancia de carne época lluviosa (kg/ha/173 días)	Ganancia de carne época seca (kg/ha/77 días)
1. Básica + nitrógeno	692	178
2. Básica	498	101
3. Testigo (sin fertilización)	270	47
Testigo región	138	29

Fuente: Elaboración propia

Para hacer el cálculo de la fertilización de mantenimiento es necesario disponer del análisis de minerales en el tejido foliar y en el suelo. El forraje del pasto Llanero donde se ha venido desarrollando el pastoreo intensivo presentó una concentración de 1,76 % de N, 0,17 % de P, 1,21 % de K, 0,20 % de Ca, 0,38 % de Mg y 0,19 % de S. La producción de forraje que se ha obtenido es de 14.400 kgMS/ha/año. De acuerdo con la concentración de minerales en las hojas, lo que más se extrae es N y K, con 256 y 161 kg/ha respectivamente (tabla 39), seguido por Mg, Ca, S y P.

Teóricamente, si las excretas animales son distribuidas de manera uniforme y fraccionada sobre las pasturas, la fertilización química podría reducirse hasta en un 80 por ciento del requerimiento óptimo. Sin embargo, bajo las condiciones climáticas tropicales, al menos la mitad de los elementos minerales contenidos en las excretas se pierde por causas de volatilización y lavado (Pineda, 2021).

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es el aporte de minerales que hace el suelo. Por ejemplo, en este caso se tiene un 2,9 % de materia orgánica que aporta 58 kg/ha/año de N y los 1,6 mg/kg del suelo contribuyen con 3,2 kg/ha/año de P; de igual forma, la concentración de 0,08 cmol/kg aporta 62 kg/ha/año de K (tabla 39). El suelo también aporta 300 kg de Ca, 26 kg de Mg y 6 kg de S.

Tabla 39. Concentración de minerales del suelo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Elemento	Valor
pH	4,8
Materia orgánica (%)	2,9
Fósforo (P) (mg/kg)	1,6
Azufre (S) (mg/kg)	2,9
Aluminio (Al) (cmol/kg)	1,2
Calcio (Ca) (cmol/kg)	0,75
Magnesio (Mg) (cmol/kg)	0,10
Potasio (K) (cmol/kg)	0,08

Fuente: Elaboración propia

Descontando los minerales que retornan al suelo por excretas y el aporte del suelo, en este ejemplo la fertilización anual en kg/ha deberá ser con 94 de N, 11 de P, 25 de K, 7 de Mg y 10 de S (tabla 40).

Tabla 40. Extracción de minerales en el forraje y retorno al suelo en excretas para determinar fertilización de mantenimiento en el piedemonte llanero, con una producción de forraje de 14.400 kgMS/ha/año

Indicador	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
Concentración en las hojas de pasto Llanero (%)	1,76	0,17	1,21	0,20	0,38	0,19
Extracción en el forraje (kg/ha/año)	253	24	161	29	55	27
Retorna en heces y orina (80 %)	202,4	19,2	128,8	23,2	44	21,6
Pérdidas por volatilización y lavado (50 %)	101,2	9,6	64,4	11,6	22	10,8
Deficiencia (kg/ha/año)	151,8	14,4	96,6	17,4	33	16,2
Aporte del suelo (kg/ha/año)	58	3,2	62	300	26	6
Fertilización de mantenimiento (kg/ha/año)	93,8	11,2	34,6	0	7	10,2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 41 se presenta el listado de los fertilizantes que se pueden utilizar para la fertilización de mantenimiento atendiendo el análisis de reciclaje de minerales y el aporte del suelo. Estos fertilizantes pueden ser reemplazados por otras fuentes siempre y cuando se cumpla con las cantidades de minerales que se deberán aplicar. Estos fertilizantes se mezclan y se aplican al voleo en forma manual o con voleadora accionada por tractor en el momento que los potreros entran a descanso. La época recomendada de fertilización en la Orinoquia es en el mes de agosto, momento en el cual las lluvias disminuyen. No se recomienda hacer la fertilización en abril por la buena disponibilidad natural del suelo debido a la mineralización que ocurre por el inicio de las lluvias y tampoco debe hacerse entre mayo y julio por la alta precipitación que ocurre en estos meses, lo cual puede ocasionar pérdidas por escorrentía o por lixiviación. La aplicación de la urea debe fraccionarse, con un 50 % en el momento de la aplicación de la fertilización con los otros abonos y el otro 50 % a los dos o tres meses (octubre, noviembre).

Tabla 41. Minerales y fuentes utilizadas para la fertilización anual del pasto Llanero, piedemonte llanero

Fertilizante	Cantidad (kg/ha)	Mineral (kg/ha)				
		P	N	Mg	K	S
Fosfato diamónico (DAP)	100	20	18	0	0	0
Kieserita	50	0	0	7		10
Cloruro de potasio	75	0	0		37	0
Urea	200	0	92	0		0
Total aplicado	450	20	110	7	37	10

Fuente: Elaboración propia

Producción sostenible de carne bovina

El sistema de pastoreo en forma intensiva, poniendo en práctica las recomendaciones de este manual, ha permitido obtener una productividad de carne en forma sostenible durante los cinco años de aplicación en la ceba de bovinos. En la tabla 42 se reporta la información desde el año 2016 hasta en 2020, donde se puede confirmar la capacidad de carga animal promedio de 5 UA/ha en época lluviosa y 2,9 UA/ha en época seca, que representa un incremento del 100 % frente al sistema tradicional. De igual forma, la ganancia diaria de peso fue de 0,847 g/animal/día y 0,687 g/animal/día en las épocas lluviosa y seca respectivamente y la productividad de carne animal promedio fue de 1.204 kg/ha/año, de modo que llegó a ser superior 3,3 veces con respecto a la productividad obtenida en la ceba tradicional de la región.

Tabla 42. Producción de carne bovina bajo pastoreo en el sistema de pastoreo intensivo comparada con la ceba tradicional durante cinco años, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Año	Carga animal promedio (UA/ha)		Peso total promedio (kg/ha)		Ganancia diaria de peso (kg/animal)		Productividad (kg/ha/año)
	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	Lluvias	Seca	
2016	4,8	3,2	1.920	1.280	0,878	0,721	1.270
2017	4,9	3,2	1.960	1.280	0,847	0,604	1.236
2018	5,3	2,6	2.120	1.040	0,913	0,689	1.406
2019	4,9	2,6	1.960	1.040	0,750	0,734	1.107
2020	4,0	3,6	1.582	1.445	0,702	0,575	1.000
Promedio	5,0	2,9	1.990	1.160	0,847	0,687	1.204
Ceba tradicional	2,0	1,2	800	480	0,500	0,300	270

Fuente: Elaboración propia

Captura de carbono en el sistema de pastoreo intensivo sostenible

Los pastos producen biomasa a partir de la fotosíntesis, que es un proceso químico impulsado por la luz solar para la utilización de dióxido de carbono (CO₂) y agua. Su producto inicial es la glucosa, que es la base para la fabricación de almidón y azúcares que finalmente se convierten en forraje para la alimentación de los rumiantes. En este proceso también se produce oxígeno, por consiguiente, las plantas contribuyen a la descontaminación del CO₂ que se produce estos procesos y actividades para transformarse en alimentos y oxígeno para beneficio del hombre y los animales (figura 46).

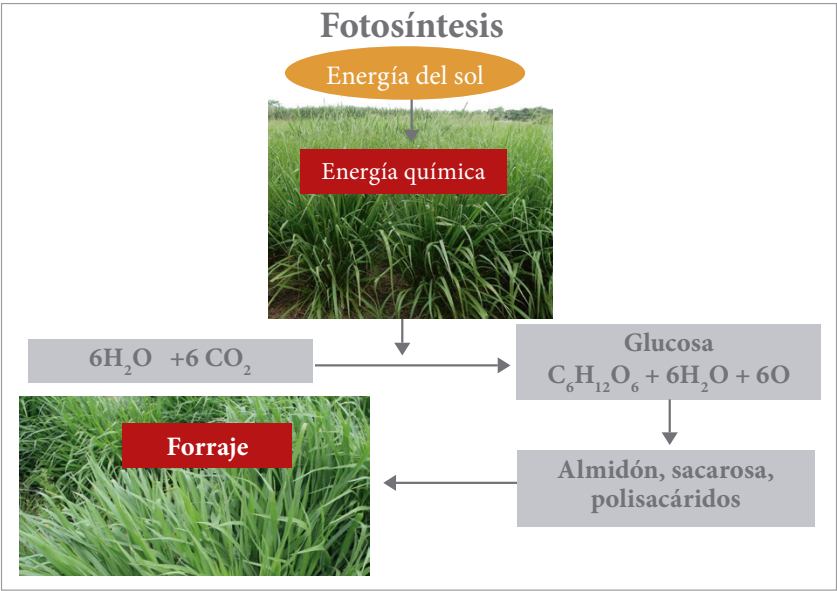


Figura 46. Proceso de fotosíntesis para la producción de forraje.
Fuente: Elaboración propia

En el año 1995, los combustibles fósiles y la industria produjeron 23.450 millones de toneladas métricas de CO₂ en el mundo, lo cual aumentó a 36.600 en el año 2022, en tanto la agricultura y la explotación de la tierra produjeron 4.800 y 3.900 en los mismos años respectivamente (Statista Research Department, 2023). Esto demuestra el efecto de las actividades en las cuales se utilizan combustibles fósiles en el incremento de gases de efecto invernadero, mientras que la agricultura permanece estable, con niveles que corresponden a cerca del 10 % de las emisiones.

La biomasa que producen los pastos está integrada por un 86 % de CO_2 , donde un 42 % corresponde a carbono y un 44 % es oxígeno, otro 7 % corresponde a hidrógeno y un 7 % está integrado por los minerales que la planta toma del suelo a través de las raíces (Salisbury & Ross, 1992) (figura 47).

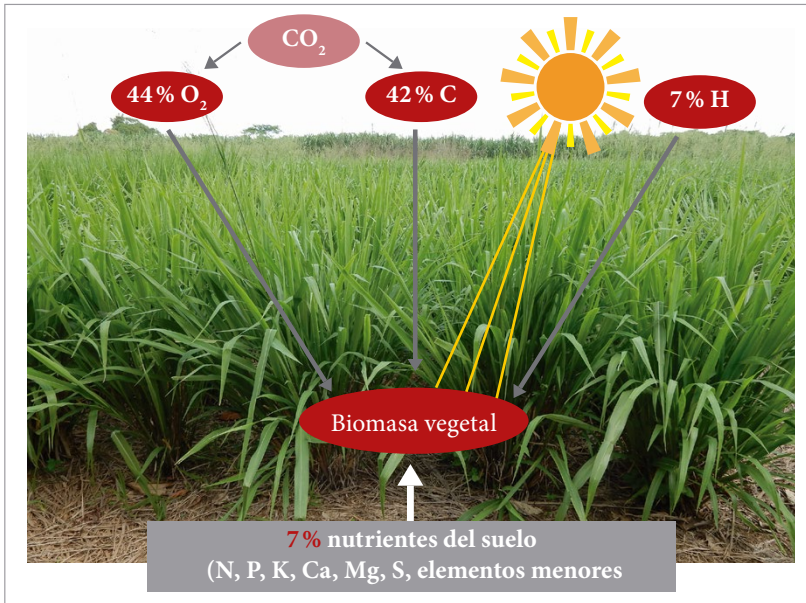


Figura 47. Composición de la biomasa vegetal producida por la fotosíntesis y por los nutrientes del suelo.
Fuente: Elaboración propia

Captura de carbono en el sistema de pastoreo intensivo

Para determinar la captura de carbono en el pastoreo intensivo, se determinó la producción de forraje y la producción de raíces, además de la disponibilidad de carbono en el suelo.

Carbono en hojas y tallos

Para determinar la captura de carbono en las hojas y tallos del pasto Llanero se evaluó la producción de biomasa aérea, para lo cual se realizó muestreo de forraje en cada potrero mediante un marco de $0,25 \text{ m}^2$ en 20 sitios siguiendo un transecto diagonal en las $0,8 \text{ ha}$ de cada potrero. Para determinar la materia seca se usó una submuestra de 200 g de forraje verde en una estufa de aire forzado a una temperatura de 70°C hasta tener peso seco constante a las 72 horas.

La producción de forraje del pasto Llanero en donde se desarrolló el pastoreo intensivo se presenta en la tabla 43. Se evaluaron los 12 potreros durante los nueve meses de la época lluviosa y tres meses de la época seca y se encontró un promedio de 11.963 y 2.801 kgMS/ha durante las épocas lluviosa y seca respectivamente, lo cual totalizó 14.763 kgMS/ha/año.

Tabla 43. Producción de forraje del pasto *U. brizantha* cv. Llanero bajo un manejo de pastoreo intensivo sostenible durante las épocas lluviosa y seca, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Potrero	Producción de forraje (kgMS/ha)				
	Lluvias (cada 30 días)	Seca (cada 30 días)	Lluvias (9 meses)	Seca (3 meses)	Forraje total (12 meses)
1	1.390	930	12.510	2.790	15.300
2	1.410	890	12.690	2.670	15.360
3	1.240	1.010	11.160	3.030	14.190
4	1.520	867	13.680	2.601	16.281
5	1.330	930	11.970	2.790	14.760
6	1.210	929	10.890	2.787	13.677
7	1.310	850	11.790	2.550	14.340
8	1.415	867	12.735	2.601	15.336
9	1.340	1.020	12.060	3.060	15.120
10	1.270	960	11.430	2.880	14.310
11	1.190	850	10.710	2.550	13.260
12	1.325	1.100	11.925	3.300	15.225
Promedio	1.329	934	11.963	2.801	14.763

Fuente: Elaboración propia

La producción obtenida bajo el manejo de pastoreo intensivo fue superior en más de 5.000 kgMS/ha/año a la obtenida en el pastoreo tradicional, lo cual representa un 58 % más de producción de forraje (figura 48). En aquellas praderas que están en proceso de degradación la producción de forraje en promedio es de 5.250 kgMS/ha/año, lo cual representa el 36 % de la producción que se obtiene en las praderas con manejo intensivo sostenible de pastoreo. La mayor producción de forraje no solo permite aumentar la capacidad de carga animal de las praderas, sino que además contribuye a una mayor captura de carbono. De otra parte, por la mayor calidad nutritiva de los forrajes, el animal gana más peso diario, lo cual hace que el periodo de ceba sea más corto y de esta forma se reduce el tiempo de pastoreo, lo que conlleva una menor emisión de metano por los animales. Por ejemplo, en una pradera con manejo intensivo de

pastoreo, un novillo que inicia en abril con un peso de 280 kg/animal puede salir a sacrificio a los 10 meses con un peso de 520 kg/animal, teniendo en cuenta que la ganancia diaria es de 800 g/animal/día. Así mismo, en una pradera con proceso de degradación, con una ganancia diaria de 300 g/animal/día, este mismo animal, para completar el peso a sacrificio de 520 kg/animal, tardará 20 meses, que es el doble del tiempo que demora un animal en pastoreo intensivo sostenible. Durante el periodo de ceba en pasturas con manejo intensivo sostenible un bovino emite en promedio 60 kg de metano (Montenegro et al., 2019; Beltrán-Santoyo et al., 2016), mientras que en praderas degradadas este valor se duplica.

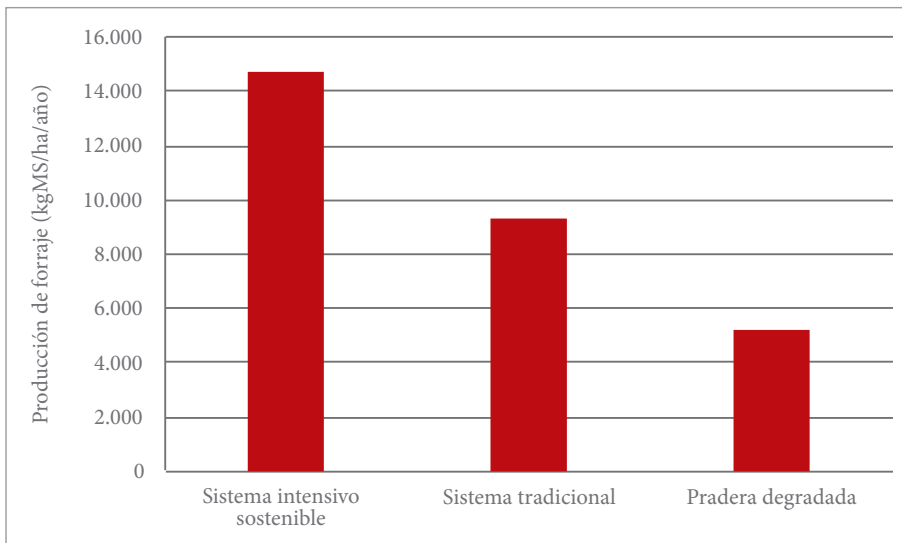


Figura 48. Producción de forraje anual en tres praderas de pasto Llanero con diferente manejo.
Fuente: Elaboración propia

Carbono en raíces

Para poder determinar la cantidad de carbono en las raíces del pasto Llanero en pastoreo intensivo, se realizaron evaluaciones en los 12 potreros con muestreo en un marco de $0,25 \times 0,25 \text{ m}^2$ a una profundidad de 0 a 15 cm y de 16 a 30 cm. Para la evaluación, se tomó el suelo a las dos profundidades y se colocó en sacos para luego separar las raíces del suelo mediante lavado con agua. Las raíces recién separadas fueron pesadas y luego se llevaron a estufa a una temperatura de 70 °C durante tres días con el fin de determinar el peso seco.

En los muestreos realizados se encontró un promedio de 11.796 kgMS/ha de raíces a una profundidad de 0 a 15 cm, lo cual equivale al 78 % del total de raíces encontradas en el perfil del suelo de 0 a 30 cm (tabla 44). La biomasa total de las raíces fue de 15 tMS/ha, un valor cercano a la biomasa aérea del pasto Llanero, que fue de 14,7 tMS/ha.

Tabla 44. Biomasa de raíces de *U. humidicola* cv. Llanero obtenidas en el suelo a una profundidad de 0 a 15 cm y 16 a 30 cm, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Potrero	Peso de raíces (kgMS/ha)		
	0-15 cm	15-30 cm	Total
1	10.150	1.550	11.700
2	6.475	1.950	8.425
3	17.375	2.425	19.800
4	6.400	3.275	9.675
5	20.700	4.975	25.675
6	17.625	3.950	21.575
7	6.875	1.145	8.020
8	5.900	850	6.750
9	10.275	3.550	13.825
10	10.525	4.275	14.800
11	10.425	7.525	17.950
12	18.825	3.550	22.375
Promedio	11.796	3.252	15.048

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el carbono en el suelo se tomaron muestreos de suelos en los 12 potreros a una profundidad de 20 cm y se enviaron al laboratorio para la determinación de la materia orgánica por el método de Walkley-Black. La densidad aparente se evaluó por medio de cilindros no disturbados (Coile, 1936, citado por Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 1990). El carbono del suelo (COS, t ha⁻¹) se calculó a partir de los valores del porcentaje de la materia orgánica del suelo (% MOS) de carbono y densidad aparente con la siguiente fórmula:

$$COS (t C ha^{-1}) = CC * DA * P, \text{ donde:}$$

CC = Contenido de carbono en el suelo (%)
DA = Densidad aparente (mg m⁻³)
P = Profundidad de muestreo (cm)

En la tabla 45 se presentan los resultados del análisis de laboratorio de la materia orgánica en los 12 potreros, de los cuales se obtuvo un promedio de 2,95 %. El carbono se determinó dividiendo la materia orgánica entre la constante 1,724 y como resultado se obtuvo un promedio de 1,71 % de carbono orgánico. La densidad aparente evaluada en los 12 potreros presentó un promedio de 1,45 g/cc. Teniendo en cuenta la información anterior, la cantidad de carbono en el suelo a una profundidad de 20 cm fue de 49,6 t/ha.

Tabla 45. Carbono almacenado en el suelo a una profundidad de 20 cm, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Potrero	Materia orgánica (%)	Carbono orgánico (%)	Densidad aparente (g/cc)	Carbono del suelo (t/ha)
1	2,96	1,72	1,45	49,9
2	2,65	1,54	1,51	46,5
3	2,32	1,35	1,43	38,6
4	3,19	1,86	1,38	51,2
5	2,79	1,62	1,51	48,9
6	3,32	1,93	1,46	56,3
7	2,84	1,65	1,41	46,5
8	2,87	1,67	1,42	47,4
9	2,91	1,69	1,37	46,4
10	3,26	1,90	1,52	57,6
11	2,91	1,69	1,48	50,1
12	3,35	1,95	1,44	56,1
Promedio	2,95	1,71	1,45	49,62

Fuente: Elaboración propia

Para estimar la cantidad de carbono en la biomasa del forraje del pasto y en las raíces, se utilizó el factor 0,5 (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2003), que dio como resultado el almacenamiento de 7,35 t/ha de carbono en las hojas y tallos del pasto Llanero y 7,55 t/ha en las raíces, por consiguiente, este pasto, con el manejo dado, puede almacenar cerca de 15 t/ha de carbono (figura 49). Sin embargo, la mayor presencia de carbono se presentó en el suelo donde está establecido este pasto, con 49,6 t/ha.

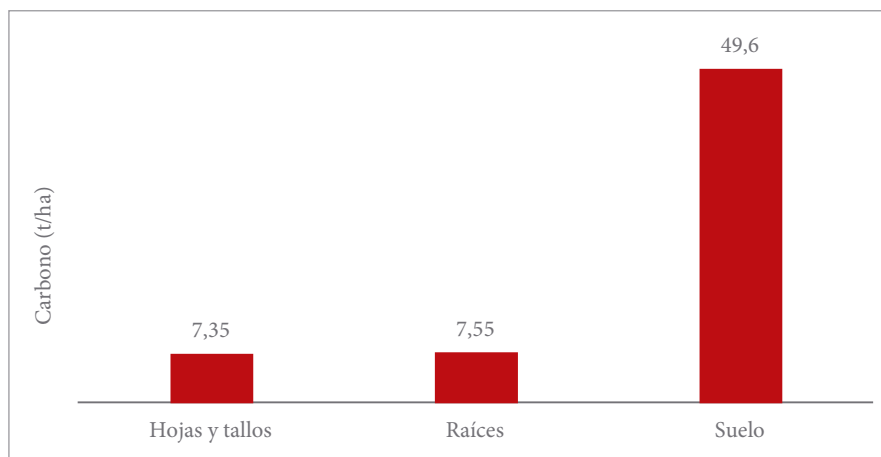


Figura 49. Carbono presente en el suelo y captura de carbono en hojas, tallos y raíces del pasto *U. humidicola* cv. Llanero en un manejo intensivo de producción de carne en el piedemonte llanero.
Fuente: Elaboración propia

Resultados preliminares de emisiones de metano entérico de bovinos en pastoreo intensivo

En la región de la Orinoquia, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la ganadería superan el promedio nacional y se encuentran relacionadas en un 68 % con los cambios de uso de suelo, principalmente por la deforestación; un 16 % proviene de los rumiantes que producen metano entérico (CH_4); un 9 % proviene de emisiones directas de óxido nitroso (N_2O) relacionadas con la fertilización, y un 7 % de otras fuentes de emisiones. Por lo tanto, existe la necesidad y la oportunidad de desarrollar prácticas sostenibles en los sistemas de producción ganadera de la región mediante la intensificación sostenible de la producción. Una de las formas de reducir las emisiones de GEI es mediante prácticas y sistemas de manejo que aumenten la productividad y que al mismo tiempo reduzcan las emisiones. Un ejemplo de ello es el uso de bovinos adaptados, el manejo del pastoreo intensivo, la suplementación estratégica y el aumento de la captura de carbono en los sistemas silvopastoriles que permiten hasta un 30 % de reducción de las emisiones de GEI (Chará et al., 2019).

Con el fin de conocer el aporte a las emisiones de metano entérico de un sistema de pastoreo intensivo con praderas de *Urochloa humidicola* cv. Llanero, en noviembre de 2020, en un grupo de 27 bovinos (nueve Cebú, cuatro F1 SM $\times$ C, cinco F2 SM $\times$ C $\times$ C y nueve F2 BON $\times$ C $\times$ C), se tomaron registros de la producción de metano entérico

mediante pistola láser (Crowcon LaserMethane Mini, Japan), según los métodos descritos por Chagunda et al. (2013), dos veces al día (registros entre las 9 a. m. y las 12 m. y entre las 2:30 p. m. y las 4:30 p. m.) durante tres semanas consecutivas, con el fin de estimar la producción diaria de metano entérico individual y la intensidad de metano entérico con relación al consumo de materia seca y la ganancia diaria de peso.

La tabla 46 describe las emisiones diarias y la intensidad de emisión de metano entérico por kilogramo de materia seca consumida y por ganancia diaria de peso de bovinos por grupo racial. No se observaron diferencias entre grupos raciales para la producción diaria total de metano entérico y la intensidad de emisión por kilogramo de materia seca consumida ($P > 0,05$). Sin embargo, la intensidad de emisión por kilogramo de ganancia diaria de peso (GDP) fue menor en bovinos Cebú que en bovinos F2 Sanmartinero $\times$ Cebú ($P \leq 0,05$), pero no hubo diferencias con los demás grupos raciales ($P > 0,05$).

Tabla 46. Emisiones diarias e intensidad de emisión de metano entérico de bovinos Cebú, F1 Sanmartinero $\times$ Cebú (F1 SM $\times$ C), F2 Sanmartinero $\times$ Cebú (F2 SM $\times$ C $\times$ C) y F2 Blanco Orejinegro $\times$ Cebú (F2 BON $\times$ C $\times$ C) en pastoreo intensivo en praderas de *Urochloa humidicola* cv. Llanero, C. I. La Libertad

Raza	Producción total de metano entérico g/d	Intensidad de emisión de metano entérico g/kgMS consumida	Intensidad de emisión de metano entérico g/kg GDP
Cebú	103,8 $\pm$ 8,97 ^a	12,24 $\pm$ 1,06 ^a	165,59 $\pm$ 14,73 ^a
F1 SM $\times$ C	121,3 $\pm$ 11,4 ^a	14,07 $\pm$ 1,33 ^a	206,05 $\pm$ 20,67 ^{ab}
F2 SM $\times$ C $\times$ C	136,21 $\pm$ 17,6 ^a	13,67 $\pm$ 1,59 ^a	244,86 $\pm$ 33,93 ^b
F2 BON $\times$ C $\times$ C	114,28 $\pm$ 8,78 ^a	13,52 $\pm$ 1,07 ^a	170,89 $\pm$ 14,21 ^{ab}

Nota: medias con letras diferentes en una misma columna difieren entre sí ($P \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, tanto el factor de emisión de metano entérico, que representa las emisiones por año, como el porcentaje de pérdidas de energía bruta del alimento por emisiones de metano, no presentaron diferencias en los grupos raciales evaluados ($P > 0,05$), como se observa en la tabla 47.

Tabla 47. Factor de emisión y porcentaje de pérdidas de energía bruta del alimento por emisiones de metano entérico (Ym) de bovinos Cebú, F1 Sanmartinero × Cebú (F1 SM × C), F2 Sanmartinero × Cebú (F2 SM × C × C) y F2 Blanco Orejinegro × Cebú (F2 BON × C × C) en pastoreo intensivo en praderas de *Urochloa humidicola* cv. Llanero, C. I. La Libertad

Raza	Factor de emisión kgCH ₄ /animal/año	Pérdidas de EB por emisiones de CH ₄ (Ym, %)
Cebú	28,5 ± 2,46 ^a	2,95 ± 0,26 ^a
F1 SM × C	33,3 ± 3,12 ^a	3,39 ± 0,32 ^a
F2 SM × C × C	37,4 ± 4,84 ^a	3,92 ± 0,47 ^a
F2 BON × C × C	31,38 ± 2,42 ^a	3,25 ± 0,26 ^a

Nota: medias con letras diferentes en una misma columna difieren entre sí ($P \leq 0,05$).
Fuente: Elaboración propia

Los registros de metano entérico en bovinos que se presentan aquí son los primeros obtenidos en la región y requieren la confirmación de los resultados en investigaciones posteriores que incluyan el efecto de la suplementación y la época del año, entre otros factores. El consumo de alimento (materia seca) se estimó con base en los resultados de estudios previos realizados en el C. I. La Libertad con el uso de óxido de cromo (Corpoica, 2016), que determinaron, para bovinos de ceba similares a los de este estudio, un consumo de materia seca de 2,01 kg/MS/100 kg de peso vivo. Cabe anotar que la calidad de la pradera donde se encontraban los bovinos durante el periodo de evaluación se consideró excelente debido a que la ganancia diaria promedio de peso vivo para el mes de noviembre (1,15 kg/a/d) fue la más alta observada durante el periodo de evaluación.

Las emisiones de metano (CH₄) son muy variables y dependen de la calidad del alimento, pero también del clima, el consumo de materia seca y la utilización de la energía por parte del animal. Estos hallazgos son similares a los encontrados en la región Caribe de Colombia, en cruces de Romosinuano × Cebú en pastoreo intensivo en praderas de *Megathirus maximus* cv. Sabanera y suplementación con un núcleo proteico energético, utilizando la pistola laser de este estudio (Mestra-Vargas et al., 2022), en el cual encontraron una producción diaria de metano entérico de 118 g/d con una intensidad de 15,7 g/kgMS y de 233 g/kg GDP. Así mismo, reportaron un factor de emisión anual de 53,4 kg de CH₄ por animal y un Ym de 3,87 %. Los valores encontrados en la presente evaluación son más bajos que los observados en Romosinuano × Cebú de la costa Caribe y menores que los esperados en ganaderías de carne en estas condiciones, lo que puede indicar el potencial de estos sistemas de

pastoreo intensivo en la mitigación de las emisiones de metano entérico. Por otra parte, en un experimento realizado en Palmira, Valle del Cauca, Gaviria-Uribe et al. (2020) evaluaron las emisiones de metano entérico de cuatro bovinos Cebú (234 ± 11 kg) que se alimentaban de pasto *Urochloa* híbrido cv. Caimán-CIAT BR02/1752 de diferente calidad nutricional (estado de crecimiento de 45 y 65 días). Las emisiones diarias de metano fueron menores cuando los bovinos consumieron el pasto de menor calidad nutricional, pero tuvieron la mayor relación de emisiones de CH_4 por kilogramo de MS digerida. Esta situación se pudo observar en el presente experimento, ya que reportes previos de bovinos alimentados con forrajes de alta calidad nutricional señalan una mayor eficiencia en la utilización del alimento y, por lo tanto, una baja pérdida de energía en forma de metano entérico (Chuntrakort et al., 2014).

Los sistemas intensivos de pastoreo también son una alternativa para mejorar la eficiencia de la utilización del alimento y así aportar a la reducción de las emisiones de metano entérico por unidad de carne producida. De hecho, en el presente trabajo, aunque no hubo diferencias entre ellos, los bovinos de menor y mayor emisión diaria fueron los Cebú ($103,8 \text{ gCH}_4/\text{d}$) y F2 Sanmartinero ($136,2 \text{ gCH}_4/\text{d}$) (tabla 48). Sin embargo, durante el periodo de mayor ganancia diaria de peso que se registró (noviembre a diciembre), los bovinos Cebú ganaron en promedio $1,3 \text{ kg/animal/d}$ frente a los bovinos F2 Sanmartinero, que tuvieron $1,06 \text{ kg/animal/d}$, lo que representó una menor ($P \leq 0,05$) intensidad de la emisión de metano entérico con relación a la ganancia diaria de peso (GDP) en el Cebú ($81,02 \pm 7,29 \text{ g/kg GDP}$) frente al F2 Sanmartinero ($132,96 \pm 20,89 \text{ g/kg GDP}$), pero no hubo diferencias ($P > 0,05$) con el F1 Sanmartinero ($111,16 \pm 9,61 \text{ g/kg GDP}$) y F2 BON ($106,81 \pm 9,51 \text{ g/kg GDP}$), que ganaron en promedio $1,09 \text{ kg/animal/d}$ y $1,1 \text{ kg/animal/d}$ respectivamente.

Para contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la ganadería de la Orinoquia se pueden utilizar prácticas que aumenten la productividad y que al mismo tiempo reduzcan las emisiones, como el pastoreo intensivo en sistemas silvopastoriles y el uso de bovinos adaptados.

Referencias

- Beltrán-Santoyo, M., Álvarez-Fuentes, G., Pinos-Rodríguez, J., & Contreras-Servín, C. (2016). Emisión de metano en los sistemas de producción de leche bovina en el Valle de San Luis Potosí, México. *Agrociencia*, 50(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000300297
- Chagunda, M. G. G., Ross, D., Rooke, J., Yan, T., Douglas, J. L., Poret, L., McEwan, N., Teeranavattanakul, P., & Roberts, D. J. (2013). Measurement of enteric methane from ruminants using a hand-held laser methane detector. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 63(2), 68-75. <https://doi.org/10.1080/09064702.2013.797487>
- Chará, J., Reyes, E., Peri, P., Otte, J., Arce, E., & Schneider, F. (2019). *Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America*. FAO, CIPAV, Agri Benchmark. <http://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/08/silvopastoral-systems-contribution-improved-resource-use-and-sustainable-development-goals.pdf>
- Chuntrakort, P., Otsuka, M., Hayashi, K., Takenaka, A., Udchachon, & S., Sommart, K. (2014). The effect of dietary coconut kernels, whole cottonseeds and sunflower seeds on the intake, digestibility and enteric methane emissions of Zebu beef cattle fed rice straw-based diets. *Livestock Science*, (161), 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.003>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1984). *Oxisoles y ultisoles de América tropical. Mineralogía y características químicas* [Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema] (contenido científico a cargo de J. G. Salinas & C. A. Valencia). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/forrajes_tropicales/pdf/4th/suelosYoxisoles.pdf
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2016). *Recomendaciones de alimentación, manejo reproductivo y ecofisiológico en la pubertad, periparto, levante y ceba para aumentar la eficiencia productiva y reducir los costos en sistemas de producción de carne y doble propósito de la Orinoquia*. [Informe final de proyecto]. Corpoica.
- Gaviria-Uribe, X., Chirinda, N., Brarahona-Rosales, R., Bolivar Vergara, D., Rosenstock, T., & Arango, J. (2020). Measurement of methane emissions in cattle with infrared gas analyzer and gas chromatography. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1365>

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (1990). *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. IGAC. https://scholar.google.es/scholar?lookup=0&q=metodos+analiticos+de+laboratorio+de+suelos+IGAC&hl=es&as_sdt=0,5
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Mestra-Vargas, L. I., Sierra-Alarcón, A. M., Gualdrón-Duarte, L. B., Medina-Herrera, D., Ortiz, R., & Mayorga-Mogollón, O. L. (2022). *Effect of nutritional supplementation on methane emissions of grazing beef cattle in Colombian humid Caribbean*. [Poster]. 8th International Greenhouse Gas & Animal Agriculture Conference, Orlando, Florida, Estados Unidos.
- Montenegro, Y., Barrantes, E., & Ivankovich, S. (2019). Cuantificación de metano entérico según estado fisiológico en vacas lecheras de alta producción en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 44(1). <https://doi.org/10.15517/rac.v44i1.40003>
- Pineda, M. O. (2021, octubre 13). El reciclaje de los elementos minerales al suelo, para compensar en parte la extracción que hacen las plantas forrajeras. *Engormix*. https://www.engormix.com/lecheria/suelo-pasturas/reciclaje-elementos-minerales-suelo_a48282/
- Rincón, A., Flórez, H., Ballesteros, H., & León, L. M. (2018). Efectos de la fertilización en la productividad de una pastura de *Brachiaria humidicola* cv. Llanero en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 6(3), 158-168. [https://doi.org/10.17138/tgft\(6\)158-168](https://doi.org/10.17138/tgft(6)158-168)
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=salisbury+y+ros+s+fisiolog%C3%ADa+vegetal&oq=salisbury+y+Ross
- Statista Research Department. (2023). *Emisiones mundiales de CO₂ de 1995 a 2022*. <https://es.statista.com/estadisticas/635894/emisiones-mundiales-de-dioxido-de-carbono/>





Capítulo 6

Análisis financiero del sistema

En este análisis se incluye las inversiones para el establecimiento del sistema en el año 0, los costos y gastos de mantenimiento anual a partir del año 1 hasta el año 10 y el ingreso obtenido por la producción de carne bovina.

Inversiones para el establecimiento de 10 hectáreas (año 0)

Las inversiones que se presentan se pueden proyectar a aquellas áreas que se pretendan dedicar para el desarrollo de este tipo de sistemas ganaderos. En la tabla 48 se encuentra un resumen de las inversiones que incluye:

1. Establecimiento de praderas con pasto Llanero, con un costo de \$2.113.700 por hectárea.
2. Establecimiento de 3 franjas de árboles con una longitud de 232 metros cada una, para un total de 696 metros, con un costo de \$5.668.798. Para este ejercicio se tuvo en cuenta la siembra de los árboles y la cobertura vegetal con *A. pinto* cv. Centauro bajo estos árboles.

- 3. Construcción de cerca perimetral con alambre de púas, con una longitud de 1.324 metros y un costo de \$26.228.316.
- 4. Construcción de 2.252 metros de cerca eléctrica de protección con un costo de \$11.273.893. Para esta cerca se utilizan 2 hilos de alambre acerado. Tanto las divisiones internas en cerca eléctrica como la cerca perimetral son necesarias para contar con 12 potreros, cada uno de 0,8 hectáreas.
- 5. Se instalan 4 bebederos y 6 salinas de acuerdo con el plano de la figura 24, que ascienden a \$6.162.800.

El costo total para el establecimiento del sistema en 10 ha ascienden a \$70.470.807. Se presenta un mayor detalle de los costos en los anexos.

Tabla 48. Costos para el establecimiento del sistema de pastoreo intensivo, C. I. La Libertad, piedemonte llanero, año 2023

Siembra del pasto Llanero, anexo 1	Costo 10 ha (\$)
Maquinaria	4.600.000
Fertilizantes	6.682.000
Semillas	4.800.000
Control sanitario	490.000
Servicios	4.565.000
Subtotal siembra del pasto	21.137.000
Banco de proteína arborizado (3 franjas de 232 m c/u = 696 m), anexo 4	Costo de 696 m (\$)
Cerca de protección	3.874.336
Siembra de árboles	765.356
Siembra cobertura vegetal de <i>A. pinto</i> cv. Centauro	1.029.106
Subtotal siembra árboles y cobertura	5.668.798
Cerca perimetral en alambre de púas, anexo 2	Costo de 1.324 m (\$)
	26.228.316
Cerca eléctrica interna divisoria, anexo 3	Costo de 2.252 m (\$)
	11.273.893
Bebederos y salinas, anexo 5	Valor total (10 ha)
	6.162.800
Costo total	70.470.807

Fuente: Elaboración propia

Costos y gastos para el mantenimiento (año 1)

Para obtener una productividad de carne estable y persistente es necesario asegurar la disponibilidad de forraje de buena calidad nutritiva que se logra con fertilización anual de mantenimiento, suministro constante de sal mineralizada y demás insumos veterinarios. Para el presente ejercicio, los costos y gastos se distribuyen a partir del año 1 de iniciado el proyecto por hectárea, así:

1. \$1.209.000 para la fertilización con urea, DAP, kieserita y cloruro de potasio; se incluye el transporte y la mano de obra para su distribución en cada potrero.
2. \$1.370.514 asociados al manejo animal y nutrición mineral (sal mineralizada, drogas veterinarias y manejo animal).
3. Los costos de mantenimiento ascienden a \$2.579.514 por hectárea y al ser comparados con el manejo tradicional, donde no se aplica la fertilización y se tienen menos animales por hectárea, los costos anuales son de \$296.450 (tabla 49).
4. Se incluye el costo de 50 machos para engorde con 280 kg de peso vivo (PV) y con un valor de compra de \$9.000 por kilo; se incluye además el costo del transporte.

Tabla 49. Costos de mantenimiento anual para el desarrollo del pastoreo intensivo en forma sostenible, C. I. La Libertad, piedemonte llanero

Insumo	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario (\$)	Pastoreo intensivo		Pastoreo tradicional en 1 ha (\$)
				Valor total en 1 ha (\$)	Valor total en 10 ha (\$)	
Fertilización praderas						
Urea	Bulto de 50 kg	4	107.000	428.000	4.280.000	
DAP	Bulto de 50 kg	2	130.000	260.000	2.600.000	
Kieserita	Bulto de 50 kg	1	65.000	65.000	650.000	
Cloruro de potasio	Bulto de 50 kg	1,5	104.000	156.000	1.560.000	
Transporte	Tonelada	0	400.000	170.000	1.700.000	
Mezcla y aplicación	Jornal	2	65.000	130.000	1.300.000	
Subtotal fertilización de praderas				1.209.000	12.090.000	
Manejo animal						
Sal mineralizada	Bulto de 40 kg	3	96.642	271.806	2.718.056	103.950
Manejo animal	Jornal	5,1	65.000	331.500	3.315.000	130.000
Mantenimiento infraestructura ganadera (10 % de la inversión)	Varios	1	704.708	704.708	7.047.081	
Vacunas, drogas veterinarias	Unidad animal	5	12.500	62.500	625.000	62.500
Subtotal manejo animal				1.370.514	13.705.137	296.450
Adquisición de semovientes y transporte						
Costo novillos de 280 kg de PV	Novillo	5	2.520.000	12.600.000	126.000.000	
Costo transporte novillos	Viaje	3	60.000	180.000	1.800.000	
Subtotal adquisición de semovientes y transporte				14.150.514	141.505.137	296.450
Valor total				2.759.514	27.595.137	296.450

Fuente: Elaboración propia

El pastoreo tradicional genera costos y gastos menores dado que no se fertiliza y el consumo de sal mineralizada y demás insumos veterinarios es menor.

Análisis financiero a 10 años

A una tasa de descuento del 9 %, se generan los siguientes indicadores para el presente ejercicio financiero (tabla 50):

1. Las inversiones se realizan en el año 0, por un valor de \$70,47 millones.
2. Los costos y gastos se realizan a partir del año 1 y ascienden a \$167,30 millones, de los cuales el 7,2 % corresponde a procesos de fertilización, el 8,2 % al manejo animal e insumos veterinarios (se incluye el 10 % anual del valor de las inversiones efectuadas en el año 0 con el fin de mantener en adecuadas condiciones dicha infraestructura) y el 84,6 % a la compra y transporte de semovientes para el engorde. Por otra parte, se observa el incremento anual de acuerdo con la tasa de descuento proyectada.
3. Teniendo en cuenta la información presentada en la tabla 42 sobre la productividad animal obtenida en este sistema, se establece una ganancia de peso animal de 1.148 kg/ha/año equivalentes a una ganancia diaria de peso por animal de 850 gramos y cargas que puede alcanzar por lo menos 5 UA/ha. Lo anterior permite contar con novillos finalizados de 510 kg de peso vivo que generan ingresos por \$22.163.250 por hectárea (kilo a \$8.700 comercializado en pie potrero-báscula). Dichos ingresos, con una tasa de descuento del 9 % para el año 1 del proyecto y para las 10 hectáreas, alcanzan los \$236,98 millones.
4. El beneficio neto es positivo a partir del año 1, con \$69,68 millones, y el beneficio neto acumulado es positivo a partir del año 3, con \$75,16 millones.
5. Los indicadores financieros permiten concluir que este sistema productivo se convierte en una alternativa rentable para los pequeños productores, dado que el valor presente neto (VPN) es positivo (\$2.064,95 millones), la tasa interna de retorno (TIR) es superior a la tasa de descuento proyectada (con un 108 %) y la relación beneficio/costo (B/C) es superior a 1 (con un 1,38).

Tabla 50. Análisis financiero del sistema de pastoreo intensivo en el piedemonte llanero (en millones de pesos)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversiones	70,47										
C+G		167,30	182,36	198,77	216,66	236,16	257,41	280,58	305,83	333,36	363,36
Total egresos	70,47	167,30	182,36	198,77	216,66	236,16	257,41	280,58	305,83	333,36	363,36
Ingresos		236,98	258,31	281,56	306,90	334,52	364,62	397,44	433,21	472,20	514,70
Beneficio neto	-70,47	69,68	75,95	82,79	90,24	98,36	107,21	116,86	127,38	138,84	151,34
Beneficio neto acumulado	-70,47	-0,79	75,16	157,95	248,18	346,54	453,75	570,61	697,99	836,83	988,17

VPN: 2.064,95 se acepta
TIR: 108 % se acepta
B/C: 1,38 se acepta

Fuente: Elaboración propia

El beneficio económico para el ganadero que implemente el sistema de pastoreo intensivo para la producción de carne bovina en la Orinoquia colombiana se resume en la tabla 51. El ingreso neto que se puede obtener es 12,4 veces mayor respecto a lo que se obtiene en la producción de grano de maíz amarillo.

Tabla 51. Costos e ingresos del sistema intensivo sostenible de producción de carne comparados con la producción de grano de maíz amarillo en la Orinoquia colombiana

Análisis financiero	Ceba intensiva	Maíz grano
Costo total (\$/ha)	26.122.521	7.000.000
Ingreso bruto (\$/ha)	36.004.231	7.800.000
Utilidad neta (\$/ha)	9.881.710	800.000

Fuente: Elaboración propia

Un productor con 10 ha bajo un sistema de producción de carne bovina en sistemas intensivos de pastoreo puede cebar 50 novillos durante un año y obtener una utilidad de \$98 millones; por consiguiente, es una alternativa rentable para pequeños productores, pues en solo 10 ha puede obtener un ingreso mensual de \$8.160.000.





Conclusiones

La fertilización de praderas de *Urochloa humidicola* cv. Llanero es una práctica recomendable para mejorar la producción y la calidad nutricional del forraje, condición favorable para incrementar la capacidad de carga animal y la productividad de carne bovina en condiciones de la Orinoquia colombiana.

La producción de 1,1 toneladas de carne bovina por hectárea durante 270 días de pastoreo en el sistema de pastoreo intensivo genera ingresos que pagan los costos de la fertilización y dejan una utilidad de \$9,88 millones por hectárea.

La tecnología aporta a la reducción de efectos negativos para el medio ambiente porque hace un manejo adecuado de los insumos, de acuerdo con los requerimientos de los pastos y la concentración de minerales en el suelo. Así mismo, se hace un mejor aprovechamiento de las áreas utilizadas en ganadería, ya que se puede duplicar la cantidad de animales en la misma área o reducir las áreas en ganadería en un 50 % con la misma cantidad de animales.

Se contribuye a la biodiversidad del sistema mediante la utilización de especies arbóreas en los potreros, lo cual contribuye al bienestar animal, y, junto con forrajes productivos de buena calidad, se aumenta la captura de carbono y se reduce la emisión de metano.



Anexos

Anexo 1. Costos para la siembra de pasto Llanero, año 2023, C. I. La Libertad

Insumos	Cantidad/ha	Valor unitario (\$)	Valor total (\$/ ha)
Maquinaria (pase)			
Cinzel	1	120.000	120.000
Rastra	1	100.000	100.000
Pulidor	1	80.000	80.000
Aplicación de herbicida	1	80.000	80.000
Siembra y aplicación de fertilizantes con encaladora	1	80.000	80.000
Subtotal maquinaria			460.000
Fertilizantes (bulto por 50 kg)			
Cal dolomítica	10	14.700	147.000
Escorias Thomas	8	43.400	347.200
Yeso agrícola	2	35.000	70.000
Cloruro de potasio	1	104.000	104.000
Subtotal			668.200
Semillas			
Brachiaria	6	80.000	480.000
Subtotal			480.000

Insumos	Cantidad/ha	Valor unitario (\$)	Valor total (\$/ ha)
Plaguicidas			
Control de hormiga con insecticida en polvo (kg)	1	10.000	10.000
Control de malezas antes de siembra con glifosato (litro)	3	13.000	39.000
Subtotal			49.000
Servicios			
Mezcla insumos y siembra	1	65.000	65.000
Control de plagas	0,5	65.000	32.500
Transporte de insumos	1	400.000	424.000
Subtotal			456.500
Total			2.113.700

Anexo 2. Costo de un kilómetro de cerca de púas, año 2023

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Insumos por kilómetro				
Postes de cemento (Cada 4 m)	Unidad	250	37.980	9.495.000
Postes de madera calibre 12 (estaciones)	Unidad	24	39.984	959.616
Alambre de púa, 4.000 metros	Rollo	11,4	254.000	2.902.857
Grapas	Kilo	2	8.700	17.400
Alambre n.º 8	Kilo	12	10.798	129.576
Subtotal				13.504.449
Servicios por kilómetro				
Contrato construcción	Unidad	274	10.000	2.740.000
Transporte insumos	Toneladas	9	400.000	3.428.457
Regada de postes en la finca	Unidad	274	500	137.000
Subtotal				6.305.457
Total				19.809.906

Anexo 3. Costo de un kilómetro de cerca eléctrica, año 2023

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total por km (\$)
Insumos				
Postes calibre 10 (cada 15 metros)	Unidad	82	28.560	2.341.920
Grapas	Kilo	1	8.700	8.700
Alambre dulce n.º 14	Kilo	1	14.000	14.000
Alambre acerado n.º 12	Kilo	90	7.000	630.000
Tensor metálico	Unidad	16	7.900	126.400
Cable aislador	Metro	40	1.026	41.024
Aislador inicio-fin	Unidad	16	1.428	22.848
Aislador portabroche	Unidad	8	3.400	27.200
Cinta autofundente	Rollo	1	84.900	84.900
Tubo aislador	Metro	20	576	11.519
Maniguetas	Unidad	8	5.514	44.112
Aislador tipo pin	Unidad	8	1.000	8.000
Subtotal insumos				3.360.623
Servicios				
Contrato construcción	Postes	82	10.000	820.000
Transporte insumos	Toneladas	2	400.000	720.080
Subtotal servicios				1.540.080
Otros accesorios para 10 kilómetros (se hacen los cálculos para 1 km)				
Cuchilla doble tiro	Unidad	4	23.900	2.390
Voltímetro de luces	Unidad	1	55.260	5.526
Llave tensor-metálica	Unidad	1	8.600	860
Varilla para polo a tierra	Unidad	6	142.000	14.200
Impulsor C 7000	Unidad	1	800.000	80.000
Desviador de rayos	Unidad	2	24.900	2.490
Subtotal accesorios				105.466
Total				5.006.169

Anexo 4. Costo de un kilómetro de banco de proteína arborizado, año 2023

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total por km (\$)
Cerca de protección				
Postes calibre 10 (cada 10 metros)	Unidad	100	28.560	2.856.000
Grapas	Kilo	1	8.700	8.700
Alambre acerado n.º 12	Kilo	90	7.000	630.000
Tensor metálico	Unidad	8	7.900	63.200
Cable aislador	Metro	40	1.026	41.024
Aislador inicio-fin	Unidad	16	1.428	22.848
Cinta autofundente	Rollo	1	84.900	84.900
Tubo aislador	Metro	20	576	11.519
Contrato para la construcción de 1 km	Postes	100	10.000	1.000.000
Transporte insumos	Toneladas	2	400.000	848.384
Subtotal cerca protección				5.566.575
Siembra de los árboles				
3 hileras/franja a 7 m entre plantas	Planta	430	1.000	430.000
Escorias Thomas	Bulto	1	43.400	43.400
Cal dolomítica	Bulto	1	12.600	12.600
Yeso agrícola	Bulto	1	35.000	35.000
Fosfato diamónico	Bulto	0,5	130.000	65.000
Sulpomag	Bulto	0,5	199.300	99.650
Borozinco	Bulto	0,2	120.000	24.000
Mano de obra	Jornal	6	65.000	390.000
Subtotal zonas de sombrío				1.099.650
Siembra cobertura vegetal de <i>A. pintoii</i> cv. Centauro				
Material vegetativo de maní forrajero	Bulto	15	20.000	300.000
Fosfato diamónico	Bulto	2	130.000	260.000
Sulpomag	Bulto	2	199.300	398.600
Mano de obra	Jornal	8	65.000	520.000
Subtotal cobertura				1.478.600
Total				8.144.825

Anexo 5. Costos para la instalación de bebederos y salinas

Concepto	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Salinas	6	250.000	1.500.000
Bebederos	4	755.900	3.023.600
Manguera de 1 pulgada (800 m), rollo de 100 m	8	249.900	1.999.200
Flotadores	8	30.000	240.000
Accesorios	1	250.000	250.000
Mano de obra instalación (jornales)	10	65.000	650.000
Total		1.350.800	6.162.800

Terminó de diseñarse
en julio de 2025, Bogotá, D. C., Colombia

La ganadería, bien manejada, contribuye al bienestar de los productores, a la sostenibilidad de los sistemas ganaderos y a la mitigación de los gases de efecto invernadero. En el buen manejo se incluyen los componentes de clima, suelo, planta y animal donde las decisiones tomadas por el ganadero determinan su éxito o fracaso. Los indicadores que se tienen sobre la ganadería en el país reflejan su ineficiencia con menos de un animal por hectárea, ganancias de peso inferiores a 400 g/animal/día y productividad de carne promedio de 200 kg/ha/año, como consecuencia de la baja disponibilidad y calidad del forraje en los potreros, ocasionada por la degradación de praderas con efectos negativos en la compactación de suelos, mayor emisión de metano y menor captura de carbono. Sin embargo, esto se puede remediar mediante la aplicación de recomendaciones generadas por AGROSAVIA que permiten recuperar praderas degradadas y darles un manejo adecuado para aumentar su productividad durante muchos años. En esta publicación se presentan los resultados de investigaciones obtenidos durante más de cinco años con énfasis en sistemas ganaderos para el pequeño productor en la Orinoquía colombiana con enfoque en el buen manejo de la nutrición del pasto y manejo del pastoreo, lo cual ha permitido duplicar la disponibilidad de forraje, aumentar la capacidad de carga a 5 animales/ha, y las ganancias de peso han sido superiores a 800 g/animal/día y la productividad de carne de 1,2 t/ha/año; lo cual contribuye a mejorar la calidad de vida del ganadero en equilibrio con el medio ambiente.



BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: **bac@agrosavia.co**

TELÉFONO: **(+57) 601 914 4677**

www.agrosavia.co

Distribución gratuita
Prohibida su venta