

Evaluación del sistema silvopastoril *Alnus acuminata* + *Cenchrus clandestinus* y praderas de *Cenchrus clandestinus* sobre la disponibilidad y calidad del forraje, producción y calidad de leche en el municipio de Pupiales, Colombia

Edwin Bernardo Insuasty Paz

Adriana Beronica Garreta Cadena

Asesor

Diego Rosendo Chamorro Viveros

Zct MSc PhD (e)

Universidad Nacional Abierta a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Especialización en Nutrición y Alimentación Animal Sostenible

2024

Dedicatoria

Le doy gracias a Dios y a la Virgen de las Lajas por la vida guiandome por el camino de la sabiduría para hoy alcanzar una meta más de mi vida. Por la salud, porque el desarrollo de trabajo se realizó durante una época de pandemia.

A mis padres Omar y Esperanza; doy gracias por el amor y el apoyo incondicional.

A mi hermana Evelin por ser mi gran amiga y darme aliento en los momentos más difíciles.

A mi profesor y amigo, Diego Chamorro por sus consejos, conocimientos y experiencias para llegar a feliz término esta investigación.

Y a todos aquellos que me han acompañado en las diferentes etapas de mi vida, gracias a esas vivencias he llegado a ser mejor como persona. Edwin.

Todo gran cometido tiene un principio, pero es la lucha, sacrificio y perseverancia hasta el final, donde está la verdadera gloria, el obstáculo más grande para el descubrimiento no es la ignorancia, sino la falta de motivación para tener acceso al conocimiento.

Este es otro acto de mi vida y esta nueva obra se cimienta en los sentimientos repletos de gratitud y afecto para las personas que más quiero.

Mi hija: María Gabriela.

Mis Padres: José Garreta y María Cadena

Mis Hermanos: Nelly, Armando, Rubiela y Pedro.

A todos mis familiares y amigos. Adriana.

Agradecimientos

Damos gracias a Dios por haber puesto a magnificas personas en nuestra investigación y habernos permitido terminar satisfactoriamente.

Agradecimientos a nuestros Espíritus mayores por ser nuestros guías y protectores de nuestro caminar, por brindarnos la oportunidad de culminar con satisfacción esta meta.

De manera muy especial queremos agradecer a nuestro director de trabajo de grado Zct MSc PhD (e) Diego Chamorro Viveros por su paciencia, dedicación y apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por los conocimientos, experiencias adquiridas durante el proceso de formación académica.

Al proyecto: “Fortalecimiento de Organizaciones de Base Comunitaria y Redes Agroecológicas en el Suroccidente Colombiano. Agroecología para la Paz “PROYECTO ECOPAZ” CSO-LA/2017/394-054 ECOPAZ, de la Asociación Para el Desarrollo Campesino ADC por su apoyo económico para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Sociedad de Agricultores y Ganadero de Nariño – SAGAN.

Al Centro de Investigación Agrosavia.

A los hermanos Lilia y Ricardo Orbes, propietarios de la finca Las Delicias, por su voluntad, disponibilidad y colaboración en el desarrollo de las actividades para culminar con éxito esta investigación.

Resumen

La investigación se realizó en la finca Las Delicias localizada en la vereda Tepud del Municipio de Pupiales Departamento de Nariño, Latitud 0°56'21" N; 77°40'50" W con una Altitud de 3100 m.s.n.m. y temperatura entre 8°C a 18°C, una precipitación promedio anual de 1411 mm. Caracterizada por topografía plana a fuertemente ondulada, con pendientes menores del 30 %, con presencia esporádica de heladas y granizo. Los suelos experimentales fueron Franco Arcillo Limoso (FARL), con buen drenaje. Los tratamientos experimentales estuvieron conformados por cuatro praderas de Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) testigo (T1) y cuatro SSP (T2) de Aliso (*Alnus acuminata*) + Kikuyo (*C. clandestinus*) con una extensión de 0,25 ha cada una. El SSP (T2) presentó mejores indicadores edáficos como CIC (6,57 cmol+/Kg) y mayores concentraciones de Nitrógeno (0,76 %) fosforo (6,08 mg/Kg), Calcio (2477 mg/Kg), Magnesio (445 mg/Kg), Potasio (206 mg/Kg), Cobre (0,32 mg/Kg), Zinc (5,75 mg/Kg) y Azufre (5,00 mg/Kg). En cada ciclo de pastoreo un día antes de iniciar el periodo de ocupación y el último día de pastoreo se determinó la biomasa forrajera y la composición botánica. En esta investigación se evaluaron cuatro periodos de 15 días, de los cuales siete días fueron de adaptación y ocho días de medición. Para la evaluación en producción de biomasa forrajera se utilizó la técnica de frecuencias. Se reportaron diferencias ($P < 0.01$) en la producción de Forraje Verde de 8,5 t/ha. y 11,7 t/ha. para el tratamiento Testigo (T1) y el SSP (T2) respectivamente. Se presentaron diferencias ($P < 0.05$) en la producción de Materia Seca de 2,97 t/MS/ha. y 3,34 t/MS/ha, en el Testigo (T1) y en SSP (T2) respectivamente. El tratamiento SSP (T2) superó en 37,66 % en producción de forraje verde disponible al tratamiento Testigo (T1) en todo el experimento. La producción total de materia orgánica (MO) en el SSP (T2) fue 2.2 t/ha, superando en 23.56% al Testigo (T1) 1,7 t/ha. Para la evaluación Zootécnica se utilizaron seis vacas Holstein con un peso

promedio de 553 kg entre 3 y 4 partos con una producción de leche promedio de 15.7 l/vaca/día. El diseño experimental utilizado fue de sobre cambio doble o “Cross over”. En la producción de leche las vacas en los SSP lograron un promedio de 23,89 l/vaca/día, superando ($P < 0.01$) al testigo en 1,35 l/vaca/día (22,54 l/vaca/día). Este incremento en la producción de leche, se relacionó a una mayor calidad nutricional de la biomasa forrajera de los SSP manifestada en mayores niveles de PC (18.55%), EE 2,33 %, Ca (0,42%), P (0,32%) y K (2,88%), menores porcentajes de FDN (52,87%), FDA (31,33), lignina (5,62%) y taninos totales (10,06%). Que se reflejó en mayores valores de DIVMS (64.43%). Adicionalmente, el forraje de los SSP presentó un mayor aporte en Energía Metabolizable (2,16%). Además, presentó una tendencia al incremento en NDT (58,87%); EB (4,20 MCal/kg de MS); EDRUM (2,70 MCal/kg de MS); EMRUM (2,16 MCal/kg de MS); ENMRUM (1,30 MCal/kg de MS) y ENGRUÑA (0,71 MCal/kg de MS) y del modelo CNCPS de la fracción B1 de la proteína (19.44%). Aplicando la Resolución 017 del 2012 vigencia 2024 -2025 para el pago por calidad de leche y proyectando el grupo experimental de 3,7 UGG/ha. a una lactancia de 305 días, el SSP (T2) presentó un Ingreso Bruto (IB) Anual de \$ 50.445.387 con un incremento de \$ 1.935.473 comparándolo con el testigo (T1). En el proceso de capacitación se participó en el curso online (2022) Establecimiento y manejo de sistemas Silvopastoriles para bovinos de leche en trópico alto. Y en el III Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales (CICAA, 2021). Además, se participó en el programa institucional de la UNAD “Con Olor a Región”. Red de Fincas Silvopastoriles en Nariño "Red Silvopaz" - Parte 2. Adicionalmente, se participó en el VIII Encuentro zonal de semilleros de investigación, II encuentro de investigación, innovación y proyección social (2024). Con esta investigación se demostró que los SSP Aliso (*Alnus acuminata*) + Kikuyo (*C. clandestinus*) son una opción viable para incrementar la producción en sistemas especializados

de leche en Trópico Alto de Nariño - Colombia con vacas de elevadas producciones de leche y apoyar en la reconversión ganadera a modelos sostenibles.

Palabras Clave: Producción de leche, Sistema Silvopastoril, *Alnus acuminata*, *Cenchrus clandestinus*, CNCPS y Ganadería Sostenible.

Abstract

The research was carried out on the Las Delicias farm located in the Tepud village of the Municipality of Pupiales, Department of Nariño, Latitude 0°56'21"N; 77°40'50"W with an Altitude of 3100 m.a.s.l and temperature between 8°C to 18°C, an average annual precipitation of 1411 mm. Characterized by flat to strongly undulating topography, with slopes less than 30%, with sporadic presence of frost and hail. The experimental soils were silty clay loam (FArL), with good drainage. The experimental treatments were made up of four Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) control meadows (T1) and four Alder (*Alnus acuminata*) + Kikuyo (*C. clandestinus*) SSP (T2) with an area of 0.25 ha each. The SSP (T2) presented better edaphic indicators such as CEC (6.57 cmol+/Kg) and higher concentrations of Nitrogen (0.76 %), Phosphorus (6.08 mg/Kg), Calcium (2477 mg/Kg), Magnesium (445 mg/Kg), Potassium (206 mg/Kg), Copper (0.32 mg/Kg), Zinc (5.75 mg/Kg) and Sulfur (5.00 mg/Kg). In each grazing cycle, one day before starting the occupation period and on the last day of grazing, forage biomass and botanical composition were determined. In this research, four periods of 15 days were evaluated, of which seven days were for adaptation and eight days for measurement. For the evaluation of forage biomass production, the frequency technique was used. Differences ($P < 0.01$) in Green Forage production of 8.5 t/ha and 11.7 t/ha were reported for the Control treatment (T1) and the SSP (T2) respectively. There were differences ($P < 0.05$) in the production of Dry Matter of 2.97 t/DM/ha and 3.34 t/DM/ha in the Control (T1) and in SSP (T2) respectively. The SSP treatment (T2) surpassed the Control treatment (T1) by 37.66% in production of available green forage throughout the experiment. The total production of organic matter (OM) in the SSP (T2) was 2.2 t/ha, exceeding the Control (T1) by 23.56% (1.7 t/ha). For the Zootechnical evaluation, six Holstein cows were used with an average weight of 553 kg

between 3 and 4 births with an average milk production of 15.7 l/cow/day. The experimental design used was a double overchange or “Cross over”. In milk production, the cows in the SSP achieved an average of 23.89 l/cow/day, surpassing ($P < 0.01$) the control by 1.35 l/cow/day (22.54 l/cow/day). This increase in milk production was related to a higher nutritional quality of the forage biomass of the SSP manifested in higher levels of CP (18.55%), EE 2.33%, Ca (0.42%), P (0.32%) and K (2.88%), lower percentages of NDF (52.87%), ADF (31.33), lignin (5.62%) and total tannins (10.06%). Which was reflected in higher DIVMS values (64.43%). Additionally, the SSP forage presented a greater contribution in Metabolizable Energy (2.16%). Furthermore, there was a tendency to increase in NDT (58.87%); EB (4.20 MCal/kg DM); EDRUM (2.70 MCal/kg DM); EMRUM (2.16 MCal/kg DM); ENMRUM (1.30 MCal/kg DM) and ENGRUM (0.71 MCal/kg DM) and the CNCPS model of the B1 fraction of the protein (19.44%). Applying Resolution 017 of 2012 valid 2024-2025 for payment for milk quality and projecting the experimental group of 3.7 UGG/ha to a lactation of 305 days, the SSP (T2) presented an Annual Gross Income (BI) of \$50,445,387 with an increase of \$1,935,473 compared to the control (T1). In the training process, participants participated in the online course (2022) Establishment and management of silvopastoral systems for dairy cattle in the high tropics. And at the III International Congress of Agricultural and Environmental Sciences (ICCAT, 2021). In addition, they participated in the UNAD institutional program “With the Smell of the Region.” Network of Silvopastoral Farms in Nariño "Red Silvopaz" - Part 2. Additionally, we participated in the VIII Zonal Meeting of Research Seedbeds, II Meeting of Research, Innovation and Social Projection (2024). With this research, it was demonstrated that the SSP Aliso (*Alnus acuminata*) + Kikuyo (*C. clandestinus*) are a viable option to increase

production in specialized milk systems in Trópico Alto de Nariño - Colombia with cows with high milk production and support livestock reconversion to sustainable models.

Keywords: Milk production, Silvopastoral System, *Alnus acuminata*, *Cenchrus clandestinus*, CNCPS and Sustainable Livestock.

Tabla de Contenido

Introducción	17
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.....	20
Formulación del Problema.....	21
Justificación	24
Marco Teórico.....	27
Sistemas Silvopastoriles.....	27
Tipos de Sistemas Silvopastoriles.....	29
Aliso (<i>Alnus acuminata H.B.K</i>)	31
Origen y Distribución	31
Características Botánicas y Fisiológicas.....	32
Crecimiento del Aliso	35
Aprovechamiento y Uso Potencial	38
Kikuyo <i>Cenchrus clandestinus (Hochst. ex Chiov.) Morrone</i>	41
Origen y Distribución	41
Descripción Botánica.....	42
Aprovechamiento y Usos.....	43
Otros Usos.....	43
Materiales y Métodos.....	44
Ubicación del Proyecto	44
Localización Geográfica del Experimento	44

	11
Climatología.....	44
Praderas Experimentales.....	44
Tratamientos y Diseño Experimental.....	46
Análisis de Suelos.....	49
Oferta Forrajera.....	49
Composición Nutricional de la Biomasa en Oferta	51
Definición de las Unidades Experimentales	53
Animales Experimentales	55
Manejo de los Animales	56
Producción y Calidad de Leche	56
Análisis Estadístico.....	58
Resultados y Discusión.....	59
Suelos en Nariño.....	59
Análisis de Suelos.....	59
Evaluación de la Composición Botánica	63
Producción de Forraje.....	63
Composición Química del Forraje	68
Fibra Detergente Neutro (FDN).....	69
Fibra Detergente Acida (FDA)	70
Hemicelulosa (HEMI).....	71
Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (DIVMS).....	72
Fraccionamiento de la Proteína.....	73
Fracciones de la Energía del Forraje de <i>C. clandestinus</i>	79

	12
Metabolitos Secundarios.....	82
Lignina	83
Taninos Totales.....	84
Composición Mineral del Forraje <i>C. clandestinus</i>	86
Respuesta Animal en el Sistema Silvopastoril.....	90
Producción de Leche.....	90
Calidad Composicional de la Leche	95
Análisis de Económico de Ingresos Brutos	96
Capacitación en Sistemas Silvopastoriles.....	101
Conclusiones	105
Recomendaciones	107
Referencias Bibliográficas	109

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Esquema Rotacional de los Animales en los Tratamientos</i>	47
Tabla 2 <i>Información Unidades Experimentales</i>	54
Tabla 3 <i>Análisis de Suelos</i>	62
Tabla 4 <i>Análisis Químico de los Carbohidratos de C. clandestinus</i>	68
Tabla 5 <i>Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca</i>	73
Tabla 6 <i>Fracciones de la Proteína del Forraje de C. clandestinus</i>	74
Tabla 7 <i>Fracciones de la Energía del Forraje de C. clandestinus</i>	80
Tabla 8 <i>Metabolitos Secundarios</i>	83
Tabla 9 <i>Composición Mineral del Forraje de C. clandestinus</i>	90
Tabla 10 <i>Producción y Calidad de la Leche</i>	90
Tabla 11 <i>Análisis de Ingresos Brutos por Venta de Leche</i>	97
Tabla 12 <i>Análisis de Ingresos Brutos por Venta de Leche por Calidad Composicional</i>	100

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Aliso Alnus acuminata H.B.K</i>	32
Figura 2 <i>Hojas de Alnus acuminata H.B.K</i>	33
Figura 3 <i>Flores Masculinas (Amento) de Alnus acuminata H.B.K</i>	34
Figura 4 <i>Flores Femeninas (Frutos Estróbilo Leñoso) de Alnus acuminata H.B.K</i>	34
Figura 5 <i>Semillas de Alnus acuminata H.B.K</i>	35
Figura 6 <i>Nódulos de Frankia</i>	36
Figura 7 <i>Estructura Macroanotómica de Frankia</i>	37
Figura 8 <i>Kikuyo Cenchrus clandestinus</i>	42
Figura 9 <i>Precipitación Mensual (mm)</i>	44
Figura 10 <i>Ubicación de las Praderas Experimentales Finca Las Delicias</i>	45
Figura 11 <i>Tratamiento Testigo. Praderas de Kikuyo (Cenchrus clandestinus)</i>	45
Figura 12 <i>Tratamiento Experimental. Sistema Silvopastoril Aliso + Kikuyo</i>	46
Figura 13 <i>Fases de la Investigación</i>	48
Figura 14 <i>Recolección de Muestras de Suelo en las Praderas Experimentales</i>	49
Figura 15 <i>Aforo de Praderas de Kikuyo (Cenchrus clandestinus)</i>	50
Figura 16 <i>Cuantificación de Materia Seca</i>	51
Figura 17 <i>Grupo Experimental N° 1</i>	55
Figura 18 <i>Grupo Experimental N° 2</i>	55
Figura 19 <i>Toma de Muestra de Leche</i>	57
Figura 20 <i>Composición Botánica de los Tratamientos</i>	63
Figura 21 <i>Producción FV, MS y MO</i>	64
Figura 22 <i>Producción FV T1</i>	64

Figura 23 <i>Producción FV T2</i>	65
Figura 24 <i>Afectación de C. clandestinus por Heladas</i>	67
Figura 25 <i>Precipitaciones Fases de Experimentación</i>	67
Figura 26 <i>Participación Curso Online</i>	101
Figura 27 <i>Participación Congreso</i>	102
Figura 28 <i>Participación Programa de Televisión</i>	104
Figura 29 <i>Participación Programa de Televisión</i>	104
Figura 30 <i>Participación Programa de Televisión, Seleccionado por la UPRA</i>	104

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Salida SAS Aforos</i>	133
Apéndice B <i>Salida SAS Materia Seca</i>	134
Apéndice C <i>Salida SAS Proteína Cruda</i>	135
Apéndice D <i>Salida SAS Cenizas</i>	136
Apéndice E <i>Salida SAS Extracto Etéreo</i>	137
Apéndice F <i>Salida SAS Fibra Detergente Neutro</i>	138
Apéndice G <i>Salida Fibra Detergente Acida</i>	139
Apéndice H <i>Salida SAS Lignina</i>	140
Apéndice I <i>Salida SAS Hemicelulosa</i>	141
Apéndice J <i>Salida SAS Digestibilidad In-Situ de la Materia Seca</i>	142
Apéndice K <i>Salida SAS Calcio (Ca)</i>	143
Apéndice L <i>Salida SAS Fosforo (P)</i>	144
Apéndice M <i>Salida SAS Fracción A</i>	145
Apéndice N <i>Salida SAS Fracción B1</i>	146
Apéndice O <i>Salida SAS Fracción B2</i>	147
Apéndice P <i>Salida SAS Fracción B3</i>	148
Apéndice Q <i>Salida SAS Fracción C</i>	149

Introducción

La producción bovina en el trópico alto está fundamentada principalmente en la producción de leche, la cual se produce mediante el pastoreo de gramíneas forrajeras, principalmente Kikuyo *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone, Ray grass (*Lolium spp*) y falsa poa (*Holcus lanatus L.*) en monocultivo o en asocio con tréboles (*Trifolium repens L.* y *T. pratense L.*).

Adicionalmente, se pastorean praderas asociadas con especies de gramíneas nativas de baja calidad y producción, la mayoría de las explotaciones actuales fueron establecidas después de procesos de deforestación y/o cultivos extractivos continuos como el de papa que originaron inestabilidad en las condiciones biofísicas donde se desarrollan actualmente los sistemas de producción de leche.

Entre los principales factores que limitan la productividad y sostenibilidad de las explotaciones de leche en esta zona, se encuentran las heladas y la degradación de praderas; originadas entre otras causas por el sobre pastoreo, la ausencia de fertilización e inadecuadas prácticas en el manejo de praderas generando una disminución en la cantidad y calidad de la oferta forrajera.

Tradicionalmente, los tipos de utilización de la tierra establecidos en Colombia y en muchos países de América Latina, han soslayado el recurso arbóreo, y no se ha incluido al árbol dentro de las funciones productivas y generadora de servicios en los sistemas agropecuarios.

Según Fernández (2017), el efecto ecológico más esperado de los árboles en los agroecosistemas tropicales es la conservación del suelo. Por un lado, las copas pueden disminuir el impacto de las lluvias que provoca erosión y compactación del suelo; por el otro, el sistema radicular de los árboles, generalmente denso y profundo, además de evitar el arrastre de las

partículas del suelo, tiene la capacidad de absorber los nutrientes de las capas más profundas del suelo y llevarlas a la superficie, a través de las hojas y tallos realizando reciclaje de nutrientes.

Las especies leñosas incorporan los nutrientes a su biomasa y luego los regresan a la superficie del suelo a través de los aportes de hojarasca, la cual se descompone liberando nuevamente los nutrientes y dejándolos a disposición de las pasturas; algunas especies arbóreas pueden fijar nitrógeno, mejora el balance hídrico, reduce la evaporación, el estrés calórico en los animales a través de la producción de sombra, y las emisiones de CO² al fijarlo en el sistema, y permite diversificar la producción (madera, leña, frutos, entre otros).

Chamorro y Rey (2017) afirman que una de las explicaciones fisiológicas de la mayor concentración de nutrientes en gramíneas asociadas con árboles, son los cambios morfológicos y fenológicos que suceden en la gramínea que crecen bajo la sombra árbol, los cuales funcionan como mecanismos de adaptación a la baja incidencia de energía lumínica. Para ello, las especies forrajeras tienden a desarrollar hojas más largas y más gruesas, para lograr una mayor intercepción de la luz. Las hojas son el sitio donde se concentran la mayoría de los nutrientes que utilizan los rumiantes.

Chamorro (2002) afirma que la incorporación de árboles en las praderas mejora la productividad de los sistemas ganaderos, reflejándose en un incremento del consumo voluntario de materia orgánica digestible para los rumiantes, un mayor consumo se refleja en mejores resultados zootécnicos en varios experimentos silvopastoriles.

Chamorro y Rey (2017) afirman que la especie leñosa Aliso crea un ambiente favorable que le permite al Kikuyo un mejor comportamiento Agrozootécnico especialmente asociado con un incremento en la producción y calidad del forraje, que repercute directamente con la producción y calidad de leche. Así mismo Urbano (2002), menciona que los SSP incrementan la

producción de leche por animal y por superficie, mejora la dieta de los animales por su mayor aporte de proteína y aumenta la biodiversidad, de igual manera disminuye el uso de fertilizantes, especialmente nitrogenados, por la fijación biológica del nitrógeno (FBN) atmosférico.

Finalmente Chamorro y Rey (2017) dicen que el componente arbóreo asociado con las pasturas conformando Sistemas Silvopastoriles se convierte en la única alternativa económica y ambientalmente sostenible a mediano y largo plazo para los sistemas ganaderos.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el Sistema Silvopastoril (SSP) *Alnus acuminata* + *Cenchrus clandestinus* y praderas de *Cenchrus clandestinus* sobre la disponibilidad, calidad del forraje, producción y calidad de leche en el municipio de Pupiales, Colombia.

Objetivos Específicos

Cuantificar la producción y calidad nutricional de biomasa forrajera en el SSP *Alnus acuminata* + *Cenchrus clandestinus* y praderas de *C. clandestinus*.

Evaluar la producción y calidad de leche en el SSP *Alnus acuminata* + *Cenchrus clandestinus* y praderas de *C. clandestinus*.

Evaluar la relación costo/beneficio del arreglo Silvopastoril frente a un sistema de producción tradicional de trópico alto.

Capacitación en Sistemas Silvopastoriles para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático con un enfoque social participativo consolidando la apropiación, valoración del territorio y sus recursos naturales.

Formulación del Problema

Kaimowitz (1996) afirma que en la transformación de los ecosistemas naturales existe una conexión directa e indirecta entre la ganadería con la tala y quema de bosques. La magnitud con que este proceso se ha realizado en América Latina condujo en las décadas pasadas al señalamiento internacional de la ganadería como una gran amenaza ecológica del bosque tropical. Murgueitio, (2003) por su parte, asegura que el impacto ambiental de los sistemas ganaderos fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados. Pero también, en las actividades pecuarias de pastoreo se generan otros impactos ambientales negativos como la erosión y compactación del suelo; la uniformidad genética al privilegiarse el monocultivo de gramíneas mediante quemas estacionales y eliminación de la sucesión vegetal por medios químicos (herbicidas) o físicos; la desecación de humedales, la demanda creciente de madera para cercos, corrales de manejo; la contaminación del agua y el suelo por fertilizantes sintéticos y plaguicidas, así como las emisiones de gases producidas por la quema de combustibles en el transporte terrestre y fluvial de animales vivos o sus productos.

En Colombia los impactos generados por la ganadería causados por esta sobreutilización de áreas pastoriles en todo el país han acarreado la pérdida de fertilidad y la degradación del recurso suelo, además de la transformación de numerosas áreas de ecosistemas naturales principalmente bosques de trópico bajo, bosques andinos, páramos y humedales. Es así, que entre los años 1960 y 1995 según Murgueitio y Ibrahim (2008) los bosques naturales se redujeron de 94,6 a 72,4 millones de hectáreas, mientras que la ganadería se incrementó de 14,6 a 35,5 millones de hectáreas, cifra que ha venido aumentando en los últimos años a 40 millones de hectáreas. Pese a estos aumentos en área de pasturas, la producción de leche y carne

evidencian un bajo crecimiento de productividad, expresado en baja carga animal, bajos índices de producción por animal (litros de leche o kilogramos de carne/ha.). Chará (2003) afirma que varias investigaciones determinan que la ganadería de pastoreo sin árboles causa un impacto negativo de mayor magnitud que otras actividades agrícolas, principalmente por sedimentación de los cauces y aportes de materia orgánica, nutrientes y patógenos que deterioran las corrientes de agua.003).

Según el IGAC (2012) en Colombia el 29.8 % de las tierras del país se encuentran en uso ganadero; de las cuales el 77,3% de estas tierras (26.334.154 ha.) presenta algún grado de erosión en sus suelos. Adicionalmente, 22 millones de hectáreas tienen vocación agrícola, 4 millones vocación agroforestal y 15 millones vocación ganadera. Sin embargo, solo 5 millones de hectáreas se utilizan para agricultura y más de 34 millones de hectáreas se utilizan para ganadería, las cuales se viene estableciendo en muchas áreas del país, en zonas de protección o amortiguamiento ocasionando un conflicto de uso, lo que promueve la degradación ambiental generando bajos indicadores zootécnicos directamente asociados a la baja calidad y producción de forrajes, evidenciándose por la baja carga animal. Kaimowitz, (1996) también señala que un fenómeno similar ocurre en grandes áreas de Suramérica. La degradación de pasturas está asociada con baja eficiencia de producción, pérdida de biodiversidad y emisiones de GEI.

Según Chamorro (2004) la zona Andina Colombiana y principalmente en laderas y paramos, presenta un deterioro ambiental severo, asociado principalmente a factores culturales, prácticas tradicionales de uso de la tierra, que se reflejan en el mal manejo de suelos, ausencia de técnicas para controlar erosión, pérdida de la cobertura vegetal, incorrecto manejo de praderas (pastoreo extensivo), deforestación, actividades de monocultivo y sistemas extractivos de producción agropecuaria en zonas no aptas para estas actividades.

Por su parte CORPONARIÑO (2002) afirma que el departamento de Nariño la tala de bosques se debe a factores como la falta de alternativas económicas productivas para comunidades de escasos recursos económicos, quienes con el afán de subsistir acuden de manera inmediata a éste, sin tener en cuenta el daño que ocasiona. Además, la pérdida de la fertilidad de los suelos genera disminución en la producción de pastos para la alimentación animal y los altos costos de la suplementación, es una situación que obliga a los productores a ampliar cada vez más la frontera agropecuaria en busca de tierras fértiles.

Según el IDEAM, durante el 2017 “el 70 % de la deforestación se concentró en ocho núcleos principales en los cuales está incluido Nariño y donde las causas principales fueron la praderización y la ganadería extensiva” (pág. 17). CORPONARIÑO reporta para este mismo año “5.047 ha deforestadas aportando el 2.3 % de la deforestación nacional” (pág. 14). Por todo lo anterior, la ganadería convencional ha contribuido directamente a la deforestación, pérdida de cobertura del suelo, erosión, emisiones de gases efecto invernadero y la pobreza de nuestros productores, por lo tanto, es necesario hacer una reingeniería de la ganadería convencional a Sistemas Silvopastoriles eficientes productivamente, económica y socialmente viables.

El evidente cambio de crianza y producción bovina en el municipio de Pupiales ha crecido paulatinamente hacia sistemas de producción especializados basados en el monocultivo de pastos y el uso de agroquímicos actividad que ha llevado a la compactación del suelo, deforestación de los páramos, reducción o pérdida del agua, pérdida de la biodiversidad animal y vegetal de este territorio. El municipio de Pupiales cuenta con el parque Natural Regional – Paramo de la paja Blanca el cual se ha visto afectado por la ampliación de la frontera agrícola destinada para la producción de pastos.

Justificación

Nariño es un departamento de vocación agraria; donde la principal actividad pecuaria es la producción de leche, formando parte de las principales cuencas lecheras del país; conformada por minifundios de empresas ganaderas manejadas por los propios productores; quienes con mínimo conocimiento en el manejo de praderas, no satisfacen los requerimientos nutricionales de los animales para la producción de leche y como consecuencia se observa la caída de algunos parámetros zootécnicos y elevados costos de producción, asociados al uso de suplementos de alto valor económico.

Silva (2017) al igual que Chamorro y Rey (2017) la búsqueda de sistemas de producción sostenibles tanto productiva como ambientalmente factibles se ha convertido en una necesidad frente a los graves problemas de degradación de suelos, pasturas y contaminación de aguas, consolidándose los Sistemas Silvopastoriles (SSP) como alternativas viables a mediano y largo plazo.

En Nariño el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) se encuentra bien adaptado y crece con facilidad; sin embargo, una de las limitantes de esta gramínea es la susceptibilidad a las heladas, que se presentan históricamente al inicio y final del año, y donde la única alternativa económica y ambiental para el manejo de este fenómeno climático, es el establecimiento de árboles conformando Sistemas Silvopastoriles (SSP). Los SSP especialmente de especies asociadas con Kikuyo, fijadoras de nitrógeno, mejoradoras de la fertilidad, retención de humedad y aireación del suelo que regulen el microclima y faciliten la disponibilidad de nutrientes por su exploración de horizontes profundos, contribuyen a disminuir el uso de fertilizantes químicos y de riego.

Adicionalmente, el componente arbóreo contribuye a solucionar la degradación y compactación de praderas, principal problema Agrostológico de la ganadería en Nariño, generado por el mal manejo de las praderas. En consideración a lo anterior, el proyecto se formula como una investigación científica, donde el eje central es la evaluación de un SSP conformado por el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) asociado con aliso (*Alnus acuminata* H.B.K), que como lo afirma Chamorro y Rey (2017); Molina (2006) sin ser una leguminosa, es capaz de realizar un proceso eficiente de fijación de nitrógeno atmosférico mediante el actinomiceto del género *Frankia*, El cual beneficia a todo el sistema aportando nutrientes, reteniendo humedad y creando así un ambiente favorable que le permite al Kikuyo un mejor comportamiento Agrozootécnico especialmente asociado con un incremento en la producción y calidad del forraje, que repercute directamente con la producción y calidad de leche. Chamorro y Rey (2017) han demostrado que “el SSP Aliso/Kikuyo incrementa entre un 100 al 200% la capacidad de carga, entre 13% - 25% de la producción de leche, efectos asociados al incremento en la población de hongos, bacterias y micorrizas de 17.3%, 37.6% y 35.29%” (pág. 19).

Según Chamorro (2013) la calidad de los productos obtenidos en una ganadería sostenible está directamente ligada con la calidad y cantidad de la base nutricional disponible; la cual está determinada por la utilización estratégica de especies herbáceas y leñosas adaptadas e integradas espacial y temporalmente a los ambientes ganaderos, la calidad del suelo, los niveles de evapo-transpiración que regulan su crecimiento y el adecuado manejo de los Sistemas Silvopastoriles implementados, lo que incide directamente en la rentabilidad de los negocios ganaderos.

La deforestación; la pérdida de la biodiversidad; la fuerte degradación de los suelos; la contaminación de los recursos acuíferos; ganadería convencional basada en gramíneas,

fertilizantes y agroquímicos, la fragmentación de paisajes, la reducción de los niveles de ingresos; plantea la necesidad de contar con fincas Silvopastoriles experimentales que reflejen la realidad ambiental y Agrozootécnica de la ganadería del Departamento de Nariño, una ganadería climáticamente inteligente, que garantice la sostenibilidad ambiental y económica de la ganadería, Todo lo anterior justifica esta investigación que permitirá consolidar científicamente, los principales indicadores agrozootécnicos del SSP, Aliso/Kikuyo y demostrar que es excelente alternativa para una ganadería climáticamente inteligente.

Frente a esta problemática es necesario tanto por aspectos económicos como ambientales y socioculturales la transformación del sistema actual de producción de leche hacia sistemas diversificados ambientalmente sostenibles y económicamente rentables.

Marco Teórico

En Latinoamérica el 46% de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) proviene del cambio de usos de la tierra y el 20% de la agricultura, en donde el 70% de las emisiones son debidas a la ganadería. El continuo crecimiento de este sector (+32% previsto al 2050) ha impulsado la expansión de la frontera agropecuaria en los bosques, generando múltiples impactos ambientales entre los cuales se encuentra la emisión de GEI.

Sin embargo según Suber (2019) el sector tiene un alto potencial de mitigación reconocido por políticas, estrategias y programas de mitigación nacionales como las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y de desarrollo sectorial como las Acciones de Mitigación nacionalmente Apropriadas (NAMA). Entre estas acciones se incluye la implementación de Sistemas Silvopastoriles, cuya medición monitoreo y reporte a escala nacional presenta un estado de avance muy limitado, dejando su aporte a la mitigación invisible.

Sistemas Silvopastoriles

Young (1987) define que el sistema Silvopastoril (SSP) es aquel uso de la tierra y tecnologías en que leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas y otros) son deliberadamente combinados en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas (cultivos, pasturas) y/o animales, incluso en la misma forma de arreglo espacial o secuencia temporal, y en que hay interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes.

En este sistema interactúan cinco componentes: el componente arbóreo, el componente ganadero, el forrajero, el suelo y el clima. De éstos se consideran como primarios el arbóreo (por eso “silvo” que denota la palabra bosque) y el forrajero (por ello “pastoril”).

A diferencia de los sistemas puramente forestales, los Sistemas Silvopastoriles tienen como objetivo implementar pautas de manejo que permitan lograr productos de mayor valor. En

efecto, según Esquivel (2004) mientras que los sistemas forestales tienen por objetivo la obtención de mayor volumen por unidad de superficie, el Sistema Silvopastoriles busca lograr rollizos de mayor diámetro, lo cual es una característica que le otorga mayor calidad.

Según Navas (2007) existen muchas ventajas que aportan los SSP, al incorporar el árbol como elemento productivo, se hacen aportes a la alimentación animal y genera relaciones positivas entre el suelo, las pasturas y los animales. El árbol aumenta la fertilidad del suelo a través del ciclaje de nutrientes (El reciclaje de nutrientes en el SSP a partir de la orina y el estiércol es superior a 8 toneladas de materia seca por hectárea cada año uniformemente distribuidas) dentro de las praderas debido a la recuperación de estos a través de sus raíces, y que por lixiviación se encuentran a profundidades a las cuales no tienen acceso las raíces de las pasturas.

Para Rusch y Skarpe (2009) los SSP permiten aprovechar el aporte de las leñosas perennes, que está representado principalmente por el reciclaje de nutrientes; por su parte Arias (2009) menciona que la implementación de los SSP ayuda a la protección del suelo de los efectos del viento y las lluvias. Para Franco (2008) los SSP favorecen el incremento de la diversidad de especies y el aporte de forraje y nutrientes para los animales. Uno de los factores prioritarios a considerar en los Sistemas Silvopastoriles es el mejoramiento de la productividad de los sistemas ganaderos en pastoreo, reflejándose en un incremento del consumo voluntario de materia orgánica digestible de rumiantes. Este incremento, tiene efectos sinérgicos sobre la respuesta animal ya que incrementa no solo el consumo de energía digestible, sino la absorción de aminoácidos de origen microbial en el intestino delgado. Chamorro (2002) manifiesta que el mayor consumo se refleja en los mejores resultados zootécnicos en varios experimentos Silvopastoriles.

Tipos de Sistemas Silvopastoriles

Las combinaciones de árboles y/o arbustos con pasturas y animales, se presentan en formas muy diversas, lo que ha generado diferentes tipos de Sistemas Silvopastoriles. Muchos de estos sistemas hacen parte de las costumbres, las tradiciones y del paisaje natural de las regiones, pero en otros casos se observa un diseño preestablecido con una finalidad ambiental o productiva. Entre los diferentes tipos o arreglos de Sistemas Silvopastoriles, tenemos:

- Cercas Vivas: “Son árboles o arbustos sembrados en hileras o en filas, que sirven para delimitar potreros o áreas de uso ganadero, constituyendo, por lo tanto, una opción Silvopastoril” (Ibrahim., 2013, pág. 63).
- Bancos de Proteína: “Son áreas en las cuales los árboles o arbustos se cultivan en bloque compacto, de manera densa, con miras a maximizar la producción y calidad de biomasa forrajera”. (Ibrahim., 2013, pág. 33).
- Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI): Estos forman potreros donde se establecen tres estratos, pisos o niveles: el estrato alto o arbóreo constituido por una gran diversidad de árboles multipropósito (productores de sombra, madera, leña, postes, semilla, frutos, forraje, etc.), que aportan gran cantidad de materia orgánica y en muchos casos nitrógeno, el estrato medio o arbustivo conformado casi siempre por una especie arbustiva de alto valor proteico, sembrada en alta densidad (unos cinco mil arbustos por hectárea), que sirve de fuente de alimentación por ramoneo para los animales que se encuentran en pastoreo. Con frecuencia son leguminosas que aportan materia orgánica al suelo y fijan gran cantidad de nitrógeno al suelo y el estrato herbáceo, conformado por una gran variedad de gramíneas de pastoreo, de diferentes hábitos de crecimiento (rastrero y erecto) que son las encargadas de producir biomasa comestible

de alto valor nutricional (fuentes de energía) para los animales en pastoreo; además contribuye a proteger el suelo de la erosión y compactación, cubriéndolo y conservando su humedad.

- Árboles y/o arbustos asociados o dispersos en pasturas: La función principal es servir de provisión de leña combustible para las familias de la región, sombrío para el ganado en horas de extremas temperaturas, fuente de alimento para los animales, a través de las hojas o frutos, provisión de madera y postes para construcción o cercas, para ser aprovechados directamente en las fincas, o mejora del paisaje, en especial cuando son árboles que florecen en épocas de sequía.

- Cortinas, carreras rompe vientos o cortavientos: según OTS (1992) citado por Pezo y Ibrahim (2013) la funcionalidad de las cortinas rompe vientos está dada por su altura, forma y permeabilidad y se considera que puede proteger a lo largo, hasta una distancia diez a cuarenta veces superior a su altura y la velocidad del viento puede llegar a disminuir entre 70 a 80% La orientación debe ser perpendicular a la dirección de los vientos predominantes. Libreros (2015) dice que se debe acostumbrar combinar especies arbóreas, con especies arbustivas, para lograr una mayor cobertura y eficiencia, en el control del viento.

Dentro de los arreglos Silvopastoriles está la introducción de árboles maderable que presentan una gran función como fijadoras de nitrógeno, sirven de barreras rompe vientos, maderables con diferentes usos, medicinales, preservación de fuentes de agua, como pueden ser: aliso, alcaparro gigante, urapan, cedro, guayacán, etc.

Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K)

Taxonomía Familia: *Betulaceae*

Género: *Alnus*

Especie: *acuminata*

Origen y Distribución

Vallejo y Oviedo (1994) citado por Apraez y Gálvez (2019) afirma que el nombre del aliso proviene del latín *al*: cerca, *lan*: río, que obedece a su hábitat de crecer cerca de los ríos y otras fuentes de agua, especie nativa de las zonas tropicales, nativo de las montañas de Centro y Sur América, desde México hasta el norte de Argentina. Se cultiva en Costa Rica, Colombia, Bolivia y Argentina. Planta heliófita cuyo hábitat son los bordes de quebradas en climas fríos.

En Nariño se conoce comúnmente como aliso, generalmente es una especie arbórea originaria en Centroamérica y Suramérica en zonas de alta y media montaña; en Colombia se encuentra en las cordilleras Central y Oriental; el *Alnus acuminata* puede encontrarse entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m, requiere una temperatura media de 4 y 18°C, Su desarrollo óptimo en suelos con pH entre 4.5 y 6.0 con alto contenido de humedad y de textura liviana, limosos-arenosos, francos o franco-arenosos de origen aluvial o volcánico, profundos, bien drenados y ricos en materia orgánica. Por su parte, Sánchez (2010) afirma que el aliso es una especie estrictamente heliófila en sus etapas iniciales de desarrollo; sin embargo, en esta etapa es susceptible a heladas, daños por vientos fuertes, sequías y a la competencia por la luz y nutrientes con arvenses, pero mejora su tolerancia una vez se encuentren establecidos. Esta especie no soporta suelos pesados, pantanosos o que presenten inundaciones parciales.

Según la Universidad EIA (2023) es una especie forestal con gran potencial en el trópico alto andino, se emplea para la obtención de madera, leña, protección del suelo, reciclaje de

nutrientes y como especie forestal fijadora de nitrógeno. Además, según lo planteado por Rey (2014) *Alnus acuminata* es ampliamente utilizada desde un enfoque estratégico para incentivar prácticas sostenibles a través de Sistemas Silvopastoriles debido a su capacidad para crecer en suelos marginados ayudando así al fortalecimiento del suelo y a la preservación de la biodiversidad.

Características Botánicas y Fisiológicas

Según Sánchez (2010); Pérez (2011) el aliso es un árbol caducifolio, monopódico y monoico presenta un sistema radical poco profundo, amplio y extendido. Tronco recto, cilíndrico ha ligeramente ovalado. Con uno o varios tallos erectos o ramificados. Corteza lisa o ligeramente rugosa de color gris claro en individuos jóvenes y tornándose escamosa de color gris oscuro en individuos adultos, con lenticelas ovaladas amarillentas, dispuestas horizontalmente al lado del fuste.

Figura 1

Aliso Alnus acuminata H.B.K



Nota. Autoría propia.

Hojas de *Alnus acuminata* H.B.K. Según Pérez (2011) las hojas son simples, alternas, avadas o elípticas, de 5 - 18 cm de largo por 4 - 9 cm de ancho, con el ápice agudo o acuminado, base redondeada o aguda, borde irregularmente aserrado, glabro o velutino en la madurez, glabras o subglabras al envejecer, más o menos viloso, a veces tomentoso, provisto de puntos glandulares, más o menos resinoso, nervaduras cercanas a la base tomentosas o lanosas con pubescencia blanquecina, amarillenta o parda, nervaduras laterales de 10 - 15 pares, rectas o ligeramente ascendentes, terminando en un diente en el margen.

Figura 2

Hojas de Alnus acuminata H.B.K



Nota. Autoría propia.

Flores Masculinas. “en amentos de 2 a 6, cilíndricos erguidos y luego péndulos, de unos 10 cm de largo por 1 cm de ancho, con numerosas brácteas que protegen a tres flores. Cáliz con 4 sépalos desiguales y 4 estambres opuestos y unidos a los lóbulos del perianto; más cortos o más largos que éste con las anteras dorsifijas, flores masculinas 3 por bráctea, perianto 4-lobado, lóbulos elípticos u obovados, ápice redondeado u obtuso, margen glandular” (Pérez, 2011, pág. 54).

Figura 3

Flores Masculinas (Amento) de Alnus acuminata H.B.K



Nota. Autoría propia.

Flores Femeninas. “en grupos racimosos de 3 a 6, en pseudo estróbilos ovoideos, elipsoides o cilíndricos de hasta 25 mm de largo por 12 mm de diámetro, que en su madurez se convierten en frutos con numerosas brácteas leñosas, cada una de las cuales cubren 2 semillas (núcula) comprimidas, de 2 mm de diámetro, color castaño, de estilos persistentes con el margen alado (con dos alas)” (Pérez, 2011, pág. 56).

Figura 4

Flores Femeninas (Frutos Estróbilo Leñoso) de Alnus acuminata H.B.K



Nota. Autoría propia.

Semillas. Se recogen de los frutos secos; “son diminutas aproximadamente 4 milímetros de diámetro, de color café claro, estas semillas pueden distribuirse gracias a la gravedad, el agua y el viento. Presenta germinación epigea que inicia a los 5 - 10 días luego de la siembra y se completa a los 40 días” (Sánchez L, 2010, pág. 37).

Figura 5

Semillas de Alnus acuminata H.B.K



Nota. Autoría propia.

Crecimiento del Aliso

Restrepo (2002) al igual que Ruíz (1985) afirman que el crecimiento del aliso es rápido y puede alcanzar alturas de 25 - 35 m y diámetros entre 45 - 75 cm a la altura del pecho, con una producción de madera de 10 a 15 m³ / ha / año. Ospina (2005) afirma que esto se debe a que *A. acuminata* tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, incrementando así, la producción de Rubisco y la actividad fotosintética, lo que mejora la distribución de los carbohidratos dentro de la planta y con esto su desarrollo vegetativo que muestran un crecimiento anual promedio de 1,45 - 2,5m en altura anualmente, en varios sectores de Colombia y Costa Rica.

En cuanto a sus requerimientos nutricionales, Ganio (2002); Escobar (1983) y Russell (1968) dicen que la deficiencia de Nitrógeno (N) y fósforo (P) reduce significativamente el

crecimiento, el potasio limita el crecimiento en altura y por ser una especie fijadora de N para el desarrollo nodular y fijación requiere de micronutrientes como Cu, Fe, B, Co y Mo; sin embargo, su funcionamiento y aplicación han sido poco estudiados.

El crecimiento de una especie arbórea varía de un sitio a otro, dependiendo de factores como el clima (precipitación, humedad relativa y temperatura), el suelo (pH, textura, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes) y tipo de plantación.

Según Rey (2014) *Alnus Acuminata* pertenece a uno de los grupos más representativos en Suramérica que es la betulácea, por ende, contribuye a la recuperación de suelos degradados o erosionados al entrar en interacción natural con bacterias como *Frankia* (figura 6 y 7) que aporta nitrógeno al suelo para fortalecer el sistema de producción agropecuario. Esto refleja, desde el punto de vista ecológico, la importancia de la asociación entre planta y bacteria para lograr niveles óptimos de nitrógeno en el suelo, dado que es un nutriente clave para el desarrollo de cultivos.

Figura 6

Nódulos de Frankia



Nota. Autoría propia.

Figura 7

Estructura Macroanotómica de Frankia



Nota. Autoría propia.

Benson (2004); Chaia (sf) manifiestan que el actinomiceto *Frankia* establece asociaciones simbióticas con diversos grupos de angiospermas no leguminosas o plantas actinorrizas e induce la formación de nódulos fijadores de nitrógeno. Huguet (2004) demuestra que las plantas actinorrízicas, están constituidas por ocho familias, cuatro géneros y 200 especies, son arbustos o árboles que habitan diversos. Dawson (1990); Anderson (2011) afirman que la asociación entre la planta y la bacteria tiene gran importancia ecológica, ya que las bacterias se adaptan a condiciones ambientales extremas y poseen una gran capacidad de crecer en suelos de baja fertilidad o después de algún disturbio, comportándose como pioneras en el desarrollo sucesional de comunidades vegetales en suelos con bajos contenidos de nitrógeno, siendo algunas de ellas de gran valor en la recuperación y protección de suelos degradados y erosionados. Romero (1996); Chamorro (2008) afirman que entre los grupos más representativos de estas especies en América del Sur se encuentran *Coriariaceas*, *Myricaceas* y *Betulaceas*, a esta última familia pertenece la especie *Alnus acuminata* H.B.K.

Aprovechamiento y Uso Potencial

Sánchez (2010) asevera que por su condición de especie caducifolia, produce gran cantidad de hojarasca rica en nitrógeno y de rápida descomposición, que se incorpora al suelo como materia orgánica mejorando la fertilidad y estructura del suelo, aumentando la porosidad y la capacidad de infiltración.

Alnus acuminata es un árbol de rápido crecimiento en clima frío, tiene una alta capacidad de fijación biológica del nitrógeno (FBN), genera una influencia positiva en calidad nutricional de las praderas, por ende, representa un componente ideal para implementarlo en cercas vivas, linderos y Sistemas Silvopastoriles de sombra, ramoneo y bancos forrajés. Por su parte Chamorro (2017) dice que dentro del Sistema Silvopastoril de sombra incrementa la producción de biomasa forrajera de mejor calidad, que puede ser de fácil digestibilidad para los rumiantes, por ende, se incrementa la capacidad de carga que contribuye a la eficiencia de las unidades productivas desde el punto de vista económico. Además, Molina (2008) afirma que es una especie que contribuye con el reciclaje de nutrientes, propicia para la restauración de suelos degradados por actividad minera y en la aplicación de Sistemas Silvopastoriles para el control de la degradación de los suelos por agricultura y ganadería semiextensiva de ladera.

Sepúlveda (2018) por su parte dice que uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agroforestales es el almacenamiento y la fijación de carbono, a través de la fotosíntesis realizada por las plantas, que capturan el CO² de la atmósfera produciendo carbohidratos, liberando oxígeno y fijando carbono en formas aprovechables como la lignina y la celulosa que forman una parte importante de la biomasa de las plantas, y a la vez son los componentes esenciales de la estructura de los árboles. Rodríguez (1995) manifiesta que la madera se usa en carpintería y ebanistería en la fabricación de varios artículos artesanales e

instrumentos musicales, puertas, pisos, muebles, palillos, moldes para fundición de metales, molduras, ataúdes, lápices, madera en rollo y también se utiliza como leña y carbón.

Ramírez e Hidalgo citado por Apraez y Galvez (2019) asegura que se usa en medicina natural como astringente y para combatir el reumatismo, hinchazones, golpes, luxaciones, dolor de dientes, antiinflamatorio y astringente. La corteza se utiliza como fuente de taninos para el curtido de pieles y elaboración de tintes amarillo, beige y verde con las hojas.

El mismo autor dice que sirve en la alimentación de cuyes y que se ha observado consumos e incrementos de peso muy bajos, probablemente a causa de la presencia de metabolitos secundarios en concentraciones no toleradas por estos animales. Salama (2005) manifiesta que su extracto etanólico y acuoso mostró actividad abortiva e infertilidad en ratas y cobayos que se atribuye a la presencia de compuestos triterpénicos, esteroidales y flavonoides.

Uribe citado por Salama (1989) afirma que es importante no olvidar que los nitratos en una concentración de 5000 ppm pueden ser tóxicos para el ganado al reducirse a nitritos en el rumen, que reaccionan con la hemoglobina transformándola en metahemoglobina. Sin embargo, el análisis de nitratos en el *Alnus acuminata* mostró una concentración menor (2000 ppm).

“Los árboles de *A. acuminata* (40 árboles con un promedio de edad de 11 años, una altura de 15,93m y DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) de 31cm y un crecimiento de 1,45m/año), muestran un total de 15,56 Mg (tonelada métrica) de biomasa forestal, una fijación de 7,78 Mg de carbono y 28,55 Mg de Dióxido de Carbono. Con esto se deduce que han logrado fijar cerca de 2,05 Mg de Dióxido de Carbono anualmente. Extrapolando la muestra para una hectárea (120 plantas según lo encontrado en su estado natural en el sector de estudio), se evidencia que la biomasa total es de 46,68 Mg/ha, mientras que logran fijar 23,34 Mg/ha de carbono y 85,65

Mg/ha de Dióxido de Carbono. Con esto, se logra determinar que los alisos son capaces de fijar cerca de 6,15 Mg/ha de Dióxido de Carbono anualmente” (Aulestia Guerrero, 2018, pág. 74).

Por lo anterior, el Aliso puede aportar significativamente en la disminución de Dióxido de Carbono presente en la atmósfera. Además de ser una especie nativa, fijadora de nitrógeno y de buen desarrollo vegetativo.

El desarrollo de fijación biológica de N₂ (FBN) simbiótico envuelve múltiples procesos que se encuentran en los compartimentos subcelulares endosimbióticos. Los niveles de la fijación dependen de una fuente continua de carbohidratos suministrados a los nódulos de la raíz; sin embargo, la baja disponibilidad de cualquier elemento esencial reduce el vigor de la planta y al mismo tiempo reduce los niveles de fijación de N₂. Hay muchos factores limitantes de la simbiosis, pero presumiblemente los más importantes son los tipos de suelo, la luz, la temperatura, el agua, los elementos minerales. Además, la simbiosis tiene otro papel ecológico, incrementa la productividad de muchas comunidades vegetales vecinas al incorporar N al suelo a través de la hojarasca que cae al mismo, cubrir parte del N₂ que ellas fijan hacia las plantas vecinas a través de la red subterránea de hifas de los hongos micorrizógenos que van de unas plantas a otras.

Ospina (2005) afirma que en Colombia en una plantación de aliso de dos años, con una densidad de 1.600 árboles/ha. y una altura promedio de 6,2 m, se registró un incremento de nitrógeno en el suelo de 279 kg/ha/año y Molina (2006) asegura que *Alnus acuminata* contribuye entre 40 a 320 kg/N/ha/año en condiciones de campo, y un valor promedio de 156 kg/N/ha/año.

Adicionalmente, según Sánchez (2010) el Aliso no se encuentra exento de ser afectado por plagas, puede ser atacada por barredor del aliso conocido por su nombre científico como *Corthylus n. sp.*, que ocasiona perforaciones en el troco y puede ser manejado a través de la

captura de trampas con alcohol; *Scolytodes alni*, que también ocasiona perforación en el tronco y debe eliminarse de los individuos afectados; por otra parte, se encuentra el comedor de follaje *Chalcophana sp.*, que realiza perforaciones circulares entre las nervaduras principales, su tratamiento es el control biológico con el parasitoide *Enoggera reticulata*; También es atacado por *Diabrotica sp.*, que daña el cuello de raíz dando lugar al volcamiento o la muerte del árbol, para combatir esta plaga tan nociva se requiere el uso de insecticidas de contacto; *Nonodota sp.*, realiza perforaciones circulares en el follaje, generando un amarillamiento del árbol; *Macroductylus sp.*, es un esqueletizador de yemas terminales y de hojas nuevas, y finalmente, la especie *Oxydia olivata* o conocido comúnmente como defoliador de aliso, dado que ocasiona una defoliación total de árbol y el manejo de esta plaga se debe centrar en la captura mediante trampas de luz ultravioleta o blanca.

Kikuyo *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone

Taxonomía Familia: *Poaceae*

Género: *Cenchrus*

Especie: *clandestinus*

Origen y Distribución

Algunos estudiosos afirman que esta especie es “originaria de las regiones tropicales de alta montaña en el África Central y Oriental, especialmente en Zaire y Kenia, pero también en Etiopía, Uganda, Rwanda, y Tanzania. Una de las especies forrajeras más difundida y cultivada en las regiones tropicales del mundo, especialmente en Costa Rica, Colombia, Hawaii, Australia y sur de África” (Vallejo, 2020, pág. 34).

Figura 8

Kikuyo Cenchrus clandestinus



Nota. Autoría propia.

Descripción Botánica

El Kikuyo es una gramínea C4, perenne, que se extiende superficialmente o bajo tierra a través de estolones o rizomas. Estos estolones presentan una alta viabilidad al ser propagados vegetativamente. Según Vargas (2018) en Colombia, las estructuras florales son inconspicuas, de estambres blanquecinos y brillantes. Las semillas son planas, ovoides y de color marrón oscuro, y se producen en las axilas de las hojas en donde quedan ocultas.

“Especie perenne, postrada, rizomatosa, estolonífera, muy vigorosa, de ramas erectas, de 45 a 60 cm cuando se pastorea o corte, cuando no se pastorea se forma un césped denso de más de 15 cm de altura; raíces poco profundas, rizomas delgados; estolones gruesos, robustos, succulentos, de hasta 1 m de largo y 8 mm de espesor, radicales y ramificados profusamente en los nudos formando ramos foliosos cortos; entrenudos muy cortos, de 3-5 cm de largo, ocultos por las vainas imbricadas; profila prominente, retrorsamente áspera en las quillas; vainas quilladas, glabras o usualmente papiloso-hirsutas, especialmente en los márgenes superiores;

lígula un arco densamente ciliado con pelos sedosos de 1-2 mm de largo; collar con una coloración amarillo pálida prominente” (Vallejo, 2020, pág. 78).

Aprovechamiento y Usos

Vela y Vargas (2009) afirman que se usa principalmente en pastoreo; corte (forraje verde); con menos frecuencia para heno o ensilado. La evaluación del Kikuyo en Sistemas Silvopastoriles sugieren que la presencia de arbóreas, como alisos (*Alnus acuminata*) incrementa las concentraciones de proteína cruda y disminuye la fibra en detergente neutro. Sin embargo, esta respuesta está asociada con la distancia del árbol a la pradera. Ospina (2005) dice que se encontró que el pasto Kikuyo, creciendo bajo un rodal de aliso de 12 años de edad, contenía el doble de proteína que el mismo pasto a plena exposición solar.

Otros Usos

Vallejo y Zapata (2020) concluyen que por sus características de colonizadora y estabilizadora del suelo, es excelente para el control de la erosión. Chamorro (2004) afirma que en zonas del trópico alto son reducidas las fincas donde existen verdaderos procesos de cambio del sistema tradicional buscando la sostenibilidad y el mantenimiento de la producción. Es de anotar que uno de los fenómenos que más afecta la disponibilidad de forraje en Nariño son las heladas y el Kikuyo es altamente susceptible a este fenómeno ambiental y solo la utilización estratégica de los árboles ha logrado mantener las praderas de Kikuyo alejadas de este fenómeno principalmente por el efecto de sombra y mayor retención de humedad en el suelo.

Materiales y Métodos

Ubicación del Proyecto

Localización Geográfica del Experimento

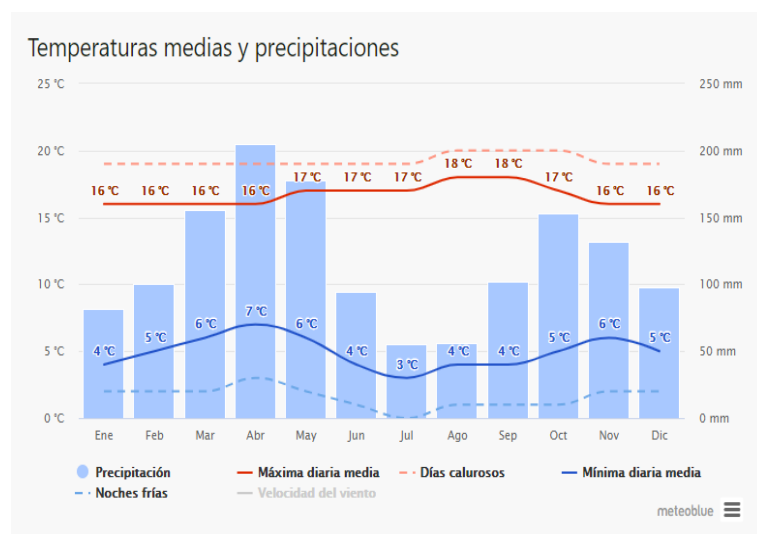
Municipio de Pupiales, Vereda Tepud, Finca Las Delicias, Latitud 0°56'21" N
77°40'50" W con una Altitud de 3100 m.s.n.m.

Climatología

Durante el transcurso del año la temperatura generalmente varía de 8°C a 18°C, Presenta una precipitación promedio anual de 1411 mm, con épocas lluviosas en periodos cortos, fríos y mayormente nublados y épocas secas muy cortas (Figura 9).

Figura 9

Precipitación Mensual (mm)



Nota. Tomada de Meteoblue.

Praderas Experimentales

Las praderas 1, 2, 3 y 4 estaban conformadas principalmente por Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) las praderas 5, 6, 7 y 8 fueron los Sistemas Silvopastoriles Aliso (*Alnus acuminata*) + Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) sistemas establecidos en la finca Las Delicias en el año 2005

como se observa en la figura 10. Sistemas Silvopastoriles establecidos por el Grupo de Investigación Agroforestería y Biodiversidad Tropical.

Figura 10

Ubicación de las Praderas Experimentales Finca Las Delicias



Nota. Tomada de google Earth y diagramación propia.

La investigación evaluó la producción y calidad del forraje, la producción y calidad de leche en dos tratamientos testigo y experimental.

El tratamiento testigo estuvo conformado por cuatro praderas convencionales de Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) con una extensión de 0.25 ha cada una (Figura 11).

Figura 11

Tratamiento Testigo. Praderas de Kikuyo (Cenchrus clandestinus)



Nota. Autoría propia.

El tratamiento experimental estuvo conformado por Sistema Silvopastoril Aliso + Kikuyo conformado por cuatro SSP con una extensión de 0.25 ha cada una (Figura 12).

Figura 12

Tratamiento Experimental. Sistema Silvopastoril Aliso + Kikuyo



Nota. Autoría propia.

Tratamientos y Diseño Experimental

Los tratamientos experimentales fueron:

T1: Praderas de Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) (Tratamiento testigo).

T2: Sistema Silvopastoril Aliso (*Alnus acuminata*) + Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) (Tratamiento experimental).

Para efectos del estudio se dividieron las praderas experimentales en ocho partes iguales como se muestra en la tabla 1. Las vacas experimentales pastorearon consecutivamente en las praderas según el siguiente esquema.

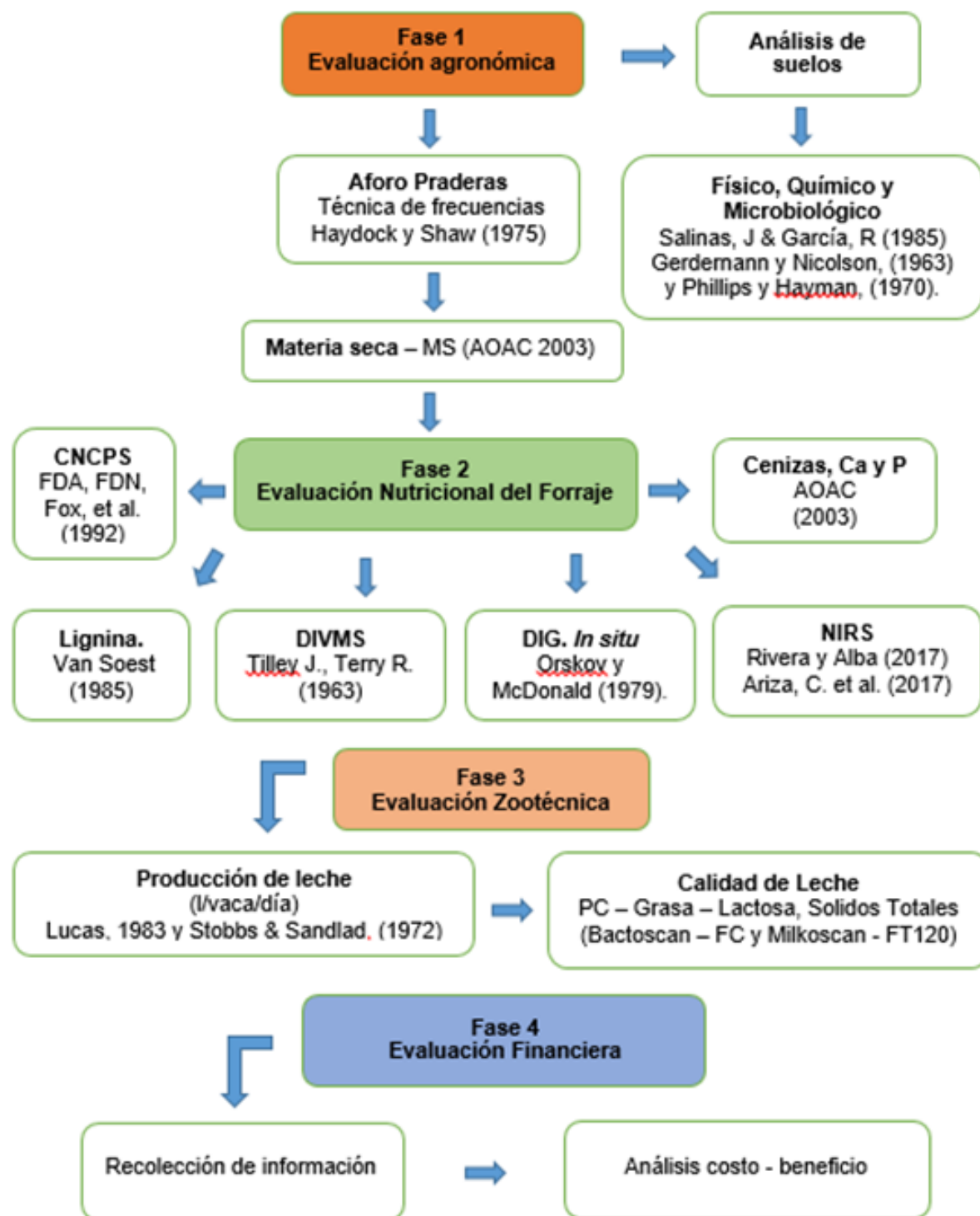
Tabla 1*Esquema Rotacional de los Animales en los Tratamientos*

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4
	18 Enero al 01 Febrero	01 Febrero al 15 Febrero	15 Febrero al 01 Marzo	01 Marzo al 15 Marzo
Grupo 1				
Vacas 1, 2 y 3	T 1	T 2	T 1	T 2
Grupo 2				
Vacas 4, 5 y 6	T 2	T 1	T 2	T 1

Nota. La investigación presento cuatro (4) fases las cuales se describen en la figura 13.

Figura 13

Fases de la Investigación



Nota. Autoría propia.

Análisis de Suelos

Se realizó un análisis físico/químico según la metodología de Salinas y García (1985). Las muestras para los análisis de suelo se recolectaron de 0 - 20 cm de profundidad. Y se determinaron macroelementos, elementos secundarios, microelementos, capacidad de intercambio catiónico, pH, materia orgánica y carbono orgánico. Como lo señala Noguera (2011) en el análisis físico se determinó densidad aparente, densidad real y textura. Las muestras de suelo fueron recolectadas el día 19 de febrero del 2020 (Figura 14).

Figura 14

Recolección de Muestras de Suelo en las Praderas Experimentales



Nota. Autoría propia.

Los análisis de suelos se realizaron en: Serviagronomica S.A.S ubicada en la ciudad de San Juan de Pasto.

Oferta Forrajera

En cada ciclo de pastoreo se determinó la biomasa total y la composición botánica de las praderas experimentales un día antes de iniciar el periodo de ocupación y el último día de pastoreo. En esta investigación se determinaron cuatro (4) periodos de 15 días cada periodo. Con

periodos de descanso iniciales de 75 y 60 días para el testigo y SSP respectivamente y periodos finales de descanso de 30 días para los dos tratamientos. Para la evaluación se utilizó el análisis del rendimiento comparativo con un aforo de herbáceas; mediante la técnica de frecuencias, según procedimientos usados por Cuesta (2005); Haydock y Shaw (1975) (Figura 15).

Figura 15

Aforo de Praderas de Kikuyo (Cenchrus clandestinus)



Nota. Autoría propia.

El periodo de ocupación de las praderas experimentales se manejó con cinta eléctrica, la cual se cambió cuatro (4) veces al día teniendo en cuenta el aforo, la capacidad de carga y el área disponible.

Al finalizar el primer periodo de ocupación se realizó en los dos tratamientos un corte de uniformización con ayuda de una guadaña, para estimular el rebrote y homogenizar la arquitectura de la pradera.

Al final de cada periodo de ocupación se esparcieron las heces de manera manual con un rastrillo en los dos tratamientos y se realizó la aplicación de microorganismos eficientes (EMS)

reproducidos con la técnica de Higa y Parra (1994), para mejorar así la distribución de los nutrientes que se encuentran en las heces.

Composición Nutricional de la Biomasa en Oferta

Se utilizó la metodología planteada por la AOAC (2003) se cuantificó la materia seca (MS) (Figura 16), cenizas, extracto etéreo (EE) y proteína cruda (PC). La fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) se determinaron por el método descrito por Van Soest y Robertson (1985).

Figura 16

Cuantificación de Materia Seca



Nota. Autoría propia.

Las muestras de materia seca de todos los periodos de evaluación fueron enviadas al laboratorio de AGROSAVIA sede Turipaná; laboratorios acreditados para pruebas de química analítica.

Para el envío de las muestras se diligencio la solicitud de química analítica formato GA-F-84 versión: 7.

Se determinaron las fracciones de proteína y carbohidratos según el CNCPS, cuantificando las cinco fracciones nitrogenadas de la proteína cruda: 1. Nitrógeno no proteínico (NNP: fracción A); 2. Nitrógeno verdadero soluble (fracción B1); 3. Nitrógeno verdadero insoluble no ligado a la FDN (fracción B2); 4. Nitrógeno verdadero ligado a la fibra detergente neutra (NFDN) (fracción B3); y 5. Nitrógeno ligado a la fibra detergente ácida (NFDA) (fracción C) según Fox (1992); Licitra (1996).

Aritméticamente se calculó la concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) como $CNE = 100 - (PC + FDN + CN + EE) + PCIDN$ (NRC, 2001). Estas fracciones químicas se utilizaron para estimar el contenido de Energía Neta de Lactancia (Enl) de la pradera mediante la fórmula:

$$EN_{Lp} \text{ (Mcal/Kg)} = [0,703 EM_p \text{ (Mcal/Kg)}] - 0,19$$

Adicionalmente, se determinó la Degradabilidad *In Situ* de la materia seca, siguiendo la metodología reportada por Orskov y McDonald (1997).

Con relación a los minerales, Calcio y Fosforo. Se utilizó la metodología establecida por la AOAC (2003).

Se utilizó tecnología NIRS para el análisis nutricional de la biomasa forrajera. La espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS).

La tecnología NIRS para el análisis nutricional de la biomasa forrajera. La espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS) se basa en la quimiométrica, asociando la luz absorbida en una muestra de alimento con la composición química de la misma y con base en ello se desarrollan ecuaciones de predicción por cada componente químico del alimento, Rivera (2017) dice que la metodología ha sido aplicada en el análisis de forrajes con resultados confiables para la

predicción materia seca, proteína, carbohidratos estructurales, solubles, grasa y en leguminosas para la identificación de factores antinutricionales.

La técnica NIRS se fundamenta en la aplicación de métodos matemáticos sobre datos químicos; es decir, en combinación con las ondas electromagnéticas de la región NIR (780 a 2500 nm), se relaciona la composición química de una sustancia con los cambios de energía, para generar ecuaciones por cada compuesto químico. Por lo tanto Ariza (2020) afirma que la lectura espectral de una muestra es suficiente para obtener información de múltiples valores químicos relacionados con la calidad de los recursos forrajeros de Colombia.

Se diligenció el formato para NIRS 1.6.1 GA-F-71 BD NIRS V11 del Centro de Investigación AGROSAVIA sede Turipaná.

Definición de las Unidades Experimentales

Para la definición de las unidades experimentales, se utilizaron bovinos hembras de la raza Holstein y Jersey, los cuales se seleccionaron homogéneamente según el peso, el número de partos, la producción de leche (l/día) y la etapa de producción. Según los datos registrados en tabla 2.

Tabla 2*Información Unidades Experimentales*

Nombre	Raza	Edad (Años)	Peso (Kg)	Número de partos	Días de lactancia	Promedio L/vaca/día
Sevillana	Jerhol	2,5	500	1	41	9,6
Venecia	Jerhol	3,0	510	1	70	13,3
Bretaña	Jerhol	3,0	508	1	67	14,4
Saltina	Norm.x Holst.	7,5	720	6	75	13,1
Marina	Holstein	4,0	560	2	86	17,3
Venus	Holstein	7,0	550	5	118	14,5
Lira	Parhol	6,5	570	4	120	17,5
Rosalinda	Holstein	6,0	570	4	122	12,8
Ardillera	Holstein	5,0	590	3	143	19,9
Primorosa	Holstein	4,0	565	2	163	9,7
Salerosa	Jerhol	2,5	490	1	169	9,6
Artista	Holstein	5,5	590	3	169	19,7
Parda	Parhol	6,0	560	4	177	15,6
Betania	Holstein	4,5	610	2	189	14,3
Primor	Holstein	5,0	630	3	249	10,2
Marinera	Holstein	4,5	560	2	252	8,6
Carolita	Holstein	5,0	530	2	254	9,5
Valery	Montb.xHolst.	6,0	620	3	260	11,0
Carola	Holstein	3,0	520	1	356	8,5
Artesanilla	Jerhol	3,0	510	1	361	7,9
Bailarina	Montbeliarde	7,5	720	6	329	7,9
	Promedio	4,8	571	2	180	12,6
	Máximo	7,5	720	6	361	19,9
	Mínimo	2,5	490	1	41	7,9

Nota. Autor.

Animales Experimentales

Se utilizaron seis vacas las cuales se dividieron en dos grupos, el Grupo 1 conformado por las vacas: Venecia, Rosalinda y Ardillera (Figura 17).

Figura 17

Grupo Experimental N° 1



Nota. Autoría propia.

El Grupo 2 conformado por las vacas: Bretaña, Venus y Artista (Figura 18).

Figura 18

Grupo Experimental N° 2



Nota. Autoría propia.

El peso promedio del Grupo 1 fue de 557 Kg y el peso promedio del Grupo 2 fue de 549 Kg. El promedio de producción de leche del Grupo 1 fue de 15,3 l/vaca/día y del Grupo 2 fue de 16,2 l/vaca/día.

Manejo de los Animales

Todas las praderas fueron manejadas bajo pastoreo rotacional, con una carga animal de 3,71 UGG/ha. Para el Grupo 1 y para el Grupo 2 de 3,66 UGG/ha. Los animales experimentales pastorearon de manera consecutiva en las praderas asignadas a los tratamientos, obedeciendo a un esquema de manejo rotacional. Con un periodo total de observación de 60 días.

Siguiendo la metodología de Lucas (H.L, 1983); Stobbs (1972), los animales experimentales estuvieron en cada tratamiento un periodo de 15 días (Tabla 1) durante los cuales se monitorearon dos periodos, uno de adaptación de siete días y uno de medición de ocho días.

Las evaluaciones en producción y calidad de leche se realizaron en las horas de la mañana y tarde, durante los ocho días siguientes al periodo de acostumbramiento en cada tratamiento. Cumplidos los 15 días experimentales los animales cambiaron de tratamiento, y se realizó un doble muestreo.

Producción y Calidad de Leche

Para la evaluación de la respuesta zootécnica en producción y calidad de leche se utilizaron tres vacas/secuencia, para un total de seis vacas experimentales, a las cuales se les monitoreó la producción de leche, y se recolectó una muestra de leche en cada ordeño en los tres (3) días de muestreo, inicio, medio y final de cada periodo. La muestra y replica fueron recolectadas en el ordeño de la mañana (Figura 19); para un total de 12 muestras por cada uno de los días de muestreo.

Figura 19

Toma de Muestra de Leche



Nota. Autoría propia.

Se utilizó una pastilla de azidiol (Cloranfenicol: 0,75 g, Etanol Absoluto: 10 ml, Azul de Bromofenol: 0,35g, Sodio Azida: 18g, tri-Sodio Citrato 5,5-hidrato: 45g, Agua (c.s.p.): 1000 ml) como conservante de muestras de leche cruda destinadas tanto al análisis composicional como higiénico-sanitario.

Para la evaluación de la calidad de la leche se utilizó dos equipos: Bactoscan – FC y Milkoscan – FT120.

En el equipo Bactoscan – FC: se realizó el análisis microbial, monitoreando las bacterias mesofilas, aerobias por método de citometría de flujo, diseñado para realizar control higiénico de leche por medio del conteo del número de bacterias individuales presentes en la muestra de leche cruda, los resultados se reportan en UFC/ml. Kruglianky (2020). En el equipo Milkoscan – FT120: se utilizó para determinar la proteína cruda (%), grasa (%), lactosa (%) sólidos totales (%), sólidos no grasos (%) por método de espectroscopia infrarroja. Se basa en la técnica de infrarrojo que implementa un interferómetro FTIR (Fourier Transform Infrared) que permite realizar el análisis bajo un amplio espectro que trabaja con precisión.

El análisis de la leche por espectroscopia de infrarrojo está basado en la absorción de energía infrarroja a longitudes de onda específicas donde numerosos grupos de cadenas de ácidos grasos de las moléculas que las grasas absorben (3.48 μm), grupos carbonilos de los enlaces de esteres de moléculas de grasas (5.723 μm), los enlaces peptídicos entre aminoácidos de las moléculas de proteínas (6.465 μm) y los grupos OH de las moléculas de lactosa (9.610 μm). Los sólidos no grasos son estimados al restar del valor de los sólidos totales del valor de la grasa como lo afirma Sandoval (2018).

Las muestras de leche para calidad físico – química y microbiológica se entregaron en el laboratorio sede C.I. OBONUCO el cual tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: Recuento bacterias mesófilas aerobias (métodos: GA-R-52, Versión 9 de 2019-08-08), Células somáticas (métodos: UNE EN ISO 13366-2:2007). Sólidos totales (métodos: AOAC 972.16-2005, 21 th 2019), Grasa (métodos: AOAC 972.16-2005, 21 th 2019), Proteína (métodos: AOAC 972.16-2005, 21 th 2019).

Análisis Estadístico

El diseño experimental que se utilizó fue un sobre cambio doble o “Cross Over”. Las tres vacas lactantes de cada grupo experimental recibieron en secuencia los dos tratamientos como lo señala Stobbs (1972). El experimento tuvo cuatro periodos de muestreo y dos tratamientos aplicados en secuencia a las seis unidades experimentales. Cada tratamiento se realizó con la misma frecuencia en cada periodo y dos veces en cada tratamiento (Tabla 1). Los datos fueron analizados con el PROC GLM mediante el uso del paquete estadístico (SAS 2001). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para las variables de estudio acompañado de la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados y Discusión

Suelos en Nariño

El departamento de Nariño y especialmente los municipios del trópico alto poseen suelos andisoles que se han formado de cenizas u otra eyección volcánica, tiene un alto contenido de materia orgánica (MO) entre un 10 - 20 %. Además, los suelos se pueden catalogar como ligeramente ácidos con pH entre 5.5 y 6.5 según Zambrano (2014); Volverás (2020).

Análisis de Suelos

Como se observa en la tabla 3 se reportó un pH entre 6,35 para el Tratamiento testigo (T1) y valores de 6,55 para el Sistema Silvopastoril (T2) promedios superiores a los reportados por Silva (2013) de 5,4 en praderas de Kikuyo en el municipio de Pasto, también son superiores a los valores reportados por Castro (2019) de 5,7 en Cumbal, un ligero incremento en el pH puede conducir a una mayor disponibilidad de nutrientes.

La capacidad de intercambio catiónico CIC se encontró valores de 2,80 cmol+/Kg para T1 y de 6,57 cmol+/Kg para el T2 valores inferiores a los reportados por Silva et al. (2013) con 22 cmol+/Kg también son inferiores a los valores reportados por Castro (2019) de 15 cmol+/Kg en Cumbal.

La hojarasca proporcionada por los árboles de Aliso genera un incremento en la materia orgánica. Los aportes de materia orgánica además de provocar un incremento en la CIC, también mejoran las propiedades físicas del suelo, incrementa la infiltración de agua, mejora la estructura del suelo, provee de nutrimentos a la planta y disminuye las pérdidas por erosión.

La densidad Aparente se encontró valores de 0,80 g/cc para T1 y valores de 0,76 g/cc para T2, valores inferiores a los reportados por Silva (2013) 0,90 g/cc en el municipio de Pasto.

La densidad real para el T1 presentó valores de 2,09 g/cc y para el T2 valores de 2,06 g/cc valores inferiores a los reportados por Benavides y Morales (2011) 2,44 g/cc en praderas de Kikuyo en el municipio de Samaniego.

Los resultados obtenidos confirman lo reportado por Alonso (1979) la densidad aparente y real disminuye bajo los árboles a consecuencia del aumento del porcentaje de materia orgánica y mayor densidad de raíces. La textura del suelo en este experimento para los dos tratamientos fue Franco-arcillo-limosa.

La cantidad de fósforo disponible encontrado fue de 3,15 mg/Kg en el tratamiento testigo (T1) y 6,08 mg/Kg en el tratamiento Silvopastoril (T2); con un incremento de fósforo a favor del sistema Silvopastoril. Corroborando los datos encontrados en el sistema que presentó mayor valor de P fue el SPS con aliso (12.68 - 13.54 ppm). Saucedo (2018) también reportó un valor mayor con un sistema Silvopastoril con aliso distribuido en callejones (6.71 - 9.68 ppm) en Molinopampa, Perú.

El aliso en los sistemas Silvopastoriles contribuye a la mejora de los contenidos de fósforo, como mencionan Navia (2001) quienes demostraron que el fósforo aumenta después de establecer un arreglo Silvopastoril con aliso. Estos resultados fueron similares a los informados por Akinde (2020) quienes evaluaron el contenido de fósforo para seis tipos de usos agrícolas de la tierra.

Estos resultados posiblemente están asociados a los niveles de materia orgánica y fosfatos, ya que en la superficie del suelo se deposita la hojarasca, material en descomposición. Adicionalmente, según Bailon (2018) el mayor nivel de fósforo está asociado a que en el momento de la siembra de *Alnus acuminata* se biofertilizó con micorrizas; estas asociaciones son importantes en beneficio de interacciones microbianas que contribuyen a la adaptabilidad de las

plantas terrestres. Generando una simbiosis entre micorriza y nódulo *Frankia*, con la cual se solubiliza el fosforo haciéndolo disponible para la planta, el fosforo por tanto está disponible para la fijación biológica del nitrógeno por intermedio de la nitrogenasa, dando como resultado disponibilidad de nitrógeno y fosforo para las plantas herbáceas asociadas, y como lo afirma Molina (2006) promueve así, el crecimiento vegetal.

Los minerales Ca, Mg, K, Cu, Zn, y S; presentaron valores más altos en el T2 que en el T1 y se especifican en la tabla 3. Por lo tanto, el incremento de estos minerales y las condiciones edáficas se ven modificadas como consecuencia de las propiedades físicas y biológicas del árbol. En general y dependiendo del tipo de árbol, la tendencia es un aumento de los nutrientes debajo del área de la copa asociado al efecto de la sombra, retención de humedad y al reciclado de nutrientes que realizan las raíces dejándolos a disposición de la vegetación herbácea acompañante como lo señala Fernández (2017).

Se reportaron valores más altos de Nitrógeno a favor de SSP (tabla 3), y Como lo señala Molina (2006), algunas especies de *Alnus* contribuyen entre 40 a 320 kg/N/ha/año en condiciones de campo, y un valor promedio de 156 kg/N/ha/año.

En Colombia en una plantación de aliso de dos años, con una densidad de 1.600 árboles/ha. y una altura promedio de 6,2 m, se registró un incremento de nitrógeno en el suelo de 279 kg/ha/año, según Ospina (2005).

Tabla 3*Análisis de Suelos*

Parámetro / Unidad de medida	T 1 Testigo	Diagnostico	T 2 SSP	Diagnostico
PH (Unidades de pH)	6,35 *	Ligeramente acido	6,55 *	Ligeramente acido
CIC (cmol+/Kg)	2,80 *	Bajo	6,57 *	Bajo
Densidad aparente (g/cc)	0,80 *		0,76 *	
Densidad real (g/cc)	2,09 *		2,06 *	
Textura (Dispersión/Floculación)		Arena 16%		Arena 15%
		Limo 53%		Limo 60%
		Arcilla 30%		Arcilla 25%
		FArL		FArL
Fosforo Disponible/PO ₄ (mg/Kg)	3,15 *	Bajo	6,08 *	Bajo
Calcio/Ca ⁺² (mg/Kg)	578 *	Medio	2477 *	Medio
Magnesio/Mg ⁺² (mg/Kg)	111 *	Medio	445 *	Medio
Potasio/K ⁺ (mg/Kg)	130 *	Alto	206 *	Alto
Hierro/ Fe ³⁺ (mg/Kg)	17,25 *	Alto	12,25 *	Medio
Cobre/ Cu ²⁺ (mg/Kg)	0,05 *	Bajo	0,32 *	Bajo
Zinc/ Zn ⁺² (mg/Kg)	1,85 *	Medio	5,75 *	Alto
Manganeso/ Mn ⁺² (mg/Kg)	4,00 *	Bajo	9,25 *	Medio
Azufre Disponible/SO ₄ ⁻² (mg/Kg)	4,15 *	Bajo	5,00 *	Bajo
Boro Disponible/H ₃ BO ₃ (mg/Kg)	0,30 *	Bajo	0,25 *	Bajo
Nitrógeno Amoniacal/ NH ₄ ⁺ (mg/Kg)	20,20 *	Medio	22,30 *	Medio
Nitrógeno nítrico/NO ₃ ⁻ (mg/Kg)	0,06 *	Bajo	0,08 *	Bajo
Materia Orgánica/ NA (%)	14,05 *	Alto	15,10 *	Alto
Carbono Orgánico/C (%)	2,35 *	-----	3,05 *	-----
Nitrógeno Total/N (%)	0,70 *	Bajo	0,76 *	Bajo

Nota. * Promedio de dos muestras

Evaluación de la Composición Botánica

Las especies encontradas en los dos tratamientos fueron: Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), Azul Orchoro (*Dactylis glomerata*), Trébol Blanco (*Trifolium repens*), Falsa Poa (*Holcus lanatus*), Diente de León (*Taraxacum officinale*) y Lengua de Vaca (*Rumex crispus*) (Figura 20).

Figura 20

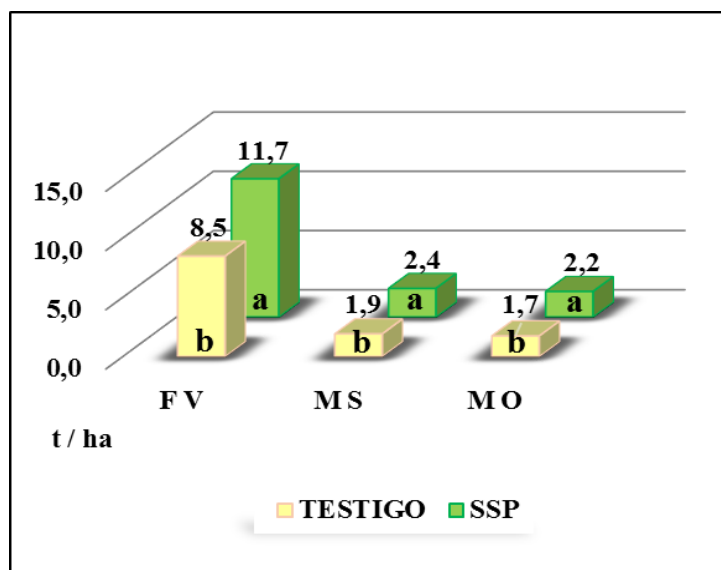
Composición Botánica de los Tratamientos



Nota. Autoría propia.

Producción de Forraje

Para la cuantificación de la disponibilidad de forraje y variables agronómicas se monitoreo antes de los pastoreos. Este monitoreo se realizó durante cuatro periodos experimentales. Los promedios de producción de forraje verde (FV), materia seca (MS), y materia orgánica (MO) en los dos tratamientos, se observan en figura 21.

Figura 21*Producción FV, MS y MO**Nota.* Autoría propia.

A medida que transcurrió el experimento en el sistema Silvopastoril (T2) se observaron incrementos la producción de biomasa forrajera superando testigo (T1) (Figura 22 y 23).

Figura 22*Producción FV T1**Nota.* Autoría propia.

Figura 23

Producción FV T2



Nota. Autoría propia.

En cuanto a la producción de biomasa forrajera es importante resaltar que se reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) de los aforos, con una producción de Forraje Verde (FV) de 8,5 t/ha. y 11,7 t/ha. para el tratamiento Testigo (T1) y el SSP (T2) respectivamente. El efecto complementario (FBN, sombra, hojarasca y retención de humedad) de *Alnus acuminata* en praderas de *C. clandestinus* se reflejó en una mayor disponibilidad de forraje verde, que en esta investigación fue de 37,66%.

Adicionalmente, los valores promedios de Materia Seca (MS) presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) con una producción inicial de forraje de 2,97 t/MS/ha. y 3,34 t/MS/ha, en el Testigo (T1) y en SSP (T2) respectivamente. En el segundo periodo experimental la producción de materia seca del tratamiento Testigo (T1) fue de 1,87 t/MS/ha. y el tratamiento SSP (T2) fue de 2,37 t/MS/ha.

En el tercer periodo experimental la producción de materia seca en el Testigo (T1) fue de 1,45 t/MS/ha. y el SSP (T2) obtuvo una producción 1,91 t/MS/ha. En el cuarto periodo

experimental la producción de materia seca del Testigo (T1) fue de 1,35 t/MS/ha comparado con 1,71 t/MS/ha reportado en el SSP (T2). La producción total de materia seca del tratamiento SSP (T2) superó al tratamiento Testigo (T1) en un 26,18%.

Los resultados de la producción de forraje de esta investigación son inferiores a los reportados por Insuasty (2011) quien reporta 3,9 t/MS/ha. en sistemas tradicionales de *C. clandestinus* y 4,7 t/MS/ha. para Sistemas Silvopastoriles de *C. clandestinus* asociado con *Alnus acuminata*. Los valores en este estudio son superiores posiblemente debido a que los tratamientos recibieron fertilización orgánica (350 kg/ha de gallinaza).

La producción de biomasa forrajera fue significativamente superior en el SSP (T2) y estuvo asociada principalmente a las interacciones del *A. acuminata* en la relación suelo/planta al ofrecer al suelo la fijación biológica del nitrógeno (FBN), el aporte de hojarasca, mejor drenaje en época de lluvia y a la pradera una sombra difusa que permite un mayor crecimiento de las herbáceas y una mayor protección frente al fenómeno de las heladas.

Según Chamorro y Rey (2017) los indicadores de fertilidad, retención de agua y fijación biológica de nitrógeno de *Alnus acuminata*, presentan mejores valores en los SSP y esto se reflejan en una mayor producción y calidad del Kikuyo (*C. clandestinus*).

En la fase experimental en el periodo uno se presentaron tres días con presencia de heladas intensificándose en el día 31 de enero 2021 (figura 24).

Figura 24

Afectación de C. clandestinus por Heladas

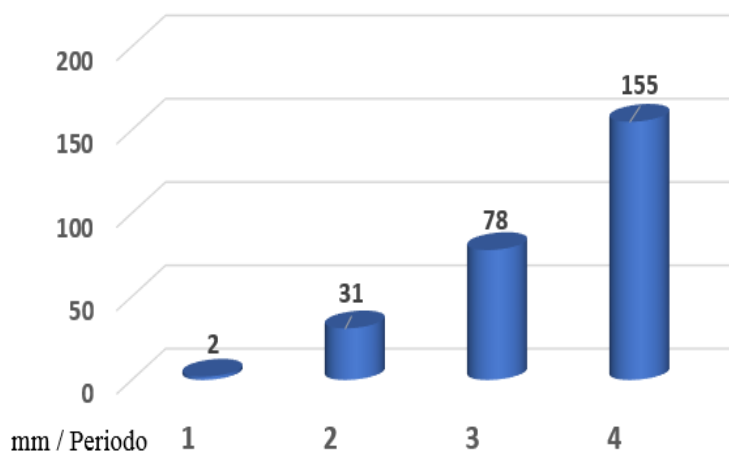


Nota. Autoría propia.

Además de las heladas se presentaron fuertes lluvias los días 4, 12 y 13 del periodo 3 con 78 mm; y los días 1, 9, 10 y 12 del periodo 4 con 155 mm (figura 25).

Figura 25

Precipitaciones Fases de Experimentación



Nota. Autoría propia.

Composición Química del Forraje

Como se muestra en la tabla 4, las concentraciones en los diferentes nutrientes del forraje de *C. clandestinus* que aportan energía fluctuaron para los dos tratamientos experimentales.

Tabla 4

Análisis Químico de los Carbohidratos de C. clandestinus

Tratamiento	ALMI	CNE	CSOL	FDN	FDA	HEMI
	NS	*	*	*	*	NS
Testigo (T1)	6.92 a	10.61 a	3.70 a	54.81 a	32.72 a	22.08 a
SSP (T2)	6.75 a	9.92 b	3.18 b	52.87 b	31.33 b	21.52 a
Dif. Sig. Mínima	0.34	0.53	0.38	1.91	1.18	0.99

Nota. T1: *C. clandestinus*, T2: *Alnus acuminata* + *C. clandestinus*. Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

En el contenido del almidón entre los tratamientos no presentaron diferencias significativas. La fermentación del almidón y la producción ácidos grasos volátiles (AGV) son procesos claves para maximizar la eficiencia energética en la producción de leche y el crecimiento de los rumiantes según McDonald (2022).

La relación de los almidones dentro de los CNE y coincide con los reportes de Fulkerson (1999), quienes manifiestan que un poco más del 50% de los CNE en el pasto kikuyo están representados por almidones y el restante por azúcares solubles. En esta investigación los porcentajes de almidones fueron de 65.2% para el testigo y 68.0 para el forraje de los SSP.

Para carbohidratos no estructurales (CNE) y carbohidratos solubles (CSOL), se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). Los promedios en esta investigación son similares a los reportados por Correa et al. (2008). Los CNE están conformados por azúcares solubles e insolubles. Los azúcares solubles, a su vez, consisten principalmente en monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (sacarosa y maltosa) y

polisacáridos como almidones y fructosanas. Smith (1973); Marais (2001) y Muscolo et al. (2003) coinciden en señalar que en el pasto kikuyo los azúcares solubles consisten principalmente en sacarosa con pequeñas cantidades de glucosa y fructosa.

Hay que tener en cuenta que los diversos carbohidratos se localizan en la pared celular y en el contenido celular de los tejidos vegetales. Los polisacáridos celulosa y hemicelulosa, se denominan carbohidratos estructurales, y están localizados en la pared celular, mientras los presentes en el contenido celular, como por ejemplo el almidón, se conocen como carbohidratos no estructurales según Chamorro (2002).

Fibra Detergente Neutro (FDN)

Se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), cuyos valores fueron: Testigo (T1) con 54,81% y SSP (T2) con 52,87% superando los reportados por Chamorro y Rey (2017), quienes obtuvieron promedios de 52,38% para el testigo y 46,46% para el SSP. Por otra parte, los valores obtenidos son inferiores a los reportados por Sánchez et al. (2010) 57,38% para el testigo y 60,04% para el SSP.

Para el caso de SSP (T2) los valores son inferiores a los reportados por Sarria (2008) en Antioquia cuyo valor es de 70,2%. Sin embargo, supera para el caso del Kikuyo con un valor de 73,6%. Estos valores también superan a los reportados por Escobar (2020) con promedios de 49,78% para SSP + aliso y 48,41 para Kikuyo a campo abierto, por otro lado, Tafur (2020) reporta valores superiores de 58,55% para Kikuyo a campo abierto y de 55,49% para SSP. Lo anterior indica que el forraje del proveniente de los SSP tiene un alto nivel energético y demuestra nuevamente que el asocio de las praderas con los árboles mejora la disponibilidad de los carbohidratos para los rumiantes esto según la investigación de Chamorro y Rey (2017). El FDN, ocupa el mayor porcentaje de la MS, por tanto, todos los efectos, tratamientos, que

permitan bajar los niveles tan altos de las gramíneas C4, incrementará directamente el consumo, el balance energético de la ración, la degradabilidad ruminal y potencialmente la eficiencia Zootécnica.

Según Detmann (2004) la determinación de los componentes de la pared celular de los forrajes es muy importante para conocer su valor nutritivo, ya que ocupa un lugar central en la evaluación de la disponibilidad de la energía, aportando una cantidad significativa de energía a bajo costo y siendo el componente químico con mayor porcentaje dentro de la materia seca y de mayor variabilidad natural. Por su parte, Weiss (1993) explica que la fibra es la variable más común para predecir el contenido de energía en los alimentos, debido a la relación negativa que existe entre el contenido de fibra (principalmente por el contenido de celulosa) y la energía disponible, causado por la baja digestibilidad de este compuesto.

Uno de los factores que impactan negativamente en el contenido energético de los forrajes es el componente estado fisiológico de la planta, ya que a medida que avanza el estado de madurez, aumenta la formación de componentes estructurales como la fibra detergente neutra y ácida según Pirela (2005).

Fibra Detergente Acida (FDA)

Se reportaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos en los porcentajes de FDA, con promedios de 32,72% para el Testigo (T1) y con 31,73% para SSP (T2) valores similares a los reportados por Sarria (2008) quienes obtuvieron valores de 31,6% para el SSP y de 33,4 para el Kikuyo. Los promedios obtenidos en esta investigación superan a los reportados por Chamorro y Rey (2017) quienes obtuvieron promedios de 23,44% para el testigo y 19,35% para el SSPS y Sánchez et al. (2010) con 29,31% para el testigo y 28,57% para el SSP.

Adicionalmente los promedios fueron mayores que los obtenidos por Escobar (2020) quienes reportan en el Perú un 27,30% para el Kikuyo a campo abierto y un 27,65% para SSP + Aliso. Sin embargo, Tafur (2020) reporta valores superiores con 61,16% para el SSP y de 59,09% para el Kikuyo a campo abierto.

Estos resultados posiblemente estén asociados a la influencia de la copa de los árboles las cuales sirven como una especie de filtro de la radiación solar y permitan que la gramínea no presente elongación celular e incremente la pared celular proceso que si se presenta a plena exposición de luz. Chamorro y Rey (2008) afirma que cuando la radiación solar llega directamente a las pasturas ocasiona procesos acelerados de maduración fisiológica asociados con incremento en la pared celular, disminuyendo de esta manera la calidad nutricional.

Sarria (2008) afirma que los porcentajes de FDN y FDA tienen nutricionalmente una gran importancia debido a que los valores altos presentan correlaciones negativas con el consumo voluntario y la digestibilidad de la materia seca debido a la lignificación de la pared celular.

Lo anterior tiene implicaciones nutricionales y económicas, ya que las praderas de Kikuyo asociadas con Aliso, además de incrementar la producción de biomasa forrajera, mejoran su calidad energética incrementando la disponibilidad de energía para procesos de mantenimiento, producción y reproducción.

Hemicelulosa (HEMI)

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). El valor del Testigo (T1) fue de 22,08% y para el SSP (T2) un valor de 21,52%. Promedios inferiores a los reportados por Sánchez (2010) con 28,07% para el testigo y 31,47% para el SSP. De igual manera, son valores menores a los reportados por Chamorro y Rey (2017) quienes en su investigación obtuvieron promedios de 27,10% para el SSP y 28,93% para el Kikuyo.

Los niveles de celulosa y hemicelulosa, principales carbohidratos estructurales de la pared celular, fueron superiores en los forrajes del sistema Silvopastoril, representando así un mayor nivel de energía que podría ser aprovechada por el animal.

Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (DIVMS)

La DIVMS es el mejor indicador biológico de la calidad nutricional de un forraje ya que contempla una fase de fermentación microbiana y una fase enzimática que simulando todo el proceso digestivo.

En esta investigación no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0,05$), como se observa en la tabla 5. Sin embargo, existió una tendencia matemática con valores superiores de 2,93% a favor del SSP (T2).

Esta mejor DIVMS del tratamiento 2, estuvo asociada a los menores contenidos de FDN, FDA y lignina del forraje, sí como mayores aportes de nitrógeno, provenientes de la proteína cruda (PC) y especialmente de la fracción B1. Efecto posiblemente asociado al efecto de sombra, el cual incrementa como ya se indicó la calidad nutricional de los forrajes por la disminución de la pared celular e incremento de los contenidos celulares en la célula vegetal, generando así biomasa forrajera con una mayor digestibilidad y por ende incrementa el consumo voluntario, la eficiencia nutricional y las respuestas Agrozootécnicas como lo señala Chamorro (2021); Dimarco (2011) citado por Escobar (2020).

Tabla 5*Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca*

Tratamiento	DIVMS
	NS
Testigo (T1)	71.56 a
SSP (T2)	74.49 a
Dif. Sig. Mínima	2.98

Nota. T1: *C. clandestinus*, T2: *Alnus acuminata* + *C. clandestinus*. Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Los valores de DIVMS son superiores a los reportados por Chamorro y Rey (2017) cuyos promedios fueron de 71,15% para SSP y de 70,65% para el Testigo. De igual manera superan los valores reportados por Escobar et al. (2020) con valores de 69,19% para el SSP, pero es menor con respecto al Testigo con un valor de 77,79%.

Fraccionamiento de la Proteína

Como se puede observar en la tabla 6, los tratamientos superaron el nivel crítico de proteína cruda del 7% recomendado para crecimiento microbial en el trópico por Minson (1990) y son considerados adecuados a los requerimientos del animal para evitar depresión de apetito y por consecuencia reducciones en el consumo.

Tabla 6*Fracciones de la Proteína del Forraje de C. clandestinus*

Tratamiento	PC (%)	FRA A (%)	FRA B1 (%)	FRA B2 (%)	FRA B3 (%)	FRA C (%)
	NS	**	NS	NS	NS	NS
Testigo (T1)	17.61 a	23.61 a	15.40 a	19.14 a	37.53 a	4.29 a
SSP (T2)	18.55 a	19.87 b	19.44 a	18.50 a	37.21 a	4.92 a
Dif. Sig. Mínima	1.61	2.31	5.13	3.18	2.78	0.71

Nota. T1: *C. clandestinus*, T2: *Alnus acuminata* + *C. clandestinus*. Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Los promedios de la concentración de la proteína cruda (PC) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0,05$). Sin embargo, se presentó una tendencia a incrementar la PC de la biomasa forrajera en el SSP (T2) en un 0,94%. Los valores obtenidos de PC fueron más altos que los valores reportados por Insuasty (2011) en el Municipio de Pasto, cuyos promedios fueron: Sistema 1 – Kikuyo 10,20%; Sistema 2 – Kikuyo + Aliso 11,41%. También superaron los reportados por Sánchez et al. (2010) investigación realizada en el municipio de Usme – Cundinamarca; donde el Kikuyo obtuvo un valor de 11,11% y el Sistema Silvopastoril de 14,1%. De igual manera, supera el valor reportado por Chamorro y Rey (2008) en Cundinamarca, donde el Kikuyo presentó valores de 15,51% y el SSPS 15,61%. Los promedios de esta investigación en proteína cruda superaron a los reportados por Escobar (2020) en Perú, cuyos promedios fueron de 16,50% para SSP y de 14,17% para Kikuyo.

Estos valores son más bajos que los reportados por Sarria (2008) quien en el oriente Antioqueño reportaron un valor de 20,7% PC en el SSP. Efecto asociado a la fertilización con porquinaza. Sin embargo, las praderas de monocultivo de Kikuyo obtuvieron un valor inferior al de esta investigación con un promedio de 16,6%.

El aumento en los niveles de proteína del componente forrajero en el SSP con *A. acuminata* está asociado a la capacidad de fijación biológica de nitrógeno (FBN) de esta especie. El nitrógeno es el nutriente más limitante en las praderas, y se incrementa con la siembra de Aliso, por la FBN y el aporte de hojarasca de la misma especie, nutriente fácilmente aprovechable por las gramíneas, como lo aseguran Chamorro y Rey (2008); Botero y Russo (1998). Además, Villagaray y Bautista citados por Escobar (2020) expresa que el Kikuyo asociado con *A. acuminata* mejora su sistema radicular aumentando el área disponible de captura de nutrientes. Asimismo, Sarria (2008) dice que el microclima creado por la presencia de los árboles y especialmente asociado con la sombra favorece el mayor contenido de proteína.

Otra explicación es la fisiológica en donde la mayor concentración de nutrientes en gramíneas asociadas con árboles, son los cambios morfológicos y fenológicos que suceden en la gramínea que crecen bajo la sombra del árbol, los cuales funcionan como mecanismos de adaptación a la baja incidencia de energía lumínica. Para ello, las especies forrajeras tienden a desarrollar laminas foliares más largas y más anchas, para lograr una mayor recepción de la luz. Chamorro y Rey (2017) afirman que las hojas son el órgano donde se concentran la mayoría de los nutrientes que utilizan los rumiantes.

El conocimiento del metabolismo de las proteínas en los rumiantes, la caracterización de las diferentes fracciones de la proteína presentes en los recursos arbóreos, permite darles a las arbustivas leñosas perennes un valor agregado como forraje y/o suplemento proteico. Se ha demostrado que la incorporación de arbóreas forrajeras en praderas en sistemas Silvopastoriles de ramoneo y/o sombra es una alternativa sostenible y productiva para la ganadería bovina tropical al aumentar la disponibilidad y calidad de la oferta de biomasa forrajera, incrementar el

consumo voluntario y estimular la eficiencia en la utilización de nutrientes según la investigación de Chamorro (2002).

Fracción A (FRA A). Se reportaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.01$), el tratamiento Testigo (T1) con 23,61% y el SSP (T2) con 19,87%. Valores más altos que los reportados por Chamorro y Rey (2008) quienes obtuvieron para el testigo 1,15% y 1,22% para SSP, de igual manera valores más altos que los reportados por Sánchez (2010) con 3,54% para el testigo y 2,82% para SSP.

La fracción nitrogenada A, representada por nitrógeno no proteico, presenta una tendencia de superioridad en los sistemas sin árboles. Se denomina nitrógeno no proteico a todo compuesto que contiene nitrógeno sin la existencia de enlaces peptídicos, teniendo como ejemplo a nitratos, nitritos, aminas, amidas, alcaloides, urea, etc., el cual puede ser aprovechado por los rumiantes gracias a la actividad de microorganismos presentes en sus preestómagos.

Sin embargo, por esa actividad microbiológica, el nitrógeno no proteico es transformado muy rápidamente a nivel ruminal en amoníaco, para utilizarse como fuente de nitrógeno en la síntesis de proteína microbial, siempre y cuando se disponga de energía fermentable en el rumen, representada por carbohidratos no fibrosos o carbohidratos no estructurales. Cuando no se dispone de esta energía, el amoníaco es absorbido muy rápidamente y transportado vía sanguínea al hígado, donde es transformado en urea, la cual en un alto porcentaje es eliminada por orina y leche, con los respectivos gastos energéticos.

De esta manera, el nitrógeno no proteico puede ser utilizado por la población microbial; sin embargo, su alta tasa de degradación y absorción requiere la disponibilidad de fuentes energéticas rápidamente utilizables para maximizar su aprovechamiento y evitar su eliminación según el concepto de Sánchez (2010).

El incremento en un 3.74% del nitrógeno que hace parte de la proteína soluble permite a los microorganismos en el forraje de la pradera en monocultivo de Kikuyo requiere de una mayor disponibilidad de energía para crecimiento microbial y evitar excesos de nitrógeno a nivel ruminal.

Fracción B1 (FRA B1). No se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$). Sin embargo, se presentó una tendencia con valores promedios superiores en el tratamiento con árboles de *A. acuminata*. El tratamiento Testigo (T1) reporto un valor de 15,40% y el SSP (T2) con 19,44%, valores más bajos que los reportados por Chamorro y Rey (2008) quienes obtuvieron para el Testigo 32,71% y 26,69% para SSP en Tibaitatá. Y los reportados por Sánchez (2010) con 26,35% para el testigo y 43,06% para el SSP en la localidad de Usme.

El sistema CNCPS cuantifica la proteína verdadera soluble, cuyos aminoácidos se liberan prácticamente en su totalidad en el rumen y se define como fracción B1, en esta fracción la pradera de *Cenchrus clandestinus* por efecto de la fijación biológica del nitrógeno producida por el *Alnus acuminata* y presencia de sombra, se obtiene un incremento de la proteína verdadera (B1) de 4,04% con alta tasa de degradación. Al igual que el nitrógeno no proteico, esta fracción puede ser utilizada por la población microbiana del rumen siempre y cuando se disponga de la energía fermentable suficiente para que el amoniaco generado sea incorporado como proteína microbial según Sánchez (2010).

Fracción B2 (FRA B2). No se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$). El tratamiento Testigo con 19,14% y el SSP con 18,50% valores más bajos que los reportados por Chamorro y Rey (2008); quienes obtuvieron 25,77% para el testigo y 31,82%

para el SSP en Tibaitatá, y promedios más bajos que los reportados por Sánchez (2010) quienes reportan 31,82% para el testigo y 27,8% para SSP en Usme.

La fracción nitrogenada B2, está representada por proteína verdadera de fácil degradación y aprovechamiento por los microorganismos ruminales y por el rumiante, ya que se encuentra en el contenido celular de la célula vegetal. Sánchez (2010) señala que la fracción nitrogenada B2 requiere la disponibilidad de carbohidratos de rápida fermentación en la dieta para que el amoníaco liberado durante la degradación ruminal se utilice de manera eficiente por la población microbial.

Fracción B3 (FRA B3). No se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$). Con valores de 37,53% y 37,21% en el tratamiento Testigo y el SSP respectivamente. Estos valores son superiores a los reportados por Chamorro y Rey (2008) quienes evidenciaron valores de 31,94% y 32,10% para el testigo y el SSP. Y adicionalmente a los referenciados por Sánchez (2010) 28,53% y 20,75% para el testigo y el SSP.

La fracción B3 está representado por proteína que no se degrada en rumen por tanto es proteína sobrepasante, proteína que normalmente está ligada con carbohidratos mediante enlaces covalentes que permiten la absorción de aminoácidos en el intestino delgado al reducir la degradación a nivel ruminal de acuerdo con la teoría de Chamorro (2002).

Fracción C (FRA C). No se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$). El tratamiento Testigo con 4,29% y el SSP con 4,92%, valores inferiores a los reportados por Chamorro y Rey (2008) con 8,42% en el testigo y 8,13% para SSP. Y a los porcentajes referenciados por Sánchez (2010) quienes reportan para el testigo 10% y 5,56% para SSP.

La fracción C de la proteína, es el nitrógeno que no está disponible en ningún compartimiento del tracto digestivo del rumiante ya que se encuentra ligado a la pared celular. Es una parte central del nitrógeno residual, resistente indigestible y asociado con la lignina. La porción no digestible (fracción C) presenta una tendencia a aumentar su contenido cuando se incrementa la edad de la pradera, ya que estos componentes están principalmente ligados a compuestos fenólicos, inhibiendo la digestibilidad esto según Chamorro (2002); Espinosa y Usuga (2008).

Fracciones de la Energía del Forraje de *C. clandestinus*

El sistema CNCPS también, define las fracciones de los carbohidratos dependiendo de su degradabilidad ruminal y los clasifica en cuatro fracciones: dentro de los carbohidratos no estructurales esta: la fracción A compuesta por Azúcares, la fracción B1 conformada por Almidones y pectinas, cuya degradabilidad ruminal es del 90-100 %, el residuo es prácticamente degradado y absorbido en su totalidad en el intestino delgado.

Dentro de los Carbohidratos estructurales se encuentra la fracción B2, carbohidratos disponibles para la comunidad microbiana ruminal, la degradabilidad de esta fracción oscila entre el 50-75%, el resto pasa al intestino grueso donde los microorganismos fermentan el 20% de estos carbohidratos y, por último, el sistema CNCPS considera la fracción C compuesta por lignocelulosas ó lignocarbohidratos que están ligados a la fibra en detergente ácido no degradable por los rumiantes, según la investigación de Chamorro (2002).

Los resultados obtenidos en esta investigación se reportan en la tabla 7.

Tabla 7

Fracciones de la Energía del Forraje de C. clandestinus

Tratamiento	EE	NDT	EB	ED RUM	EM RUM	ENM RUM	ENG RUM	ENL RUM
	(%)	(%)		MCal/kg de MS				
	**	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Testigo (T1)	2.03b	57.80a	4.17a	2.65a	2.08b	1.25a	0.68a	1.31a
SSP (T2)	2.33a	58.87a	4.20a	2.70a	2.16a	1.30a	0.71a	1.31a
Dif. Sig. Mínima	0.11	1.45	0.03	0.09	0.07	0.06	0.06	0.04

Nota. T1: *C. clandestinus*, T2: *Alnus acuminata* + *C. clandestinus*. Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Para la variable de Extracto Etéreo (EE) Se reportaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.01$) Testigo (T1) 2,03% siendo superado por el promedio del SSP (T2) 2,33%.

Los promedios de esta investigación superaron a los reportes de Vargas (2018) en Antioquia con un valor de 1,70%, Tafur (2020) con un 2,05% SSP en la provincia de Bongará (Perú), Escobar (2020) realizados en SSP Molinopampa (Perú), con *A. acuminata* con promedios de 2,07% y 1.94%.

Sin embargo, los promedios de esta investigación fueron inferiores a los reportados por Apraez et al. (2001) en Nariño con un valor de 2,46%, y los reportes de Soto (2005) en Antioquia con un promedio de 3,96%.

El incremento del valor EE en el forraje del SSP (T2) posiblemente está asociado con el efecto generado por la sombra de *A. acuminata*, ya que su estructura y ramificaciones permite

que aproximadamente el 50 – 60 % de la radiación solar se captado por la pradera generando la energía requerida para fotosíntesis; porcentajes reportados al monitorear la intensidad lumínica con luxómetros en Sistemas Silvopastoriles con *Alnus acuminata* comunicación personal Chamorro (2021). Teniendo en cuenta que *A. acuminata* y las especies de gramíneas y leguminosas que acompañan al *C. clandestinus* son especies C3, una menor intensidad de luz permite a la pradera experimental un incremento de los carbohidratos solubles y los lípidos.

Se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$) para la Energía Metabolizable (EMRUM) con valores para Testigo (T1) de 2,08 MCal/kg de MS valor superado por el SSP (T2) con 2,16 MCal/kg de MS. Estos valores similares a los reportados por Dugmore (1998), n Sudáfrica donde el contenido de EM del pasto kikuyo osciló entre 2.1 y 2.2 Mcal. Los promedios de esta investigación fueron más altos que los reportados por Gaitán y Pabón (2002) citado por Correa (2008) (1.91 MCal/kg de MS). Por su parte Read y Fulkerson (2003) en Australia reportan que el contenido de EM del pasto Kikuyo es más alto en las hojas alcanzando valores similares a los reportados por Dugmore (1998). Al evaluar el contenido de EM en los tallos, este valor se redujo a 1.76 Mcal.

De acuerdo con las ecuaciones del NRC (2001) la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina influyen negativamente en la concentración de energía metabolizable (EM) de los forrajes. La oferta forrajera en el SSP (T2), tenía menores promedios de FDN, FDA y lignina, unido a un mayor contenido de proteína y extracto etéreo, que ocasionó una mayor disponibilidad de energía metabolizable y DIVMS en los SSP.

El valor energético de los forrajes es uno de los factores a considerar para la producción de leche en sistemas bajo pastoreo Kolver (2003) y como se observa en la tabla 7, los valores de la Energía Neta de lactancia (ENLRUM) son iguales en los dos tratamientos. Sin embargo, los

promedios del SSP (T2) presentaron una tendencia al incremento en las variables de Energía Bruta (EB), Energía Digestible (EDRUM), Energía Neta de Mantenimiento (ENMRUM) y Energía Neta de Ganancia de peso (ENGRUM) en un 2.75%.

Benítez (1983) afirma que el nitrógeno presente en el suelo puede mejorar sustancialmente los niveles energéticos del mismo, que se constituyen como reservas potenciales de energía para la planta, bajo este concepto se ratifica que el incremento del 2.75% de la energía posiblemente se ve favorecida gracias a la FBN realizado por la simbiosis entre *Frankia* y *A. acuminata*.

Tejos (1996) afirma que los CNE son la energía de reserva para el rebrote de las plantas y se localizan preferentemente en las raíces y tallos basales de las especies forrajeras. Sin embargo, Botrel y Gomide (1981) dicen que además de cumplir con esta función de reserva, se ha demostrado que juegan un papel muy importante en la tolerancia de los pastos a condiciones extremas de temperatura. Dionne (2001); Shahba (2003) aseveran que el valor nutricional de estos carbohidratos reside en que son la fuente de energía de rápida disponibilidad para el crecimiento de los microorganismos ruminales. Lee (2002); Miller (1999) confirman de tal manera, que su contenido está relacionado con la eficiencia para la síntesis de proteína microbiana, como también lo corroboran Marais (2001); Montoya (2004).

Correa (2008) conjuntamente con Marais (2001) concluyen que el alto contenido de FDN del pasto Kikuyo es quizá uno de los factores más limitantes para la producción de leche, debido a que esta fracción se encuentra correlacionada negativamente con la energía disponible y la digestibilidad de la MS.

Metabolitos Secundarios

Los resultados obtenidos para metabolitos secundarios se observan en la tabla 8.

Tabla 8*Metabolitos Secundarios*

Tratamiento	LIG	Fenoles	Taninos	Taninos	Alcaloides	Saponinas	Esteroles
		Totales	Totales	Condensados	Totales		Totales
	*	NS	**	NS	NS	NS	NS
Testigo (T1)	6.13 a	16.83a	11.07a	2.40 a	5.36 a	9.63 a	3.65 a
SSP (T2)	5.62 b	16.30a	10.06b	2.25 a	5.36 a	9.06 a	3.88 a
Dif. Sig. Mín.	0.25	1.07	0.61	0.25	0.32	0.69	0.30

Nota. T1: *C. clandestinus*, T2: *Alnus acuminata* + *C. clandestinus*. Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Lignina

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P < 0.01$). Donde el promedio del Testigo (T1) fue de 6.13% y en el SSP (T2) con un valor de 5.62%. La mayor concentración de lignina en el Testigo superó los reportes de Sánchez (2010) quienes presentan en el Testigo un valor 7.09% y en el SSP un valor de 5.28%. Así mismo, superó los valores reportados por Chamorro y Rey (2017) quienes obtuvieron 5.30% para Testigo y 3.93 para SSP. Demostrando nuevamente que el *C. clandestinus* cuando está asociado con *A. acuminata* disminuye su contenido de lignina principalmente correlacionado a la existencia de varios mecanismos los cuales influyen en una mayor degradabilidad de la pared celular. Uno de los cuales es la incrustación en las fibras de celulosa y hemicelulosa, actuando como una barrera física para la entrada de bacterias celulolíticas o hemicelulolíticas Akin y Barton (1983) citado por Chamorro (2004).

La lignina por tanto es un indicador nutricional de los forrajes que limita la degradabilidad, el consumo voluntario y la respuesta animal.

Taninos Totales

Como se observa en la tabla 8, se reportaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.01$), donde el tratamiento Testigo (T1) y el tratamiento SSP (T2) presentaron promedios de 11,07% y 10,06%, respectivamente.

Este menor valor en el forraje del SSP, posiblemente estuvo asociado al beneficio de la sombra generada por el *A. acuminata*. Bhatta (2009) manifiesta que se ha observado que, en algunas plantas, el estrés por sequía, las altas temperaturas y la intensidad lumínica tienden a incrementar la presencia de metabolitos secundarios.

Los taninos presentes en algunas plantas forrajeras, pueden formar complejos con las proteínas presentes y evitan o disminuyen su degradabilidad generando efectos en la disponibilidad de amino ácidos. Por otro lado, los taninos también pueden tener efectos benéficos, como reducir la fermentación ruminal de los carbohidratos y proteger las proteínas de la degradación microbiana en el rumen, lo que puede resultar en una mayor eficiencia de utilización de proteínas por parte del animal y además, pueden reducir la emisión de metano. Los taninos condensados ligan las proteínas en el rumen protegiéndolas de la degradación microbial, luego el complejo tanino - proteína formado en el rumen se rompe cuando llega al abomaso por el cambio de pH, lo que puede resultar en un aumento del flujo de proteína dietaria al duodeno. Sin embargo, según Cortés (2006); Barahona (1999) el grado de protección de la proteína en el rumen y la estabilidad del complejo tanino-proteína en las condiciones del abomaso parecen estar relacionadas con la estructura del tanino y de su peso molecular afectando la eficiencia de la producción animal. Por lo tanto, según Carulla (2001) en presencia de niveles bajos de taninos, el flujo de proteína al duodeno puede aumentar, sin embargo, niveles altos de taninos reduce la digestibilidad y/o consumo de materia orgánica adicionalmente, es importante resaltar que los

taninos suprimen la metanogénesis al reducir las poblaciones de bacterias metanogénicas en el rumen, ya sea directamente o mediante la reducción de la población de protozoos, reduciendo así, como lo afirma Bhatta (2009) los metanógenos simbióticamente asociados con la población de protozoos.

Como se observa en la tabla 8 para fenoles totales, taninos condensados, alcaloides totales, saponinas, esteroides totales no se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$).

Los alcaloides tienen la propiedad común de contener nitrógeno en su estructura molecular, los efectos negativos se manifiestan por la disminución en el consumo de las plantas forrajeras con niveles altos de alcaloides, inhibición de los organismos del rumen y consecuente reducción de la digestión celulolítica, estos compuestos están distribuidos en toda la estructura de la planta forrajera como asegura Cuesta (1990).

Las saponinas por su efecto tensoactivo producen defaunación de los protozoarios, permitiendo reducir la población ruminal de protozoarios ciliados, ocasionando mayor crecimiento microbial tanto de bacterias como de hongos favoreciendo la degradabilidad de la materia seca en el rumen esto según Cano (2001).

Composición Mineral del Forraje C. clandestinus

Cenizas (CN). En la variable cenizas, no se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$). El Testigo (T1) obtuvo un promedio de 11.15% y el SSP (T2) presentó un promedio de 11.05% (tabla 9). Valores superiores a los reportados por Apraez et al. (2007) en Nariño, quienes obtuvieron un valor de 10,6%; Apraez et al. (2001) reportaron un valor de 10,22% y Soto et al. (2005) en Antioquia con un promedio de 10,13%. El promedio de cenizas obtenido en el SSP de esta investigación superó los reportes de Escobar (2020) en Perú, quienes consiguieron promedios de 8,26% y 8,91%. Sin embargo, el promedio de cenizas en el SSP es inferior a los reportados por Tafur (2020) realizada en el Perú quien reportó valores de 13,43% para el Kikuyo y de 13,55 para el SSP efecto posiblemente asociado a la fertilización.

Sales (2017) manifiesta que las cenizas son importantes en la nutrición de rumiantes por su relación directa con la concentración de minerales y especialmente por el papel que cumplen sobre indicadores productivos y reproductivos de los bovinos, ya que estas participan en una serie de reacciones bioquímicas, hacen parte estructural de enzimas que participan en el metabolismo de los componentes esenciales para desarrollo animal.

Como se observa en la tabla 9, se obtuvieron para el Calcio (Ca) diferencias significativas entre los tratamientos ($p<0.05$) con valores de 0.42% en el SSP (T2) y 0.33% en el Testigo (T1). Con un incremento del 0.09 % a favor del SSP (T2). Promedios superiores a los reportados por autores como: Obando (2023) quienes obtienen valores de 0.28% para SSP y 0.29% Para Testigo; Insuasty (2011) quien logró promedios de 0.31% para SSP con *A. acuminata* y 0.38% para el Testigo. Los valores obtenidos en esta investigación fueron inferiores a los reportados por Gualdrón y Padilla (2007) quienes obtuvieron promedios de 0.48% para SSP con *A. acuminata* y 0.39% en praderas de *C. clandestinus*.

El alto contenido de Ca observado en el forraje del SSP, posiblemente se puede explicar por su acumulación en la pared celular y al haber una mayor dosis de N proveniente de la FBN generada por *Frankia* lo que incrementa su división celular y tamaño favoreciendo el crecimiento de la planta como lo afirma Marais (2001) citado por Ortiz et al. (2021)

Los suelos del SSP en esta investigación, presentan mayores niveles de: Nitrógeno Amomiacal/ NH_4^+ con promedios de 22.30 mg/Kg en el SSP (T2) y 20.20 mg/Kg para Testigo (T1). Asimismo, presentan mayores niveles de y Nitrógeno nítrico/ NO_3^- con valores de 0.08 mg/Kg para SSP (T2) y 0.06 para el Testigo (T1).

Villarreyña (2016) afirma que los mayores contenidos de calcio posiblemente están asociado al aporte de la materia orgánica proveniente de la hojarasca, la cual puede descomponerse y liberar nutrientes, incluido el calcio, aumentando los niveles de este mineral en el suelo bajo la sombra de los árboles Adicionalmente, la dinámica microbial juega un papel activo en la descomposición de la materia orgánica y especialmente generada por las micorrizas las cuales fueron incorporadas en el momento de la siembra, este efecto fue favorecido por el pH del suelo de 6.55 en sistema Silvopastoril que coincide con lo reportado por Navas et al. (2021); Ortiz et al. (2021).

Adicionalmente, los mayores valores de Calcio en el *C. clandestinus* del Sistema Silvopastoril está asociado a la mayor disponibilidad de calcio en el suelo con un incremento del 328 % a favor del SSP, este mayor valor de Calcio en el suelo está asociado a que los arboles incrementan el reciclaje de nutrientes a través de su sistema radicular de capas más profundas que las gramíneas.

Esto concuerda con lo reportado por Navas et al. (2021) quienes afirman que el árbol explora mayor profundidad en el suelo, recuperan nutrientes que se han profundizado por

procesos de lixiviación, ubicándolos sobre el suelo a través de la hojarasca la cual se descompone por la microbiología edáfica, liberando los nutrientes y dejándolos a disposición de las pasturas.

Para la variable Fosforo (P) se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) a favor de SSP (T2) con un promedio de 0.32% y valores de 0.28% para el Testigo (T1), valores superiores a los reportados por Laredo et al. (1983) con promedio 0.27% en kikuyo tradicional. Los valores de esta investigación son más bajos que los reportados por Obando (2023) con promedios de 0.38% para SSP y 0.28 para el Testigo, Insuasty (2011) reporta 0.39% para SSP y 0.30% para Testigo, Gualdron y Padilla (2007), reportan promedios de 0.78% para SSP y valores de 0.66% para el Testigo.

Uno de los elementos minerales más versátiles en la nutrición de rumiantes es el P adicionalmente es el elemento que más incrementa el costo de las sales minerales. En esta investigación se evidencio que el nivel de fosforo en el SSP fue superior al Testigo en 0.04 %. Este efecto posiblemente está asociado en primera instancia por los mayores niveles de Fosforo Disponible/ PO_4 (mg/Kg) que se reportaron en los lotes 5, 6, 7 y 8 (6.08 mg/Kg) que conformaban el SSP. Adicionalmente este efecto posiblemente estuvo asociado a los beneficios de las micorrizas las cuales se incorporaron en el momento de la siembra.

Se ha demostrado que la actividad micorrizica del suelo juega un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica y en la liberación de nutrientes. La sombra de los árboles puede crear un ambiente más fresco y húmedo, favoreciendo la actividad microbiana y la mineralización del fósforo orgánico, haciéndolo más disponible para las plantas sostienen Villarreyña (2016); Chamorro y Rey (2017).

Se puede atribuir mayor contenido de fósforo al SSP, gracias a la acción de los microorganismos presentes en los nódulos fijadores de nitrógeno (Actinomicetos), los cuales actúan sobre la materia orgánica e inciden en la conversión de fósforo orgánico a formas inorgánicas (proceso de mineralización) utilizable por las plantas Insuasty (2011).

Para la variable Potasio (K) se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) a favor de SSP (T2) con un promedio de 2.88% y valores de 2.67% para el Testigo (T1), valores superiores a los reportados por Insuasty (2011) con promedios de 2.64% para SSP y 2.08% para Testigo, Obando (2023) reportan promedios de 3.79% para SSP y valores de 2.56% para Testigo, Laredo et al. (1983) reportaron promedios de 3.14%.

La diferencia en el contenido de Potasio probablemente se debió a la acción de microorganismos presentes en todo el SSP, por presencia de los nódulos en las raíces del árbol, e incremento de microorganismos (actinomicetos) aumentando el proceso de mineralización y porcentaje de K en el pasto kikuyo Insuasty (2011). Giraldo y Bolívar (1999), afirman que también es importante el bombeo de nutrientes que hacen los árboles de capas profundas del suelo a la superficie haciéndolos disponibles para la pastura, Además manifiestan que en algunos casos se puede incrementar la disponibilidad de Ca, P, K.

El incremento en los promedios de los minerales de Calcio, Fosforo y Potasio en el SSP (T2) obtenidos en esta investigación están directamente relacionados con la disponibilidad de los minerales en el suelo; los cuales fueron más altos en el suelo del SSP (T2) como se reporta en la tabla 3. No se reportaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$) para los minerales Magnesio (Mg), Azufre (S), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Zing (Zn).

Tabla 9*Composición Mineral del Forraje de C. clandestinus*

Tratamiento	CN	Ca	P	Mg	K	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	NS	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Testigo (T1)	11.15	0.33	0.28	0.28	2.67	0.237	6.32	169.81	100.67	37.50
	a	b	b	a	b	a	a	a	a	a
SSP (T2)	11.05	0.42	0.32	0.28	2.88	0.262	6.26	169.94	91.16	37.66
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Dif. Sig. Mín.	0.53	0.03	0.02	0.02	0.20	0.030	0.36	15.85	12.23	2.22

Nota. T1: *C. clandestinus*, T2: *Alnus acuminata* + *C. clandestinus*. Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Respuesta Animal en el Sistema Silvopastoril.

Producción de Leche

Como se puede observar en la tabla 10, la producción de leche vaca día en esta investigación, presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos experimentales.

Tabla 10*Producción y Calidad de la Leche*

Tratamiento	Solidos					Solidos		
	l/vaca/día	Grasa	Proteína	Totales	UFC	Grasa	Proteína	Totales
	**	NS	NS	NS	NS	g/vaca/día	g/vaca/día	g/vaca/día
Testigo (T1)	22.54 b	3,51a	3,21a	12,25a	32220a	791	724	2761
SSP (T2)	23,89 a	3,32a	3,13a	11,82a	4667a	793	748	2824
Dif. Sig. Mín.	0,65	0,26	0,10	0,46	37875	2,0	24	63,0

Nota. T1: *C. clandestinus*, T2: *Alnus acuminata* + *C. clandestinus*. Promedios con igual letra no son significativamente diferentes Tukey NS $p > 0,05$; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

El promedio en la producción de leche fue superior en 1,35 l/vaca/día en las vacas experimentales que permanecieron en el tratamiento Silvopastoril SSP (T2), las cuales obtuvieron una producción promedio de leche de 23,89 l/vaca/día. Promedios superiores a los obtenidos en la pradera sin arboles (T1) donde las vacas alcanzaron una producción de 22,54 l/vaca/día. La producción de leche en sistemas especializados está íntimamente relacionada con factores como la capacidad genética de los animales, actividades de manejo, estado sanitario del hato y plan de alimentación, considerando dentro de este último factor, la cantidad de nutrientes consumidos es la principal limitante para una producción eficiente sostiene Vélez (2011); Gaviria (2015).

La mayor producción de leche en este experimento estuvo directamente asociada con una mayor producción de biomasa forrajera, mayores niveles de nutrientes en oferta, mayor digestibilidad de la biomasa forrajera en el Sistema Silvopastoril, los cuales generaron posiblemente un mayor consumo de forraje. Chamoro y Rey (2017) manifiestan que los Sistemas Silvopastoriles permiten una mayor diversidad de especies forrajeras disponibles para los animales, lo que puede mejorar el consumo, oferta de nutrientes y la digestibilidad del alimento, incrementando así la energía disponible para la producción de leche.

Los productos finales más importantes de la digestión y fermentación ruminal son energía en forma de ácidos grasos volátiles y compuestos nitrogenados transformados en forma de proteína microbiana y la proteína de la dieta sin degradar. Estos productos finales son absorbidos en el tracto digestivo y se incorporan al metabolismo celular. El modelo de metabolismo intermediario considera la absorción de metabolitos de la sangre y su deposición en diferentes tejidos, que les permite a los bovinos tener mayores niveles de producción.

La mayor respuesta en producción de leche en los SSP (T2), estuvo posiblemente asociada al bienestar animal aportado con la sombra de los árboles de *A. acuminata* y mejoramiento del microclima en los Sistemas Silvopastoriles “Se abrigan las fincas”. Con sombra los bovinos de leche se protegen de los rayos solares directos, los vientos y heladas fenómeno que se presentó en la fase experimental durante tres días. Esto permite mantener la temperatura corporal de gran importancia para ahorro energético en las vacas lecheras para mantener el balance energético sin afectar su metabolismo basal, evitando así el gasto de energía para mantener la temperatura corporal. Es importante mencionar que la sombra del SSP permite también tener un mejor balance hídrico, mayor aprovechamiento de la lluvia, reteniendo humedad en el suelo, disminuyendo la evaporación, la transpiración y la escorrentía. Por lo tanto, en los SSP los árboles ayudan a mantener el agua en el suelo por más tiempo reduciendo el efecto de una sequía. Efecto contrario sucedió en las vacas del tratamiento Testigo (T1) donde estas posiblemente tuvieron un mayor gasto energético al aumentar su metabolismo basal.

Lo anterior coincide con lo reportado por el NRC (2001) quienes manifiestan que la temperatura ambiental ha sido reconocida como uno de los factores más importantes en la productividad de los bovinos de leche, también se ha reconocido que ésta es alterada por la acción del viento, humedad, precipitación y radiación solar entre otros factores. De igual manera, concuerda con lo presentado por Arias (2009) quienes manifiestan que el desempeño productivo de los bovinos de leche, está directamente afectado por los factores climáticos de su entorno, que en su conjunto afectan su balance térmico. De la misma manera Trejo (2021) manifiestan que las vacas lecheras hacen frente a las condiciones adversas del clima mediante la modificación de mecanismos fisiológicos y de comportamiento para mantener su temperatura corporal dentro de

un rango normal, generan un gasto energético cuyo efecto es la disminución de nutrientes disponibles para la producción de leche.

Por tanto, la oferta de forraje en cantidad y calidad debe asegurar cubrir los mayores costos energéticos en el trópico alto de Nariño, donde la explotación lechera está en cotas entre los 2700 a 3200 m.s.n.m. Las necesidades nutritivas totales de una vaca lechera son iguales a la suma de sus necesidades nutritivas de mantenimiento, más las necesidades nutritivas de producción y reproducción. Por lo tanto, la mayor producción de leche en el Sistema Silvopastoril, directamente estuvo asociada a los mayores niveles de nutrientes que las vacas obtienen bajo la influencia de los árboles.

Es importante anotar que el Sistema Silvopastoril les permitió a las vacas experimentales una mayor disponibilidad y calidad de forraje, sin limitantes para el consumo. El costo de consumo en praderas de menor calidad puede aumentar considerablemente el costo de mantenimiento (20 a 25%) y la cantidad de alimento extra requerido para compensarlo. Por lo tanto, los Sistemas Silvopastoriles posibilitan un mejor control de la altura, disponibilidad y/o estructura de la pastura, reducen el tiempo de pastoreo y la frecuencia de bocados y, en consecuencia, disminuyen apreciablemente el costo extra de mantenimiento de los animales e incrementan el consumo voluntario. Esta mayor disponibilidad de biomasa forrajera en tratamiento SSP (T2) se reflejó en un incremento de la oferta del 26,32%. Adicionalmente, a la cantidad de forraje disponible, el sistema Silvopastoril ofreció a las vacas experimentales una mayor calidad nutricional de la biomasa forrajera, calidad que puede atribuirse a las características inherentes de las especies herbáceas bajo la influencia de la sombra y la FBN del *A. acuminata*, que se reflejó en mayores contenidos de nutrientes en el forraje de *C. clandestinus*, menores niveles de FDN, FDA, y Lignina, e incrementó en los promedios de EE

(2,33%), una mayor disponibilidad de Calcio, Fosforo, Potasio y una tendencia a incrementar la PC (18.55%). Características nutricionales directamente asociadas a mayor digestibilidad de la Materia seca con un valor de 74.49%, que se reflejó en mayor disponibilidad de Energía Metabolizable de 2,16 MCal/kg de MS, energía que posiblemente incidió en un mayor consumo voluntario y respuesta en producción de leche 23,89 l/vaca/día.

Como en cualquier especie, las vacas tienen altos costos energéticos de mantenimiento, que incluyen los gastos energéticos propios del metabolismo basal. Los gastos energéticos que se destinan a la actividad física voluntaria e involuntaria (Pastoreo, caminatas, rumia entre otros) y los gastos energéticos para mantener constante la temperatura corporal en condiciones climáticas adversas.

Según Corbellini (2002) el ARC de Inglaterra (1980) ha estimado que el costo energético aumenta en $0.00045 \text{ Mcal/Kg}^{0.75}$ de ENL por cada kilómetro recorrido, siempre y cuando el terreno sea plano y sin barro. Así, para una vaca lechera adulta que camina 2 Km por día, se puede estimar el aumento en sus gastos de mantenimiento en alrededor del 5%. Si el terreno es ondulado, el ARC ha calculado un costo de $0.006 \text{ Mcal ENL / Kg PV}^{0.75}$ por cada Km recorrido con pendientes de hasta 30°.

Los alimentos de alta calidad y digestibilidad proporcionan más energía metabolizable. En la producción ganadera la EM es decisiva por que influye directamente en la cantidad y calidad de la leche, en esta investigación la energía metabolizable fue mayor en el SSP (T2). Energía que seguramente fue mejor utilizada por las vacas en SSP (T2) dada su mayor producción de leche, y menores demandas energéticas. Los Sistemas Silvopastoriles, pueden influir significativamente en la energía neta de lactancia (ENL) debido a las diversas

interacciones entre los componentes del sistema, ofreciendo varios beneficios que pueden impactar positivamente la ENL. Mendoza et al. (2008).

De acuerdo con el NRC (2001) la FDN, FDA y lignina influyen negativamente en la concentración de energía metabolizable (EM) de los forrajes. Por tanto, en esta investigación se puede inferir que las vacas experimentales en el tratamiento Silvopastoril SSP (T2), para conseguir esa mayor producción de leche de 1.35 l/vaca/día, debieron lograr un mayor consumo de materia seca de la oferta forrajera en el SSP (T2), con menores promedios de FDN, FDA y lignina, unido a un mayor contenido de proteína y extracto etéreo, que ocasionó una mayor disponibilidad de energía metabolizable y DIVMS en los SSP incidiendo directamente sobre un mejor desempeño productivo.

Según Detmann (2004), la determinación de los componentes de la pared celular de los forrajes es muy importante para conocer su valor nutritivo, ya que ocupa un lugar central en la evaluación de la disponibilidad de la energía, aportando una cantidad significativa de energía a bajo costo y siendo el componente químico con mayor porcentaje dentro de la materia seca y de mayor variabilidad natural. Por su parte, Weiss (1993) explica que la fibra es la variable más común para predecir el contenido de energía en los alimentos, debido a la relación negativa que existe entre el contenido de fibra (principalmente por el contenido de celulosa) y la energía disponible, causado por la baja digestibilidad de este compuesto.

Calidad Composicional de la Leche

En la composición química de la leche en esta investigación no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). Sin embargo, el nivel de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) fue superior en el tratamiento Testigo (T1) con un promedio de 32.220 y en el tratamiento SSP (T2) con un promedio de 4667. Sin embargo, teniendo en cuenta la producción

de leche por vaca diaria, en el Sistema Silvopastoril (T2) se producen 748, 793 y 2824 g/ vaca / día, de proteína, grasa y solidos totales respectivamente, con incrementos de 24, 2 y 63 g/vaca/día en relación con el tratamiento Testigo (T1). En la actualidad se busca garantizar productos de calidad e inocuos, que muestren un alto valor nutricional y por ende se consideren como un componente importante de la dieta de los seres humanos; en este sentido la leche cruda debe cumplir con lo establecido en el decreto 616 de 2006 del Ministerio De Salud y Protección Social.

La composición química de la leche puede variar dependiendo de muchos factores, incluidos los sistemas de producción y manejo del ganado. En el caso de los Sistemas Silvopastoriles, los árboles y arbustos influyen directamente en la calidad y composición de la leche. Los árboles en las praderas aumentan la diversidad y calidad de la dieta para las vacas en producción, lo que a su vez puede mejorar la calidad de la leche. López (2017) manifiesta que forrajes ricos en proteínas y otros nutrientes pueden resultar en un aumento del contenido proteico y de grasa en la leche. Los Sistemas Silvopastoriles proporcionan sombra y protección ante los cambios bruscos de temperatura, lo que reduce el estrés térmico en los animales lo que conlleva a una mayor producción de leche debido a la mejor calidad de la dieta.

Análisis de Económico de Ingresos Brutos

En el primer escenario del análisis económico, se observa en la tabla 11. Se asumió las siguientes variables: La producción de leche diaria de 22.54 l/vaca/día y 23.89 l/vaca/día para los tratamientos testigo (T1) y Sistema Silvopastoril (T2) respectivamente; el precio del litro de leche pagado en predio de \$1200; la capacidad de carga de los tratamientos de 3.7 UGG y los 305 días de duración de una lactancia. De acuerdo con todas las variables del Escenario 1. El ingreso bruto en los dos tratamientos seria $T1 = \$ 30.523.668$ y $T2 = \$ 32.351.838$ y por lo

anterior, el margen de ingresos brutos por venta de leche/ha/año en el Sistema Silvopastoril (T2) es de \$ 1.828.170/ha/año superior al tratamiento testigo (T1).

Tabla 11

Análisis de Ingresos Brutos por Venta de Leche

Tratamiento	l/vaca/día	Grasa (%)	Proteína (%)	Sólidos Totales (%)
	**	NS	NS	NS
Testigo (T1)	22,54	3,51	3,21	12,25
SSP (T2)	23,89	3,32	3,13	11,82
Dif. Sig. Mín.	0,65	0,26	0,10	0,46

Nota. Valor pagado por COLACTEOS

En el escenario dos de análisis de ingresos, se calculó el precio de venta del litro de leche de acuerdo la Resolución 017 de 2012 y sus modificaciones 077, 468 del 2015 del Sistema de Pago de Leche Cruda al Proveedor en Colombia del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) todo esto con el fin de incentivar al productor a la aplicación de unas buenas prácticas de ordeño. Sin embargo, de debe tener en cuenta que la calidad composicional y microbiológica puede verse afectado por diferentes factores. Se calculó el pago de leche cruda al proveedor, de acuerdo con su calidad composicional e higiénico-sanitaria. En relación con la calidad composicional, el precio del litro de leche se determinó mediante el sistema de precio base del gramo de proteína y grasa, Valor del gramo de leche cruda (Vigencia marzo de 2024 - febrero 2025): Región 1: Proteína: \$41,02/g; Grasa: \$13,67/g y Sólidos Totales: \$14,51/g.

La producción de grasa se estimó con la siguiente ecuación:

$$Q_{gg} = [(Gr \times DL) / 100]$$

Dónde: Q_{gg} = gramos de grasa/l de leche, Gr = gramos de grasa/100 g de leche y DL = densidad de leche.

$$T1 = ((3,51 \times 1,032) / 100) = 0,0362232$$

$$T2 = ((3,32 \times 1,032) / 100) = 0,0342624$$

Y la producción de proteína se estimó mediante la ecuación:

$$Q_{gp} = [(Pr \times DL) / 100]$$

Dónde: Q_{gp} = gramos de proteína/l de leche, Pr = gramos de proteína/100 g de leche y DL = densidad de leche (1032 g/l).

$$T1 = ((3,21 \times 1,032) / 100) = 0,0331272$$

$$T2 = ((3,13 \times 1,032) / 100) = 0,0323016$$

Las bonificaciones fueron sumadas al precio base por calidad composicional. Las bonificaciones que se cuantificaron fueron: certificación en buenas prácticas ganaderas (BPG, \$14,50; Certificado DTIIV-933 emitido por el Instituto Colombiano Agropecuario el 14 de junio de 2013); hato libre de brucelosis (\$14,50) y tuberculosis (\$14,50), unidades formadoras de colonias (UFC, valores fluctuando entre 0-25.000, \$140 a 165), CCS y presencia de tanque de enfriamiento (\$15) (valores monetarios por cada litro de leche).

El costo de transporte correspondió al descuento que realizó el comprador al proveedor de leche, teniendo en cuenta el tipo de vehículo y la distancia entre la planta de procesamiento y la unidad productiva (finca). En este trabajo, el costo correspondió a \$ 100 por cada litro de leche.

El precio de venta del litro de leche (P) fue hallado mediante la ecuación:

$$P = ((V_{gp} \times Q_{gp}) + (V_{gg} \times Q_{gg}) + B_o) - T;$$

Dónde: V_{gp} = valor (\$) del gramo de proteína, Q_{gp} = cantidad (g) de proteína contenida en un litro de leche, V_{gg} = valor (\$) del gramo de grasa, Q_{gg} = cantidad (g) de grasa contenida en un litro de leche, B_o = bonificaciones obligatorias, T = costo de transporte.

Como se puede observar en la tabla 12. En el segundo escenario del análisis económico, se asumió las siguientes variables: La producción de leche diaria de 22.54 l/vaca/día y 23.89 l/vaca/día para los tratamientos testigo (T1) y SSP (T2) respectivamente; el precio del litro de leche que debería ser pagado por características organolépticas y de calidad nutricional. El precio inicial por contenidos de grasa y proteína debió ser de \$1.854 y \$1.793 para los tratamientos testigo (T1) y SSP (T2) respectivamente. Las bonificaciones por brucelosis, tuberculosis y BPG es un valor igual para los dos tratamientos de \$43.5/litro. La bonificación por Unidades formadoras de colonia (UFC) sería de \$140 y \$165 para los tratamientos testigo (T1) y SSP (T2) respectivamente. El costo del transporte es igual en los dos tratamientos con un valor por litro de \$130 dado que la ruta esta entre 26 y 50 km. Por lo anterior, el precio del litro por tratamiento debió ser de \$1907,5 y \$2001.5 para para los tratamientos testigo (T1) y SSP (T2) respectivamente. Si se tiene en cuenta la capacidad de carga de los tratamientos de 3.7 UGG y los 305 días de duración de una lactancia. De acuerdo con todas las variables del Escenario 2. El ingreso bruto en los dos tratamientos sería $T1 = \$ 48.519.914$ y $T2 = \$ 50.455.387$ y por lo anterior, el margen de ingresos brutos por venta de leche/ha/año en el Sistema Silvopastoril (T2) es de \$ 1.935.473/ha/año superior al tratamiento testigo (T1).

Tabla 12*Análisis de Ingresos Brutos por Venta de Leche por Calidad Composicional*

Tratamiento	l/vaca/día	Qgg	Qgp	Precio Litro Inicial ₁	Brucelosis Tuberculosis y BPG	UFC	Bonificaciones ²	Costo Transporte ²	Precio Litro Final	IB Diario ³	IB Anual ⁴
	l	g	g	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Testigo (T1)	22.54	0,0362	0,0331	1.854	43,5	140	183,5	130	1.907,5	159.082	48.519.914
SSP (T2)	23.89	0,0342	0,0323	1.793	43,5	165	208,5	130	1.871,5	165.427	50.455.387
Incremento SSP							\$1.935.473				

Nota. 1. Resolución 017 de 2012 (Grasa y Proteína) Vigencia: marzo 2024 – febrero 2025

2. <https://uspleche.minagricultura.gov.co/index.html>

3. 3.7 UGG/ha

4. 305 días de lactancia.

Capacitación en Sistemas Silvopastoriles

Como estudiantes de la Especialización en Nutrición y Alimentación Animal Sostenible se participó en algunas capacitaciones en Sistemas Silvopastoriles para contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Se participó como ponentes invitados en el curso online: Establecimiento y manejo de Sistemas Silvopastoriles para bovinos de leche en trópico alto (Figura 26), realizado el 15 de mayo del año 2021, evento organizado por la UNAD y la Red de Fincas Silvopastoriles de Nariño. Con la ponencia “Producción y calidad de biomasa forrajera de praderas de Kikuyo solas y bajo Sistemas Silvopastoril asociadas con Aliso”. Logrando capacitar y sensibilizar en el tema de Sistemas Silvopastoriles y su contribución a la adaptación y mitigación del cambio climático en el trópico alto de Nariño a 550 participantes.

Figura 26

Participación Curso Online



PARTE 2 CURSO DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA BOVINOS DE LECHE

Nota. Link del evento: <https://www.youtube.com/watch?v=ZrHKqzhGAeE>

Adicionalmente, se participó como ponentes en el III Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales. Cambio Climático y Producción Agropecuaria Sostenible (CICAA, 2021) (Figura 27). Con la ponencia “Producción de biomasa forrajera de praderas de Kikuyo *C. clandestinus* solas y bajo Sistemas Silvopastoriles asociados con *Alnus acuminata*, realizado en noviembre 4 al 6 de 2021, Aportando de una manera significativa a los objetivos del congreso, asociados con los sistemas Silvopastoriles, que permiten una mayor resiliencia de sistemas de producción de leche al cambio climático. Sensibilizando y capacitando a profesionales, estudiantes, ganaderos y tomadores de decisiones que asistieron al congreso (CICAA, 2021).

Figura 27

Participación Congreso



Nota. Área Agroforestal, Memorias, pp. 297–303, Bogotá, Colombia, ISSN: 2745 –1801.

Link del evento: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/memorias/article/view/5986/5672>

Como contribución desde lo audio visual, se participó en el programa “**Con Olor a Región**”, programa institucional de la UNAD que visibiliza el impacto social solidario generado a partir de experiencias investigativas, de innovación y emprendimiento de docentes, estudiantes y egresados Unadistas. Programa que se emite por RTVC y Canal ZOOM Universitario. La experiencia y resultados parciales de este trabajo de investigación, se compartió en el capítulo denominado: Red de Fincas Silvopastoriles en Nariño "Red Silvopaz" - Parte 2. Este programa se emitió el día 26 de febrero del año 2022 con una duración de 27.38 minutos, con 1.207 visualizaciones al 14 de Diciembre de 2024 (figura 28, 29 y 30). Este programa se encuentra ubicado también en la página de la UPRA quienes seleccionaron programas de televisión dentro de los saberes regionales y el Desarrollo Rural.

Link del evento:

<https://www.agronet.gov.co/desarrollorural/Paginas/Saberes%20Regionales/Con-Olor-a-Región-Red-de-Fincas-Silvopastoriles-en-Nariño-Red-Silvopaz---Parte-2.aspx>

Disponible en YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=BsvMg4tCQ6E>

Desde el sur de Nariño se comparte algunas de las experiencias exitosas en la implementación de Sistemas Silvopastoriles en trópico alto se evidencia la importancia de manejar una ganadería sostenible.

Figura 28

Participación Programa de Televisión



Nota. Programa con Olor a Región. Emitido 26 de febrero del 2022.

Figura 29

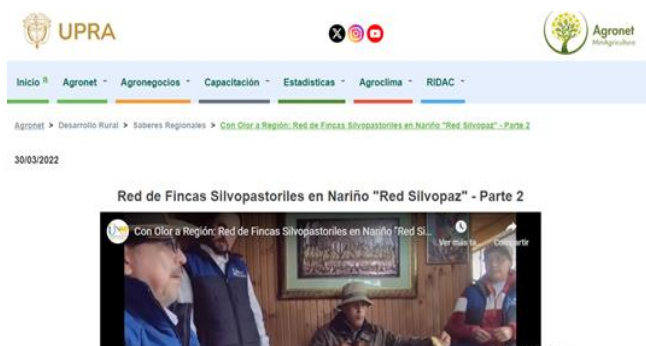
Participación Programa de Televisión



Nota. Programa con Olor a Región. Emitido 26 de febrero del 2022.

Figura 30

Participación Programa de Televisión, Seleccionado por la UPRA



Nota. Programa con Olor a Región. Emitido 26 de febrero del 2022.

Conclusiones

El SSP (T2) presentó mejores indicadores edáficos como CIC (6,57 cmol+/Kg), mayores concentraciones de Nitrógeno (0,76 %) fosforo (6,08 mg/Kg), Calcio (2477 mg/Kg), Magnesio (445 mg/Kg), Potasio (206 mg/Kg), Cobre (0,32 mg/Kg), Zinc (5,75 mg/Kg) y Azufre (5,00 mg/Kg).

El Sistema Silvopastoril con *A. acuminata* presentó mayores indicadores de producción de biomasa forrajera donde la producción de forraje verde (FV) en el SSP (T2) fue de 11,7 t/ha. superando en 3,2 t/ha al testigo (8,5t/ha.). La producción total de materia seca del tratamiento SSP (T2) (2,4 t/ha.) superando en un 26,18% al tratamiento Testigo (T1) (1,9 t/ha). La producción de biomasa forrajera en el Sistema Silvopastoril superó al Testigo en un 37,66 %. La producción total de materia orgánica (MO) en el SSP (T2) fue 2.2 t/ha, superando en 23.56% al Testigo (T1) 1,7 t/ha.

El forraje disponible de *C. clandestinus* asociado con *A. acuminata* disminuyó sus contenidos de FDN (52.87%), FDA (31,33%), y Lignina (5.62%), y taninos totales (10,06%) e incrementó los niveles de EE (2,33 %), Calcio (0,42%), Fosforo (0,32 %), y Potasio (2,88%). Se presentó una tendencia a incrementar la PC en un 0,94% (18.55 %). Características nutricionales asociadas a una mayor DIVMS (74.49%) que se reflejó en un mayor nivel de Energía Metabolizable 2,16 MCal/kg de MS, que incidió directamente en una mayor respuesta animal de 23,89 l/vaca/día.

Las fracciones de energía del SSP (T2) presentaron mayores porcentajes en EE (2,33%.) y Energía Metabolizable (2,16%). Además, se presentó una tendencia al incremento en NDT (58,87%); EB (4,20 MCal/kg de MS); EDRUM (2,70 MCal/kg de MS); EMRUM (2,16 MCal/kg de MS); ENMRUM (1,30 MCal/kg de MS) y ENGRUM (0,71 MCal/kg de MS). Con relación a

las fracciones de proteína según CNCPS, se presentó una tendencia al incremento de la fracción B1 (19.44%).

La producción de leche fue mayor en el SSP (T2) con 23,89 l/vaca/día) con un incremento de 1,35 l/vaca/día. La producción de grasa y proteína fue superior en el SSP (T2) con 793 y 748 g/vaca/día respectivamente. La producción total de leche por ha/año con 3,7 UGG fue de 25.536 litros para el Testigo (T1) y 26.959 litros para el SSP (T2). Respuesta directamente asociada a una mayor producción y calidad de la MS.

Aplicando la Resolución 017 del 2012 vigencia 2024 -2025 y proyectando el grupo experimental de 3,7 UGG/ha. a una lactancia, el SSP (T2) presentó un Ingreso Bruto (IB) Anual de \$ 50.445.387 con un incremento de \$ 1.935.473 comparándolo con el testigo (T1).

Destacando así la sostenibilidad económica de los Sistemas Silvopastoriles que mejoran las condiciones sociales y económicas de las familias ganaderas.

En el proceso de capacitación en Sistemas Silvopastoriles para la mitigación y adaptación al cambio climático se participó en dos capacitaciones virtuales en el curso online (2022): Establecimiento y manejo de Sistemas Silvopastoriles para bovinos de leche en trópico alto. Con la ponencia “Producción y calidad de biomasa forrajera de praderas de Kikuyo solas y bajo Sistemas Silvopastoril asociadas con Aliso”. Y en el III Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales. Cambio Climático y Producción Agropecuaria Sostenible (CICAA, 2021). Con la ponencia “Producción de biomasa forrajera de praderas de Kikuyo *C. clandestinus* solas y bajo Sistemas Silvopastoriles asociados con *Alnus acuminata*. Además, se participó en el programa institucional de la UNAD “**Con Olor a Región**”. Red de Fincas Silvopastoriles en Nariño "Red Silvopaz" - Parte 2. Adicionalmente, se participó en el VIII Encuentro zonal de semilleros de investigación, II encuentro de investigación, innovación y proyección social(2024).

Recomendaciones

Evaluar a diferentes distancias del fuste de *A. acuminata* el efecto de los árboles en indicadores microbiológicos del suelo y en las poblaciones de meso y macrofauna, compararlos con fragmentos de bosque primario, secundario y con un área exclusiva de praderas.

Evaluar la producción y descomposición de hojarasca de *Alnus acuminata* dentro de los Sistemas Silvopastoriles y su efecto sobre propiedades bioorgánicas del suelo en el trópico alto de Nariño.

Evaluar el efecto de la fertilización con bacterias fijadoras de nitrógeno no simbiótico y micorrizas en la producción y calidad de la biomasa forrajera en Sistemas Silvopastoriles de *A. acuminata*.

Evaluar a diferentes distancias del fuste de los árboles de *A. acuminata* el efecto de los árboles en la dinámica de crecimiento y composición botánica de praderas mixtas de gramíneas y leguminosas herbáceas.

Evaluar el carbono acumulado en suelo en Sistemas Silvopastoriles de diferentes años de establecimiento y generar balances de CO₂ equivalente, relacionándolos con indicadores de propiedades físicas del suelo, densidad aparente (Da), densidad real (Dr) y resistencia mecánica del suelo a la penetración de las raíces.

Contribuir al conocimiento de las emisiones de CH₄ por fermentación entérica bajo condiciones de pastoreo convencional y en Sistemas Silvopastoriles con *A. acuminata*, por medio de evaluaciones *in situ* con y sin suplementación.

Evaluar el efecto de las heladas en las pérdidas de producción, calidad nutricional con énfasis en fracciones de carbohidratos y proteínas del modelo Cornell (CNCPS) y producción de

leche de praderas convencionales y compararlas con los Sistemas Silvopastoriles con *A. acuminata*.

Evaluar el costo de producción de un litro de leche bajo Sistemas Silvopastoriles con y sin suplementación asociando el valor de la leche a la Resolución 017 del 2012 y sus vigencias.

Desde la UNAD y especialmente desde la Red de Fincas Silvopastoriles de Nariño, continuar apoyando procesos de capacitación a productores, estudiantes y profesionales en las ventajas sociales, económicas, productivas y ambientales de los Sistemas Silvopastoriles y evidenciar que la restauración productiva con sistemas Silvopastoriles es posible como alternativa de conservación y protección del bosque alto andino y los complejos de páramos en Nariño.

Referencias Bibliográficas

- Akinde, B. P., Olakayode, A. O., Oyedele, D. J., & Tijani, F. O. (2020). *Selected physical and chemical properties of soil under different agricultural land-use types in Ile-Ife, Nigeria. Heliyon, 6(9), e05090.*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020319332>
- Alonso, P. Puerto, M. Cuadrado, S y Hernandez. P. (1979). “Efecto del arbolado sobre el suelo en diversas comunidades de pastizal”. *Centro de Edafología y Biología Aplicada C.S.I.C. Instituto de Orientación y Asistencia Técnica del Oeste. Anuario 1978. Salamanca España, Vol. V:263-277.* <https://digital.csic.es/handle/10261/36648>
- Anderson, M. D. (2011). *Sources of variation in the sym-biotic association between Alnus and Frankia in inte-rior Alaska.* Presented to the Faculty of the University of Alaska Fairbanks in Partial Fulfillment of the Requi-rements for the Degree of Doctor of Philosophy. Fair-banks, Alaska, 206p.
- AOAC (2003). *Official Methods of Analysis of AOAC International.* 17th Edition Washington, D.C., USA. p. 2087
- Apraez y Galvez (2019) *Alternativas Alimentarias para la producción pecuaria del trópico alto de Nariño,* pag 70. <http://sired.udenar.edu.co/6115/1/alternativas%20alimentarias.pdf>
- Apraez, E., Crespo, G., & Herrera, R. S. (2007). *Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y mineral en el comportamiento de una pradera de Kikuyo (Cenchrus clandestinum Hoechs) en el Departamento de Nariño, Colombia.* *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* 41(1), 75-79. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017666013.pdf>
- Apraez, E., Escobar, E., & Lopez, A. (2001). *Efecto de la labranza y fertilizacion organica y/o mineral de una pradera de Kikuyo (Cenchrus clandestinum) sobre la productividad de*

- cuyes (caviaporcellus)*. Revista de Ciencias Agrícolas, 18(2).
<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1713/2096>
- Arias, R. (2009). *Experiencias sobre agroforestería para la producción animal en Guatemala*.
En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. (Eds. M.D. Sánchez y
 M. Rosales). FAO. Roma. [https://es.scribd.com/document/626730621/Experiencias-
 sobre-agroforesteria](https://es.scribd.com/document/626730621/Experiencias-sobre-agroforesteria)
- Ariza Nieto, C., Mayorga Mogollón, O. L., Parra Forero, D. M., Camargo Hernández, D. B.,
 Buitrago Albarado, C. P., & Moreno Rodríguez, J. M. (2020). *Tecnología NIRS para el
 análisis rápido y confiable de la composición química de forrajes tropicales*.
 Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/36656>
- Aulestia Guerrero, E., Jiménez, L., Quizhpe-Palacios, J. y Capa-Mora, D. (2018) *Alnus
 acuminata kunth: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono*.
Bosques Latitud Cero, 8(2), 64 -74.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/495>
- Barahona, R. (1999) *Condensed tannins in tropical forage legumes: their characterisation and
 study of their nutritional impact from the standpoint of structure-activity relationships*.
 PhD thesis. University of Reading, Reading, UK. 400 pp. INTRODUCTION
 (publishing.service.gov.uk)
- Beauchemin, N. J., Furnholm, T., Lavenus, J., Svis-tonoff, S. Dumas, P., Bogusz, D.,
 Laplaze, L. & Tisaa, L. (2011). *Casuarina root exudates alter the physiology, surface
 properties, and plant infectivity of Frankia sp. strain CcI3*. Applied and
 Environmental Microbiology 575–580.

- Benavides, E., y Morales, L. (2011). *Evaluación de algunas propiedades físicas y contenido de materia orgánica en diferentes usos del suelo en el municipio de Samaniego— Departamento de Nariño*. <http://sired.udenar.edu.co/4057/1/86181.pdf>
- Benitez, C. (1983). *Los pastos en Cuba*. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. P 678 <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/1464>
- Benson, D. R.; Vanden Heuvel, B. D. & Potter, D. (2004). *Actinorhizal symbioses: Diversity and biogeography*. In. *Plant microbiology* (ed. M. Gillings). BIOS Scientific Publishers Ltd., Oxford.
- Bhatta, R., Uyeno, Y., Tajima, K., Takenaka, A., Yabumoto, Y., Nonaka, I., ... & Kurihara, M. (2009). *Difference in the nature of tannins on in vitro ruminal methane and volatile fatty acid production and on methanogenic archaea and protozoal populations*. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5512-5522. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19841214/>
- Blanco, M. (1999). *El alimento y los procesos digestivos en el rumen*. Argentina: sitio argentino de producción animal. www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/70-alimentos_rumen.pdf
- Botero, R y Russo, R. (1998). *Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales*. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000024.pdf>
- Botrel, M. A., & Gomide, J. A. (1981). *Importância do teor de carboidratos de reserva e da sobrevivência dos meristemas apicais para a rebrota do capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*)*. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 10(3), 411-426.

- Cano A, Calle J, Chamorro D, Buitrago S y Ovalle D. (2001). *Caracterización química preliminar y determinación de la actividad antiprotozoaria de las saponinas en los frutos de Enterolobium cyclocarpum* (Resumen). Rev Col Cienc Pec, 14, suplemento. Memorias VI Encuentro Nacional de Investigadores de las Ciencias Pecuarias –ENICIP- p 38.
- Carulla, J., Lascano, C. y Klopfenstein, T., (2001). *Reduction of tannin level in a tropical legume (Desmodium ovalifolium) with polyethylene glycol (PEG): effects on intake and N balance, digestion and absorption by sheep*. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 9: 17-24.
- Castro, E., Cardona, J., Hernández, F., Valenzuela, M., y Avellaneda, Y. (2019). *Evaluación de tres cultivares de Lolium perenne L. con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia*. Pastos y Forrajes, 42(2), 161-170. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n2/2078-8452-pyf-42-02-161.pdf>
- Chaia, E. E., Wall, L. G. & Huss-Danell, K. (2011). *Life in soil by the actinorhizal root module endophyte Frankia: a review*. Symbiosis 51(3). 201-226.
- Chamorro D. (2002). *Importancia de la proteína en la nutrición de rumiantes con énfasis en la utilización de proteínas de especies arbóreas*. Memorias Seminario -Taller Internacional sobre Manejo de La Proteína en Producción de Ganado Bovino. Corpoica, ACCI, Ministerio de Agricultura 8p. <https://es.slideshare.net/slideshow/22-importancia-de-la-protena-en-la-nutricin-de-rumiantes/34272764>
- Chamorro D. (2004) *El componente arbóreo como dinamizador del sistema de producción de leche en el trópico alto Colombiano*. Memorias del VI Taller Internacional Silvopastoril CIPAV-Universidad de Caldas. 14 p.

- Chamorro Viveros, D. R, Carulla Fornaguera & J., Muñoz, C. (2005). *Caracterización nutricional de dos asociaciones de gramínea-leguminosa con novillas en pastoreo en el Alto Magdalena*. Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 6(2), 37-51.
<https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/48/48>
- Chamorro, D y Rey, A (2008). *El componente arbóreo como dinamizador del sistema de producción de leche en el trópico alto colombiano*. Experiencias de Corpoica Tibaitatá.
- Chamorro, D y Rey, A (2010). *Los sistemas Silvopastoriles como estrategia de ganadería ecológica y productiva*.
- Chamorro D. (2013). *Modulo Pastos y Forrajes- UNAD*.
<https://es.scribd.com/document/311058697/Modulo-Pastos-y-Forrajes-2013-Agosto-1>
- Chamorro, D y Rey, A (2017). *Los sistemas Silvopastoriles como estrategia de ganadería ecológica y productiva en Colombia*, capítulo VII. Ediciones INTA.
https://www.engormix.com/lecheria/sistema-silvopastoril/los-sistemas-silvopastoriles-como_a28359/
- Chará, J. (2003). *Manual para la evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas*. Cali, CO. CIPAV. 52 p.
- CICAA, (2021). *Congreso internacional de ciencias agrarias y ambientales cambio climático y producción agropecuaria sostenible*.
- ColPlantA. (2023). *Royal Botanic Gardens, Alnus acuminata Kunth*.
<https://colplanta.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:294882-1>
- Conde, A., Betancourt, L., Jaramillo, C., Flórez, L., Umaña, A. y Chamorro, D. (2008). *Establecimiento, adaptación y efecto sobre el suelo y la pradera de diversos arreglos de cerca viva con acacia negra (acacia decurrens), acacia japonesa (acacia melanoxydon)*,

- y aliso (Alnus acuminata), en el CIC Santa María, trópico alto colombiano. Revista Ciencia Animal. 1 (11), 111-118. <https://ciencia.lasalle.edu.co/ca/vol1/iss1/11/>*
- Corbellini C. N. (2002) *El Costo Energético de Mantenimiento de las Vacas Lecheras en Pastoreo*. Investigador del C.I.C.V. INTA, Argentina.
https://biblioteca.colanta.com.co/pmb/opac_css/doc_num.php?explnum_id=702
- CORPONARIÑO, (2002). *Plan de manejo del corredor andino amazónico páramo de bordoncillo cerro de patascoy, la cocha como ecoregión estratégica para los departamentos de Nariño Putumayo y Pasto*.
- Correa, H. J. (2001). EL modelo NRC 2001. *Sección de nutrición animal*.
http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Modelo_NRC_2001.pdf
- Correa, H. J., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (2008). *Valor nutricional del pasto Kikuyo (Cenchrus clandestinus Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I-Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal*. Livestock Research for Rural Development, 20(4), 59.
<https://lrrd.cipav.org.co/lrrd20/4/corra20059.htm>
- Cortés, J. E., Moreno, B., Pabon, M. L., & Carulla, J. E. (2006). *Efecto de taninos de cuatro leguminosas sobre la digestión in vitro de proteína*. Segundo Taller Taninos en la Nutrición de Rumiantes en Colombia, 18.
- Cuesta P. (2005). *Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano*. Revista CORPOICA. 6(2):5-13.
- Cuesta Peralta, A. (1990). Interpretación, calidad nutritiva de los alimentos y factores que la afectan.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/31134/28715_19517.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Dawson, J. O. (1990). *Interactions among actinorhizal and associated plant species*. In: Schwintzer, C. R. & J. D. Tjepkema (eds.). *The biology of Frankia and actinorhizal plants*. San Diego, Academic Press. Pp. 299-316.
- Detmann E., Tilemahos J., Silva L., Ribeiro V., Júnior R., Valadares S., Queiroz A., Ponciano N., Magno A. (2004). *Validación de ecuaciones predictivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais*. R. Bras. Zootec. 33(6): 1866-1875
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/records/64747c42425ec3c088f6c99d>
- Dionne, J., Castonguay, Y., Nadeau, P., & Desjardins, Y. (2001). *Freezing tolerance and carbohydrate changes during cold acclimation of green-type annual bluegrass (Poa annua L.) ecotypes*. Crop Science, 41(2), 443-451.
- Dugmore T J 1998 *Energy and mineral content of kikuyu*. In: Bartholomew PE (Ed.), Proceedings of a Kikuyu Technology Day, KwaZulu-Natal Department of Agriculture, Directorate of Technology Development and Training: 16 – 18.
- Escobar M, Ortiz M, López J y Hoyos F (1983) *Diagnóstico de daños nutricionales en cuatro especies forestales empleadas en reforestación*. Subgerencia de Bosques. INDERENA, Medellín, 88 págs
- Escobar, L. O., Mejía, F. L., Vasquez, H., Bernal, W., & Álvarez, W. Y. (2020). *Composición botánica y evaluación nutricional de pasturas en diferentes sistemas Silvopastoriles en Molinopampa, Región Amazonas, Perú*. Livestock Research for Rural Development. Volume 32, Article# 96.

http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1106/3/Escobar-et-al_2020_Sistemas_Silvopastoriles.pdf

Espinosa Martínez, C. E., & Usuga Arango, A. A. (2008). *Evaluación de modelos de crecimiento e implementación del sistema de fraccionamiento de proteínas y carbohidratos de Cornell en las pasturas del CIC Santa María para la optimización del sistema de alimentación del ganado de leche* <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/78/>

Esquivel, J.; Fassola, H. E.; Lacorte, S.M.; Colcombet L.; Crechi, E.; Pachas, N.; Keller, A. (2004). *Sistemas Silvopastoriles – Una sólida alternativa de sustentabilidad social, económica y ambiental. 11as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales – FCF, UNAM- EEA Montecarlo, INTA.* https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/168-silvopastoril.pdf

Eulogio Bailon, D. (2018). *Efecto del componente arbóreo de sistemas Silvopastoriles sobre la distribución espacial de nutrientes, biomasa microbial y densidad de lombrices en un suelo bajo pastoreo.* <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f99f56cb-2d6d-4ffe-9c23-c5149dadcd9/content>

Fals Borda, O. (1981). *La Ciencia y el Pueblo en Investigación Participativa y Praxis Rural.* Lima: Moxa Azul Editores.

Fernández Aguerri, M.J. (2002): “*Retos y problemática de la mujer en el ámbito rural. El papel de las agrupaciones de este sector de población en el desarrollo rural*”, *Jornada Temática sobre Políticas de relevo generacional e incorporación de la mujer al mundo rural.* Madrid. Noviembre.

https://www.nodo50.org/mujeresred/rural_pdf/problematika.pdf

- Fernández Fernández, E., Martínez Hernández, J. A., Martínez Suárez, V., Moreno Villares, J. M., Collado Yurrita, L. R., Hernández Cabria, M., & Morán Rey, F. J. (2015). *Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. Nutrición hospitalaria*, 31(1), 92-101. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/09revision09.pdf>
- Fernández, A. (2017). *Producción de carne y leche bovina en sistemas Silvopastoriles: aprovechamiento de especies arbóreas, arbustivas y forrajeras (gramíneas y leguminosas perennes) de clima templado-frío, tropical y subtropical*. Ediciones INTA. <https://core.ac.uk/download/pdf/335290758.pdf>
- Fox, D. G., Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Russel, f. B., and Van Soest., P.J. (1992). *A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy*. *J. Anim. Sci.* 70: 3578a596
- Franco, M.H. (2008). *Sistemas Silvopastoriles o agroforestería pecuaria en trópico de altura. Conferencia. I Congreso Nacional de Ganadería Agroecológica para el Trópico Colombiano. Bogotá, Colombia*
- Fulkerson, W. J., Neal, J. S., Clark, C. F., & Horadagoda, A. (1999). *Effects of dietary starch on rumen fermentation and milk production in dairy cows*. *Journal of Dairy Science*, 82(6), 1230-1237.
- Ganio LM, Li CY, Perry DA y Rojas NS 2002 *Interacciones entre la biología del suelo, la nutrición y el rendimiento de las especies de plantas actinorhizal en el Bosque Experimental HJ Andrews de Oregón*. EE.UU. *Rev. Ecología del Suelo Aplicada* 19: 13

- Gaviria, X., J.F. Naranjo, D.M. Bolívar, y R. Barahona. 2015. *Consumo y digestibilidad en novillos cebuínos en un sistema silvopastoril*. Arch. Zootec. 64:21-27
<https://www.uco.es/servicios/ucopress/az/index.php/az/article/view/370>
- Gerdernan, J. y Nicholson T. (1963). *Spores of mycorrhizal engonone species extracted from soil by wet sieving and decanting'* Trans. British Mycology Society 46(2): 235- 2M.
- Giraldo, L. A., & Bolívar Vergara, D. M. (1999). *Evaluación de un sistema Silvopastoril de Acacia decurrens asociada con Pasto Kikuyo Pennisetum clandestinum, en clima frío de Colombia*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluaci%C3%B3n-de-un-sistema-silvopastoril-de-Acacia-en-LuisA.Giraldo-Vergara/22e32e0661dc061a3b652ef9b632a83e8045ec5a>
- Gualdron E & Padilla C. (2007). *Producción y calidad de leche en vacas Holstein en dos arreglos Silvopastoriles de Acacia decurrens y Alnus acuminata asociadas con pasto Kikuyo, (Cenchrus clandestinum)*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/ca/vol1/iss1/7/>
- Guzmán, G., López, D., Román, L., y Alonso, A. (2013). *Investigación acción participativa en agroecología: construyendo el sistema agroalimentario ecológico en España*. Agroecología, 8(2), 89-100. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212231>
- Haydock KP, Shaw NH. (1975). *The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture*. Aust. J. Exper. Agricult. Animal Husb. 15(76):662-670.
- Higa, T., & Parr, J. F. (1994). *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment* (Vol. 1). Atami: International Nature Farming Research Center. https://www.researchgate.net/profile/Carla-Boga/publication/271640001_Microbes_to_clean_indoor_pollutants/links/5757da2508ae_f6cbe35fc541/Microbes-to-clean-indoor-pollutants.pdf

Huguet, V., Mergeay, M., Cervantes, E. & Fernandez, M. (2004). *Diversity of Frankia strains associated to Myrica gale in Western Europe: impact of host plant (Myrica vs. Alnus) and of edaphic factors*. *Environmental of Microbiology*. Vol. 6(10):1032-1041.

ICA (2019) *Tabla de población bovina por municipio y por departamento 2019*.

<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>

IDEAM (1999). “*El Macizo Colombiano y su área de influencia inmediata, primera versión*”

Republica de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Santa Fé de Bogotá, D. C. Abril de 1999.

<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Edafologia/02.pdf>

IDEAM (2017). *Resultados monitoreo de la superficie de bosque en Colombia*.

http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72115631/Actualizacion_cifras2017+FINAL.pdf/

IGAC (2012). *Suelos en Colombia SIAG, Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.

<https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>

Insuasty Santacruz, E. G. (2011). *Efecto del arreglo Silvopastoril aliso (alnus acuminata kunth) y Kikuyo (pennisetum clandestinum h.) sobre el comportamiento productivo en novillas holstein en el altiplano del departamento de Nariño* (Doctoral dissertation, Universidad de Nariño). <https://sired.udenar.edu.co/5131/1/84683.pdf>

Kaimowitz, D. (1996). *Livestock and deforestation*. Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. CIFOR, Jakarta, Indonesia. 88 p.

- Kolver, E. S. (2003) *Nutritional limitations to increased production on pasturebased systems; Proceedings of the Nutrition Society* 62: 291–300
- Kruglianky, L. (2020). *La citometria de flujo es una alternativa rápida del recuento de bacterias al método de recuento en placa.* https://www.linkedin.com/pulse/la-citometr%C3%ADa-de-flujo-es-una-alternativa-r%C3%A1pida-del-al-krugliansky?trk=public_profile_article_view
- Laredo, A., Anzola Vásquez, H., & Ardila, A. (1983). *Fluctuaciones minerales en pastos de clima frío Colombiano: II kikuyo (Pennisetum clandestinum, Hochst), anual y estacional.* <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35321>
- Lee, M. R., Brooks, A. E., Moorby, J. M., Humphreys, M. O., Theodorou, M. K., Macrae, J. C., & Scollan, N. D. (2002). *In vitro investigation into the nutritive value of Lolium perenne bred for an elevated concentration of water-soluble carbohydrate and the added effect of sample processing: freeze-dried and ground vs. frozen and thawed.* *Animal Research*, 51(4), 269-277. <https://animres.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2002/04/01.pdf>
- Libreros H. (2015). *Sistemas Silvopastoriles: opción para la mitigación y adecuación al cambio climático en bosque seco tropical.* *Revista Semillas.* <https://www.semillas.org.co/es/sistemas-Silvopastoriles-opci>
- Licitra, G., Hernández, T.M, and Van Soest, P.J. (1996). *Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds.* *Anim. Feed Sci. Technol.*57: 347-358. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377840195008373>
- López-Vigoa, O., Sánchez-Santana, T., Iglesias-Gómez, J. M., Lamela-López, L., Soca-Pérez, M., Arece-García, J., & Milera-Rodríguez, M. D. L. C. (2017). *Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto*

actual de la ganadería tropical. Pastos y forrajes, 40(2), 83-95.

<http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n2/pyf01217.pdf>

Lucas H.L (1983). *Desig and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle*. Nort Carolina State University. Raleigh. North California. Chapt, 16 p, 1 – 51.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030260901429>

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G. - *Animal Nutrition-Pearson* (2022)

<https://es.scribd.com/document/671518624/P-McDonald-R-a-Edwards-J-F-D-Greenhalgh-C-a-Morgan-L-a-Sinclair-R-G-Wilkinson-Animal-Nutrition-Pearson-2022-1-001-259-2>

Marais, J. P. (2001). *Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum)-a review*. *Tropical grasslands*, 35(2), 65-84.

http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Historic/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_35_2001/Vol_35_02_01_pp65_84.pdf

Mendoza-Martínez, G. D., Plata-Pérez, F. X., Espinosa-Cervantes, R., & Lara-Bueno, A. (2008).

Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos.

Universidad y ciencia, 24(1), 75-87.

Meteoblue (2021), Precipitaciones municipio de Pupiales

https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/pupiales_colombia_3671228

Miller, L. A., Neville, M. A., Baker, D. H., Evans, R. T., Theodorou, M. K., MacRae, J. C., ... &

Moorby, J. M. (1999, January). *Milk production from dairy cows offered perennial ryegrass selected for high water soluble carbohydrate concentrations compared to a*

- control grass. In Proceedings of the British Society of Animal Science* (Vol. 1999, pp. 208-208). Cambridge University Press.
- Minson D. (1990). *Forage in ruminant nutrition. Academic licen en esta region*. Press, San Diego. California. 483 p.
- Molina, M. Medina, M. & Orozco, H. (2006). *El efecto de la interacción Frankia - micorrizas - micronutrientes en el establecimiento de árboles Aliso (Alnus acuminata) en sistemas Silvopastoriles* Rev Col Cienc Pec Vol. 19:1
- Molina, M., Medina, M., & Mahecha, L. (2008). *Microorganismos y micronutrientes en el crecimiento y desarrollo del Aliso (Alnus acuminata HBK) en un sistema Silvopastoril alto andino*. Livestock Research for Rural Development, 20(4).
- Montoya, N. F., Pino, I. D., & Correa, H. J. (2004). *Evaluación de la suplementación con papa (Solanum tuberosum) durante la lactancia en vacas Holstein*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 17(3), 241-249. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295025895004.pdf>
- Murgueitio, E., & Calle, Z. (1998). *Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia*. In Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. CON<https://www.fao.org/4/x1213s/x1213s.pdf>
- Murgueitio, E (2003). *Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución*. <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd15/10/murg1510.htm>
- Murgueitio, E. & Ibrahim, M. (2008). *Ganadería y medio ambiente en América latina. En. Murgueitio, Cuartas & Naranjo (Eds). Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo*. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. Pág. 21-39.
- Musco, A., Sidari, M., & Anastasi, U. (2003). *Carbohydrate composition in kikuyu grass: A focus on soluble sugars*. Plant and Soil, 256(2), 279-289.

Navas Panadero, A. (2007). *Sistemas Silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles*.

https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/85-sistemas.pdf

Navas Panadero, A., Aragón Henao, L. F., & Triana Valenzuela, J. F. (2021). *Efecto del componente arbóreo sobre la dinámica de crecimiento y calidad nutricional de una pradera mixta en trópico alto*. *Revista de Medicina Veterinaria*, (41), 71-82.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-93542020000200071&script=sci_arttext

Navia, J., Criollo, Y. C., & García, J. (2001). *Comportamiento del aliso *Alnus jorullensis* hbk en fase de establecimiento en un arreglo Silvopastoril en las propiedades del suelo del altiplano de Nariño*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 18(2).

<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1456>

Noguera, M y Vélez J. (2011). *Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos*. *Revista de ciencias agrícolas Volumen XXVIII No. 1 Pags. 40 - 52*

NRC (2001). *The nutrient requirements of dairy cattle del Nacional Research Council, Seventh Revised Edition*.

Obando-Enriquez, B. G., Bacca-Acosta, P. P., Portillo-Lopez, P. A., Hernandez-Oviedo, F., & Castro-Rincon, E. (2023). *Contenido mineral de *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone, asociado a *Alnus acuminata* (Kunth), en trópico alto colombiano*. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(4), 224-232.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S231329572023000400224&script=sci_arttext&tlng=pt

- Orskov ER, y McDonald I. (1979) *The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage*. J Agric Sci; 92:499-503.
- Ortiz, A., Arboleda, E., & Medina, M. (2021). *Calidad bromatológica del pasto Kikuyo en respuesta a la inoculación con hongos micorrícicos y fertilización química*. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32(3).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172021000300003
- Ospina Penagos, C. M., Hernández Restrepo, R. J., Gómez Delgado, D. E., Godoy Bautista, J. A., Aristizábal Valencia, F. A., Patiño Castaño, J. N., & Medina Ortega, J. Á. (2005). *El aliso o cerezo. Alnus acuminata H.B.K ssp acuminata* (Vol. 1). Retrieved from
<https://www.cenicafe.org/es/publications/aliso.pdf>
- Ospina, C., Hernández, R., Gómez, D., Godoy, J., Aristizábal, F., Patiño, J., & Medina, J. (2011). *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana. El pino pátula*.
https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/cartillas/publicaciones_guias_silviculturales_para_el_manejo_de_especies_forestales_c
- Pacheco, E. y Quisbert, A. (2016). *Modelos de aprovechamiento sostenible del Aliso (Alnus Acuminata Kunth) en zona de ladera de bosque de niebla*. Journal of the Selva Andina Biosphere – JSAB, 4 (1), 24-38.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000100003
- PDT (2016). *Plan de Desarrollo Territorial de Pupiales “Todos por un Pupiales mejor”*. Pags. 118 y 209
https://pupialesnarino.micolombiadigital.gov.co/sites/pupialesnarino/content/files/000339/16920_plan-de-desarrollo-municipio-pupiales.pdf

- Pérez, R. (2011). *Procesos Morfológicos en la iniciación y desarrollo de nódulos en aliso (Alnus acuminata 2011 H.B.K)*. Universidad Nacional de Colombia. Centro Editorial. Colombia. 2pp.
- Pezo, D., y Ibrahim, M. (1998). *Sistemas Silvopatoriles*. Módulo de Enseñanza Agroforestal No 2.
- Pirela, M. (2005). *Valor nutritivo de los pastos tropicales*, pp. 176-182. In: C. González-Stagnaro y E. Soto (eds). Manual de ganadería doble propósito. Fundación GIRARZ.
- Read, J. W. and Fulkerson, W. J. (2003) *Managing kikuyu for milkproduction*; Agfact P2.5.3, third edition. State of New South Wales, NSW Agriculture. 4 p.
- Rengifo, J. (2018) *Los suelos en los páramos nariñenses: características, Vocación, conflictos y su incidencia en los procesos de Cambio en el uso de la tierra*.
<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Edafologia/02.pdf>
- Restrepo, U. G. (2002) *Infectividad y eficacia de los actinomicetos del género Frankia spp . asociados con Alnus acuminata ssp. acuminata en Colombia*. COLCIENCIAS, Bogotá, Colombia. 15 p
- Rey, A. M., Barahona, R. y Chamorro, D. (2014). *Producción de dos cepas de Frankia sp., aisladas de Alnus acuminata H. B. K., por fermentación fed-batch*. Revista de investigación agraria y ambiental, 5(1), 81-92.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5344962>
- Rincon Cohecha, J. D., & Moreno Rodriguez, E. J. (2023). *Importancia del fraccionamiento de los carbohidratos y proteínas en la dieta suministrada a vacas lecheras*.

- Ríos Villafuerte, R. R. (2014). *Evaluación de sistemas silvopastoriles con especies forestales nativas y pastos mejorados en la producción de leche en la parroquia Papallacta de la provincia del Napo* (Bachelor's thesis).
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/bitstream/123456789/7559/1/tesis021%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20244.pdf>
- Rivera, A. y Alba, J. (2017). *NIRS en el análisis de alimentos para la nutrición animal*.
<https://revistas.ufps.edu.co/index.php/ingenio/article/view/2149/2242>
- Rodríguez, E. (1995). Jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*). *Especie de árbol de uso múltiple en América Central*. Colección de Guías Silviculturales 18. Serie Técnica. Informe Técnico 248. Costa Rica. p. 40. Recuperado de <http://books.google.es>
- Romero, M. A. (1996). El Aliso. *Alnus acuminata*. *Proyecto desarrollo forestal campesino en los andes de Ecuador* (DFC). Ed. Gráficas Iberia. Quito, Ecuador. 166p.
- Ruíz, M. C. (1985) *Algunos aspectos de la germinación del Aliso (Alnus acuminata HBK)*. Tesis *Biología*, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología, Bogotá, Colombia. 90p.
- Rusch, G.M., Skarpe, C. (2009). *Procesos ecológicos y asociados con el pastoreo y su aplicación en sistemas Silvopastoriles*. Agroforestería en las Américas.
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6709>
- Russell, S.A., Evans, H.J. y Mayeux, P. (1968) *El efecto del cobalto y otros metales traza sobre el crecimiento y el contenido de vitamina B12 de Alnus rubra*. págs. 259-271.
- SAGAN (2019). Estadísticas, encuestas de leche históricas <https://sagan.com.co/informacion-estadistica/>

- Salama, A. M., Gallego, M. I., Barrera, C., & Espinal, E. (1989). *Composición química y actividad abortiva de las hojas de Alnus acuminata*. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas, 17(1), 51-55.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/56583/0>
- Salama, A., & Avendaño, I. Y. (2005). *Actividad antiinflamatoria de d-amirona y 4, 7-dimetoxiapigenina aislados de Alnus acuminata*. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas, 34(2).
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/9183>
- Sales, F. (2017). *Importancia de los minerales para la alimentación de bovinos en Magallanes*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Kampenaike.
<https://hdl.handle.net/20.500.14001/4877>
- Salinas, J & García, R (1985) *Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras*, CIAT.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DnSBEcQcB_0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=análisis+de+suelos+ciat+salinas&ots=xp_kn6UUtO&sig=41cvooGypEydxVo_L8ajreDJO D4#v=onepage&q=análisis%20de%20suelos%20ciat%20salinas&f=false
- Sánchez, L., Amado, G. M., Criollo, P. J., Carvajal, T., Roa, J., Cuesta, A. y Barreto, L. (2010). *El Aliso (Alnus acuminata H.B.K.) como alternativa Silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en trópico alto colombiano*.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13489/44241_56519.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Sandoval, N. (2018) *Determinación de proteína, grasa y sólidos totales de la leche de vaca por el método de espectroscopia de infrarrojo*. <http://utem.edu.mx/wp-content/uploads/2020/banco/tsuqai-2016-1.pdf>
- Sarria, P., Builes, A., Gomez, C., Murgueitio, E. (2008). *Evaluación de la Producción y Calidad de Kikuyo Cenchrus Clandestinum Asociado con Arboles de Aliso Alnus acuminata en los Andes Centrales, Antioquia*.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19105/44327_56726.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SAS (2001) SAS institute Inc., SAS/STAT; Software Versión 9.1 Cary, NC, USA
- Saucedo Uriarte, J. A. (2018). *Arreglos Silvopastoriles con aliso y su efecto sobre factores ambientales y económicos, en el distrito de Molinopampa, Amazonas*.
<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1401/Jose%20-%20Saucedo%20%20Uriarte.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sepúlveda Cayambe, X. (2018). *Estimación del carbono almacenado en la biomasa de dos sistemas silvopastoriles con Aliso (Alnus acuminata) y Acacia (Acacia melanoxylon R. Br.); y en un pastizal convencional con Kikuyo (Pennisetum clandestinum) y Trébol Blanco (Trifolium repens), en la Parroquia El Carmelo, Carchi-Ecuador.*” (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Estatal del Carchi)
https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UPEC_86da38f8306438eb5b091d91e3701ead
- Shahba, M. A., Qian, Y. L., Hughes, H. G., Koski, A. J., & Christensen, D. (2003). *Relationships of soluble carbohydrates and freeze tolerance in saltgrass*. Crop science, 43(6), 2148-2153.

- Silva, A., Garay, S., y Gómez, A. (2017). *Impacto de *Alnus acuminata* Kunth en los flujos de N_2O y calidad del pasto *Cenchrus clandestinum* Hochst. ex Chiov.* Colombia Forestal, 21(1), 47-57.
- Silva, A., Gómez, A., Landazury, B., y Preciado, B. (2013). *Evaluación de gases de efecto invernadero (GEI) en sistemas ganaderos asociados con pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinum* Hoechst Ex Chiov).* Revista Colombiana de Ciencia Animal, 6(1).
<http://revistas.ut.edu.co/index.php/ciencianimal/article/view/423/361>
- Smith, A. B. (1973). *Carbohydrates in plant metabolism.* Academic Press
- Soto, C., Valencia, A., Galvis, R. D., & Correa, H. J. (2005). *Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinum*).* Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18(1), 17-26.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902005000100003
- Stobbs, T.H. and Sandland, R.L. (1972). *The use of a Latin square changeover design with dairy cows to detect differences in the quality of tropical pastures.* Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. Vol 12
- Suber, M.; Gutiérrez Beltrán, N.; Torres, C. F.; Turriago, J. D.; Arango, J.; Banegas, N.R.; Berndt, A.; Bidó, D. I. M.; Burghi, V.; Cárdenas B., D. A.; Cañanda, P.; Canu, F. A.; Chacón, A. R.; Chacón Navarro, M.; Chará, J.; Diaz, L.; Huamán Fuertes, E.; Espinoza Bran, J.E.; Girón Muñoz, P. R.; Guerrero, Y.; Gutierrez Solis, J. F.; Pezo, D.; Prieto Palacios, G.; Roman- Cuesta, R. M.; Rosales Riveiro, K. A.; Rueda Arana, C.; Lucero Romero, R.D.; Sepúlveda L., C. L.; Serrano Basto, G.; Solarte, A.; Woo Poquioma (2019). *Mitigación con Sistemas Silvopastoriles en Latinoamérica. Aportes para la incorporación en los sistemas de Medición Reporte y Verificación bajo la CMUNCC.*

CCAFS Working Paper no. 254. Wageningen, The Netherlands.

<https://cgspace.cgiar.org/items/6ebca81e-4b76-4c61-86b0-f65b9f247e5b>

Tafur, B. (2020). *Efecto del sistema Silvopastoril con Alnus acuminada en el valor agronómico y nutricional del Cenchrus Clandestinum Pomacochas-Amazonas* (trabajo fin de grado).

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/630>

Tejos, R. (1996). *Carbohidratos no estructurales totales en dos gramíneas nativas de sabana bien drenadas. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 4(2), 125-134.

https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/download/2959/1552

Universidad EIA. (2023). *Catalogo virtual de flora del valle de Aburrá. Escuela de Ingeniería de Antioquia*. Obtenido de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/252>

Urbano, D., Dávila, C., Moreno, P., & Castro, F. (2002). *Efectos del tipo de pastura y suplementación sobre la producción y calidad de leche en vacas doble propósito*. *Revista Científica*, XII (Suplemento 2), 524–527.

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14918/14895>

Vallejo, A y Zapata, F. (2020) *Kikuyo – Cenchrus clandestinum Hochst. ex Chiov.*

<https://www.forestmaderero.com/articulos/item/Kikuyo-cenchrus-clandestinum-hochst-ex-chiov.html>

Van Soest, P. J., Robertson, f. B., and Lewis, B. A. (1985). *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarchpolysaccharides in relation to animal nutrition*. *J. Dairy Sci.* z+: ls-3597

Vargas Martínez, J. D. J., Sierra Alarcón, A. M., Mancipe Muñoz, E. A., & Avellaneda

Avellaneda, Y. (2018). *El Kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes*

en trópico alto colombiano. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 13(2), 137-156.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072018000200137

Vela Jiménez, J. F., & Vargas Roncancio, M. (2009). *Caracterización de la dinámica de producción de materia seca del kikuyu (Pennisetum clandestinum) asociado con árboles y en pastoreo para producción de leche en el trópico alto colombiano*. Revista Ciencia Animal, 1(2), 27-40.

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=ca>

Velez, O.M. (2011). *Análisis de las limitaciones nutricionales y de manejo en un sistema de producción lechera en el Valle del Cauca*. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, COL.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9224/7409507.2011.pdf?sequence=9>

Villarreyna, R. A., Van den Meersche, K., Rapidel, B., & Avelino, J. (2016). *Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos*. INFORME PROYECTO CASCADA Catie, Cirad y Conservacion Internacional.

https://agritrop.cirad.fr/581648/1/Reporte_Sombra%20y%20fertilidad%20del%20suelo_Rev_Karel_BR%20JA_BV_RV.pdf

Volverás Mambuscay, B., Campo Quesada, J. M., Merchancano Rosero, J. D., & López-Rendón, J. F. (2020). *Propiedades físicas del suelo en el sistema de siembra en wachado en Nariño, Colombia*. Agronomy Mesoamerican, 743-760.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v31n3/2215-3608-am-31-03-00731.pdf>

Weiss, W. P. (1993). *Predicting energy values of feeds*. Journal of Dairy Science, 76(6), 1802-1811.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293775128?via%3Dihub>

Young, A. 1987. *Soil productivity, soil conservation and land evaluation*. Agroforestry Systems, 5:277-291.

Zambrano, G., Apráez, J. E., & Navia, J. F. (2014). *Relación de las propiedades del suelo con variables bromatológicas de pastos, en un sistema lechero de Nariño*. Revista de Ciencias Agrícolas, 31(2), 106-121. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-01352014000200009&script=sci_arttext

Apéndice

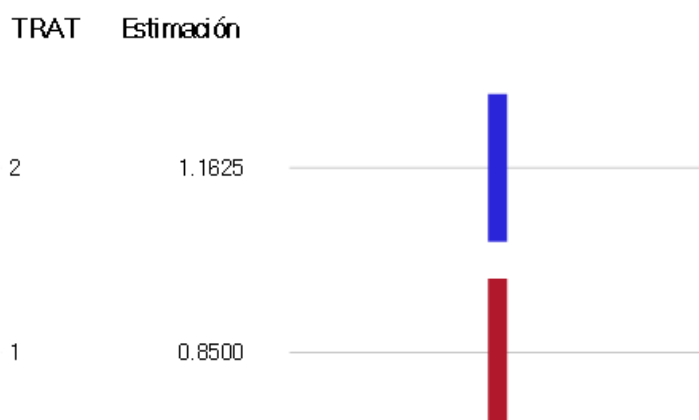
Apéndice A

Salida SAS Aforos

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	0.000479
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	0.0159

AFORO Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.



Apéndice B

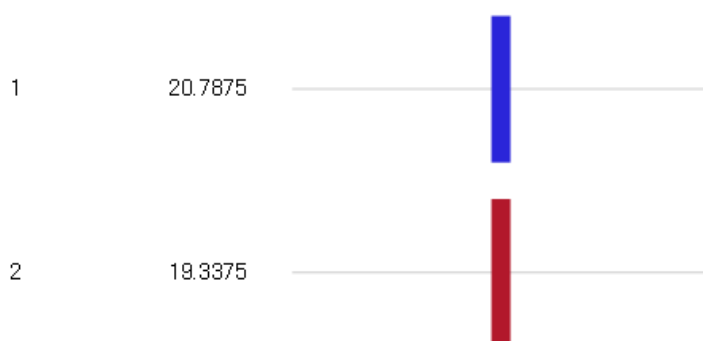
Salida SAS Materia Seca

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	3.178619
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	1.2912

MS Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación



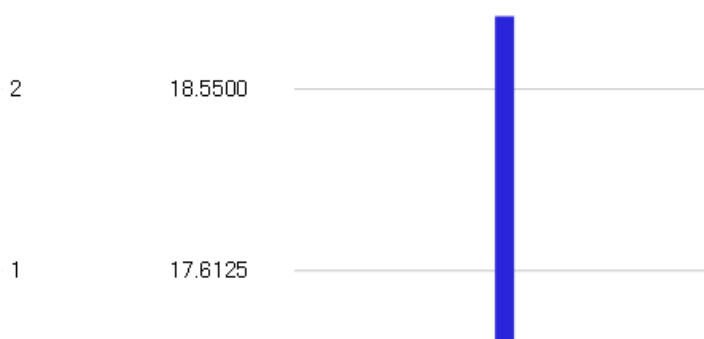
Apéndice C*Salida SAS Proteína Cruda*

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	4.945717
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	1.6106

PC Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación



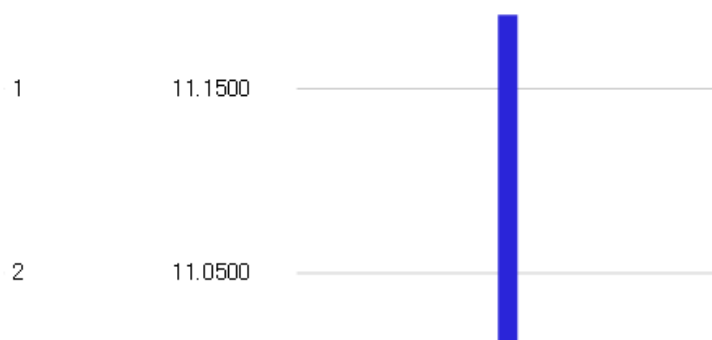
Apéndice D*Salida SAS Cenizas*

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	0.54619
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	0.5352

CZA Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación

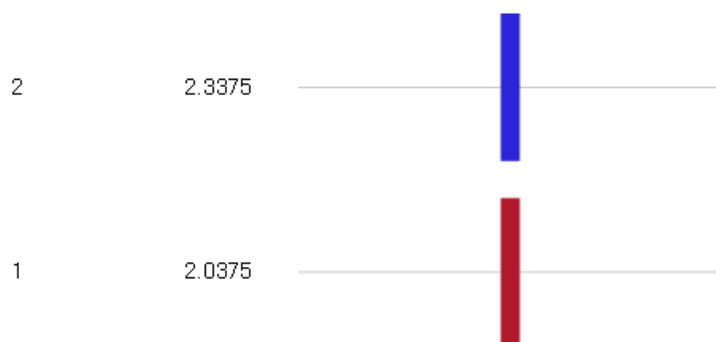


Apéndice E*Salida SAS Extracto Etéreo*

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	0.023333
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	0.1106

EE Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación

Apéndice F

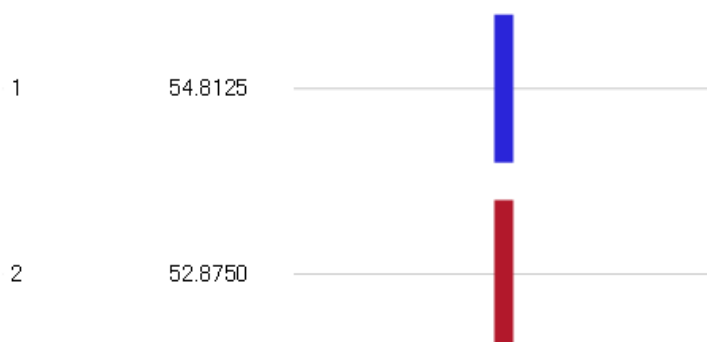
Salida SAS Fibra Detergente Neutro

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	7.009241
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	1.9174

FDN Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación



Apéndice G

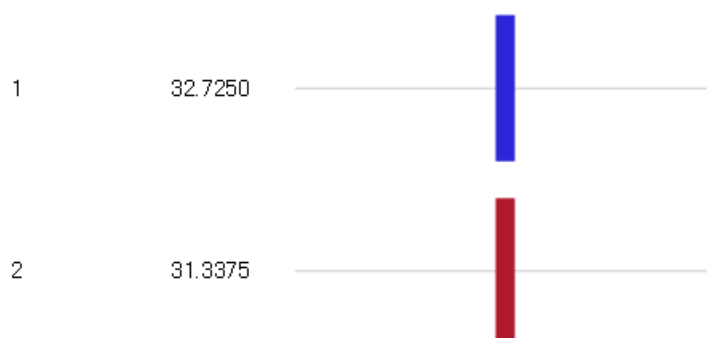
Salida Fibra Detergente Acida

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	2.686622
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	1.1871

FDA Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación

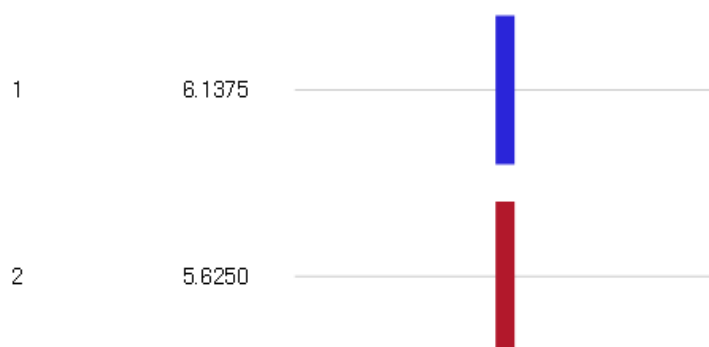


Apéndice H*Salida SAS Lignina*

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	0.119527
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	0.2504

LIG Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación

Apéndice I

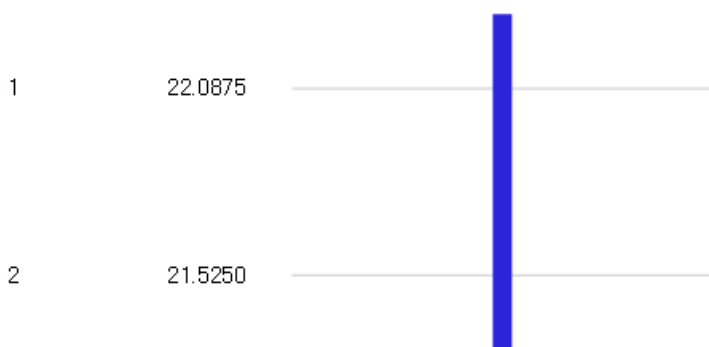
Salida SAS Hemicelulosa

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	1.896074
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	0.9972

HEMI Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra, no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación



Apéndice J

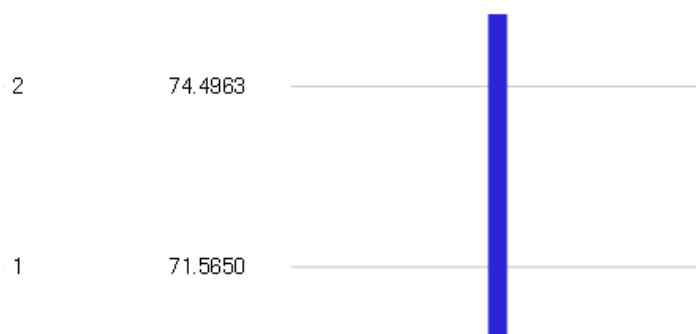
Salida SAS Digestibilidad In-Situ de la Materia Seca

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	27
Error de cuadrado medio	16.96918
Valor crítico del rango estudentizado	2.90171
Diferencia significativa mínima	2.9883

DIGEST Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación

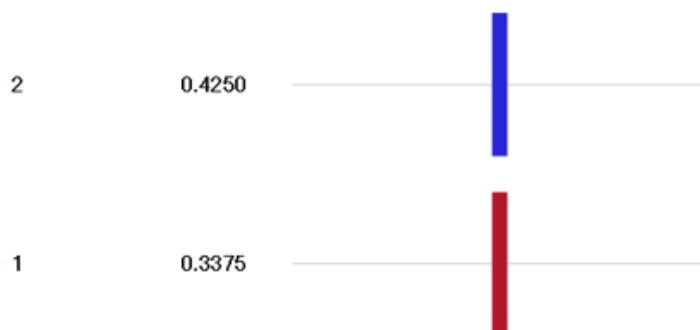


Apéndice K*Salida SAS Calcio (Ca)*

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	0.006455
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	0.0582

**CALCIO Tukey Grouping for Means of TRAT
(Alfa = 0.05)**

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

TRAT Estimación

Apéndice L

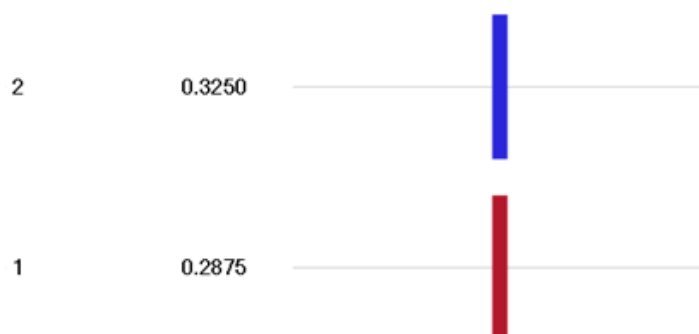
Salida SAS Fosforo (P)

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	28
Error de cuadrado medio	0.001217
Valor crítico del rango estudentizado	2.89687
Diferencia significativa mínima	0.0253

FOSFORO Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

TRAT Estimación



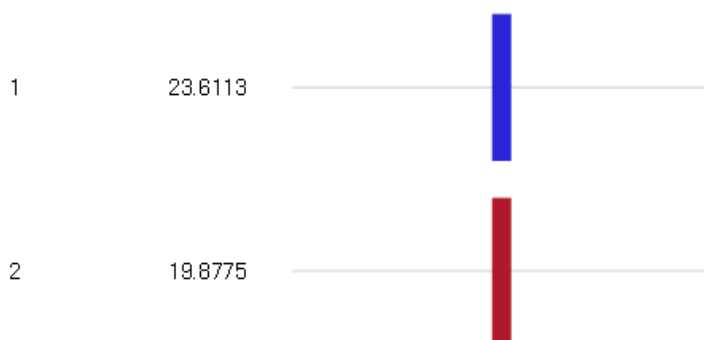
Apéndice M*Salida SAS Fracción A*

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	27
Error de cuadrado medio	10.20692
Valor crítico del rango estudentizado	2.90171
Diferencia significativa mínima	2.3176

FRAA Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes

TRAT Estimación



Apéndice N

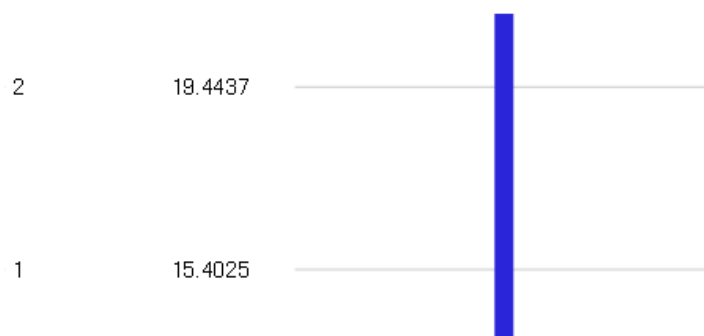
Salida SAS Fracción B1

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	27
Error de cuadrado medio	50.09446
Valor crítico del rango estudentizado	2.90171
Diferencia significativa mínima	5.1344

FRAB1 Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT **Estimación**



Apéndice O

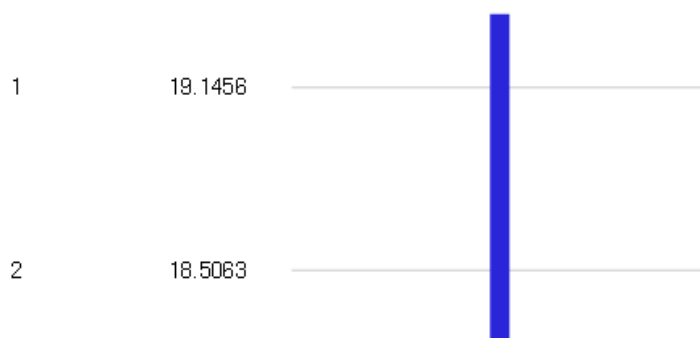
Salida SAS Fracción B2

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	27
Error de cuadrado medio	19.244
Valor crítico del rango estudentizado	2.90171
Diferencia significativa mínima	3.1823

FRAB2 Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra, no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación

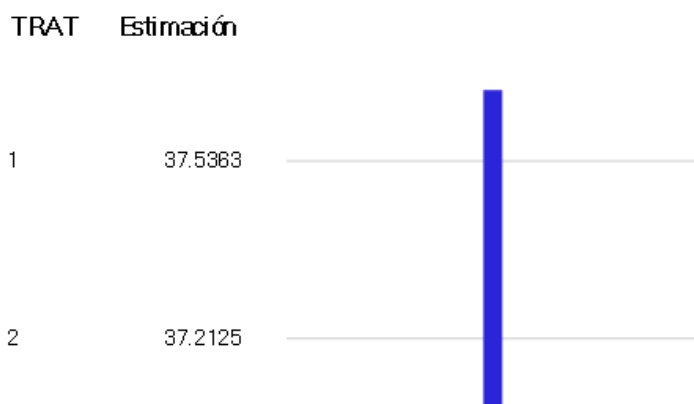


Apéndice P*Salida SAS Fracción B3*

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	27
Error de cuadrado medio	14.70817
Valor crítico del rango estudentizado	2.90171
Diferencia significativa mínima	2.7821

**FRAB3 Tukey Grouping for Means of TRAT
(Alfa = 0.05)**

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.



Apéndice Q

Salida SAS Fracción C

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	27
Error de cuadrado medio	0.962116
Valor crítico del rango estudentizado	2.90171
Diferencia significativa mínima	0.7116

FRAC Tukey Grouping for Means of TRAT (Alfa = 0.05)

Means cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TRAT Estimación

