



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA
DE AMAZONAS**



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**ARREGLOS SILVOPASTORILES CON ALISO Y SU
EFECTO SOBRE FACTORES AMBIENTALES Y
ECONÓMICOS, EN EL DISTRITO DE MOLINOPAMPA,
AMAZONAS**

Autor: Bach. José Américo Saucedo Uriarte

Asesor: Ph. D. Jorge Luis Maicelo Quintana

Co-Asesor: M. Sc. Segundo Manuel Oliva Cruz

Registro (N° 034-2017-UNTRM/EPG)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2018

Dedicatoria

A Dios: por la vida y la guía de cada día.

A mis padres (Eriberto Saucedo y Marina Uriarte) y hermanos (Bercella, Ángel y Clemente) por su apoyo incondicional.

Agradecimiento

A las instituciones: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza “UNTRM”, Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica “CONCYTEC CIENCIACTIVA”, por el apoyo económico para la realización de la maestría.

A los laboratorios: Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas “LABISAG” de la UNTRM, Laboratorio de Nutrición animal y Bromatología de los Alimentos de la UNTRM, por el análisis de muestras.

A las personas: Productores ganaderos del distrito de Molinopampa, docentes y asesores, amigos y familiares, por su apoyo moral.

Autoridades de la UNTRM

Rector: Dr. Policario Chauca Valqui

Vicerrector Académico: Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrectora de Investigación: Dra. Flor Teresa García Huamán

Director de la Escuela de Posgrado: Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, Jorge Luis Maicelo Quintana, identificado con DNI N° 33429798 con domicilio legal en Jr. Santa Ana N° 1124

Doy VISTO BUENO al informe titulado: "ARREGLOS SILVOPASTORILES CON ALISO Y SU EFECTO SOBRE LOS FACTORES AMBIENTALES Y ECONÓMICOS DEL DISTRITO DE MOLINOPAMPA, AMAZONAS" elaborado por el bachiller Saucedo Uriarte José Américo, para optar el grado de Maestro en Producción Animal de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Por lo tanto:

Para mayor constancia validez firmo la presente.

Chachapoyas..... febrero del 2018.



Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

DNI N°

Jurado evaluador



Presidente

M. Sc. Antonio, Tacilla Villanueva



Secretario

M. Sc. Santos, Leiva Espinoza



Vocal

M. Sc. Segundo José, Zamora Huamán



ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 06 de Abril del año 2018, siendo las 11:00 horas, el aspirante: José Américo Sosa de Uriarte defiende públicamente la tesis titulada: Arreglos silvopastoriles con aliso y su efecto sobre factores ambientales y económicos en el distrito de Molinopampa, Amazonas

para optar el grado de maestro en: Maestro en Producción Animal

otorgado por la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el jurado, constituido por:

Presidente: M.Sc. Antonio Tacilla Villanueva

Secretario: Mg. Santos Trujillo Leiva Espinoza

Vocal: M.Sc. Segundo José Zamora Huaman

Procedió el aspirante a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales.

Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraran oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

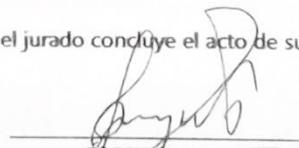
Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

- a) (19-20) Excelente.
- b) (17-18) Muy Bueno.
- c) (15-16) Bueno.
- d) (14) Aprobado.
- e) (0-13) Desaprobado.

Otorgada la calificación de Muy Bueno y el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:17 horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación de la tesis.


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES: _____

Índice general

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Autoridades de la UNTRM.....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	v
Jurado evaluador.....	vi
Índice general.....	viii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
2.1. Localización.....	5
2.2. Materiales.....	6
2.3. Metodología.....	7
2.3.1. Caracterización de los arreglos silvopastoriles.....	7
2.3.2. Análisis de las características físico-químicas del suelo de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	9
2.3.3. Análisis de la composición florística de los arreglos silvopastoriles con Aliso y sistema a campo abierto.....	12
2.3.4. Análisis de la productividad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	13
2.3.5. Análisis de la composición nutricional del componente forrajero de los ASP con aliso y sistema a campo abierto.....	14
2.3.6. Comparación de la rentabilidad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	18
2.3.7. Análisis de los factores ambientales (temperatura y humedad) en los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	18
2.3.8. Análisis estadístico.....	19
III. RESULTADOS.....	20
3.1. Caracterización de los arreglos silvopastoriles.....	20
3.1.1. Del productor.....	20
3.1.2. Componente arbóreo.....	20
3.1.3. Componente forrajero (CF).....	22
3.1.4. Ganadería.....	25
3.2. Análisis de las características físico-químicas del suelo de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	26

3.2.1.	Características físicas del suelo	26
3.2.2.	Características químicas del suelo	28
3.3.	Análisis de la composición florística de los arreglos silvopastoriles con Aliso y sistema a campo abierto	29
3.4.	Análisis de la productividad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	32
3.5.	Análisis de la composición nutricional del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	34
3.6.	Comparación de la rentabilidad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	37
3.7.	Análisis de los factores ambientales (temperatura y humedad) en los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	39
3.7.1.	Temperatura	39
3.7.2.	Humedad.....	40
IV.	DISCUSIÓN	42
4.1.	Caracterización de los arreglos silvopastoriles	42
4.2.	Análisis de las características físico-químicas del suelo de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	43
4.2.1.	Características físicas del suelo	43
4.2.2.	Características químicas del suelo	44
4.3.	Análisis de la composición florística de los arreglos silvopastoriles con Aliso y sistema a campo abierto	49
4.4.	Análisis de la productividad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	50
4.5.	Análisis de la composición nutricional del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	51
4.6.	Comparación de la rentabilidad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	54
4.7.	Análisis de los factores ambientales (temperatura y humedad) en los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto.....	55
4.7.1.	Temperatura	55
4.7.2.	Humedad relativa.....	57
V.	CONCLUSIONES.....	59
VI.	RECOMENDACIONES.....	61
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

Índice de tablas

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en el análisis físico químico de suelo y análisis proximal del componente forrajero de los ASP con alisos y SCA de los caseríos estudiados.....	6
Tabla 2. Reactivos utilizados en el análisis físico químico del suelo y análisis proximal del CF de los ASP con alisos y SCA de los caseríos estudiados	7
Tabla 3. Método usado según la variable en el análisis de las características físico-químicas del suelo de los diferentes ASP con aliso y SCA	9
Tabla 4. Método utilizado según la variable en la recolección de muestras en campo y análisis nutricional en laboratorio, del CF de los ASP con aliso y SCA	15
Tabla 5. Clase textural del suelo de los ASP con aliso y SCA	27
Tabla 6. Compactación del suelo de los ASP con aliso y SCA en (psi), (n = 40)	28
Tabla 7. Características químicas del suelo de los ASP con aliso y SCA, (n = 4)	29
Tabla 8. Porcentaje de especies deseables	31
Tabla 9. Porcentaje de especies no deseables	31
Tabla 10. Productividad del CF (kg/m ²) de los ASP con aliso y SCA, edad promedio de 60 días, (n = 40)	32
Tabla 11. Materia seca del CF (%) de los ASP con aliso y SCA a edad promedio de 60 días, (n = 4)	34
Tabla 12. Análisis nutricional del CF de los ASP con aliso y SCA, analizado en época de lluvia, (n = 4).....	36
Tabla 13. Análisis nutricional del CF de los ASP con aliso y SCA, analizado en época de seca con 548.7 mm, (n = 4).....	37
Tabla 14. Rentabilidad del componente forrajero de los ASP con aliso y SCA, en época de lluvia, edad de corte 60 días.....	38
Tabla 15. Rentabilidad del componente forrajero de los ASP con aliso y SCA, en época seca, edad de corte 60 días.....	38

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de los caseríos involucrados en el estudio	5
Figura 2. Arreglos silvopastoriles.....	8
Figura 3. Recolección y análisis físico-químico del suelo de los ASP y SCA.	12
Figura 4. Composición florística en los diferentes ASP y SCA.	13
Figura 5. Productividad del CF en los ASP con aliso y SCA.	14
Figura 6. Flujograma de recolección de muestras y análisis del componente forrajero. 15	
Figura 7. Equipos para el análisis nutricional del CF, ^a CF picado, ^b equipo soxhlet, ^c bomba calorimétrica, ^d digestor de fibras, ^e equipo khjeldal.....	18
Figura 8. Medición de temperatura ambiental y humedad relativa en los ASP con aliso y SCA.....	19
Figura 9. Área de terreno por productor encuestado de cada caserío.	20
Figura 10. Cercas vivas.....	21
Figura 11. Árboles dispersos en potreros.....	21
Figura 12. Árboles en callejones.....	22
Figura 13. Porcentaje de productores que realizan instalación de CF de acuerdo a los caseríos con parcelas de ASP de aliso y SCA.	23
Figura 14. Porcentaje de tipo del CF de acuerdo a los caseríos con parcelas con ASP de aliso y SCA.	23
Figura 15. Porcentaje de productores por caserío que compran semilla de CF para los ASP con aliso y SCA.	24
Figura 16. Porcentaje de productores que usan fertilizante para el CF por cada caserío.	24
Figura 17. Porcentaje de productores que hacen uso de riego en las parcelas del CF.. 25	
Figura 18. Porcentaje de razas bovinas por cada caserío evaluado.	25
Figura 19. Número de cabezas de ganado bovino por productor y producción de leche en litros por vaca día por cada caserío evaluado.	26
Figura 20. Compactación del suelo de los ASP con aliso y SCA.....	28
Figura 21. Abundancia de familias y suelo descubierto encontrado en los ASP con aliso y SCA.....	30
Figura 22. Especies forrajeras deseables y no deseables, menor presencia de cobertura vegetal (suelo descubierto) en los ASP de aliso y SCA.	31
Figura 23. Productividad del CF en kg/m ² de los ASP con aliso y SCA, a 60 días de edad, en época de lluvia.....	33
Figura 24. Productividad del CF en kg/m ² de los ASP con aliso y SCA, a 60 días de edad, en época seca.....	33
Figura 25. Registro de temperatura promedio en los ASP con aliso y SCA, tomados cada cuatro horas.	40
Figura 26. Registros promedios de humedad relativa en ASP con aliso y SCA, tomados cada cuatro horas.	41

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de los arreglos silvopastoriles con *Alnus acuminata* [árboles en callejones (AEC), árboles dispersos en potreros (ADP) y cercas vivas (CV)] y sistema a campo abierto (SCA) en los factores ambientales y económicos. Se desarrolló en los caseríos de Molinopampa, Santa Cruz del Tingo, Pumahermana y Ocol del distrito del Molinopampa, región Amazonas, de Noviembre 2016 a Octubre 2017. Fueron seleccionadas 16 parcelas homogéneas en edad de árbol, componente forrajero (CF). Se evaluó las características físico-químicas del suelo, productividad, composición nutricional y rentabilidad del componente forrajero (CF) en época de lluvia (ELL) y seca (ES), temperatura y humedad. Los datos se analizaron en un diseño en bloques completos al azar. Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en la compactación del suelo con bajos niveles en AEC (52.48 psi), en comparación a los otros sistemas de producción. Pero, no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en las características químicas del suelo. La productividad del CF evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo superiores en AEC que en los otros sistemas para ELL y ES ($1.66 \pm 0.02 \text{ kg/m}^2$ y $1.45 \pm 0.19 \text{ kg/m}^2$ respectivamente). La composición nutricional del CF fue mejor en AEC para materia seca (21.98%), proteína total (17.39%), y energía bruta (4864 kcal/kg) en ELL. Asimismo, en ES, AEC fue superior en materia seca (20.90%) y proteína total (15.39%). Los arreglos silvopastoriles presentaron mayor rentabilidad en la productividad del CF por ha/corte, especialmente en AEC (S/. 995.70) respecto a SCA. Se evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) para temperatura y humedad entre sistemas de producción, siendo en AEC donde hubo mayor humedad relativa y menor variación de temperatura en comparación con los otros arreglos y SCA. Por lo tanto, como conclusión, los AEC mejoran la productividad del CF, composición nutricional y rinden mayor rentabilidad por corte del CF, además generan un mejor microclima por tener un menor variación de temperatura.

Palabras clave: *Alnus acuminata*, épocas, factores ambientales, nutrientes, rentabilidad, sistema silvopastoril.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of silvopastoral arrangements with *Alnus acuminata* [trees in alleys (AEC), scattered trees in paddocks (ADP) and living fences (CV)] and open field system (SCA) in environmental factors and economic. It was developed in the villages of Molinopampa, Santa Cruz del Tingo, Pumahermana and Ocol in the district of Molinopampa, Amazonas region, from November 2016 to October 2017. Sixteen homogeneous plots were selected in tree age, forage component (FC). The physical-chemical characteristics of the soil, productivity, nutritional composition and profitability of the forage component (CF) during the rainy season (ELL) and dry season (ES), temperature and humidity were evaluated. The data was analyzed in a randomized complete block design. Differences were found ($p < 0.05$) in the soil compaction with low levels in AEC (52.48 psi), in comparison to the other production systems. However, there were no significant differences ($p > 0.05$) in the chemical characteristics of the soil. The CF productivity showed significant differences ($p < 0.05$), being higher in AEC than in the other systems for ELL and ES (1.66 ± 0.02 kg/m² and 1.45 ± 0.19 kg/m² respectively). The nutritional composition of CF was better in AEC for dry matter (21.98%), total protein (17.39%), and gross energy (4864 kcal / kg) in ELL. Also, in ES, AEC was higher in dry matter (20.90%) and total protein (15.39%). The silvopastoral arrangements showed greater profitability in CF productivity per ha/cut, especially in AEC (S / 995.70) compared to SCA. There were significant differences ($p < 0.05$) for temperature and humidity between production systems, being in AEC where there was higher relative humidity and lower temperature variation compared to the other arrangements and SCA. Therefore, as a conclusion, the AEC improve the productivity of CF, nutritional composition and yield greater profitability by cutting the CF, also generate a better microclimate by having a lower temperature variation.

Key words: *Alnus acuminata*, epochs, environmental factors, nutrients, rentability, silvopastoral system.

I. INTRODUCCIÓN

Las consecuencias de la deforestación o eliminación en forma total de los árboles para dedicarse al monocultivo o sistemas a campo abierto (SCA), prácticas inadecuadas como la quema no controlada, labranza inapropiada y sobrepastoreo viene causando problemas ambientales como la pérdida de la biodiversidad, compactación y erosión de los suelos, bajo balance hídrico en los potreros y por consiguiente el agotamiento de los suelos que conduce a abrir nuevas áreas o deforestar. Además, se suma el incremento de emisiones de gases contribuyendo al calentamiento global que terminará agotando a la tierra (Pezo e Ibrahim, 1997; Ibrahim *et al.*, 2006; Harvey *et al.*, 2008; Iturrizaga y Huamani, 2009; Ramachandran *et al.*, 2009; Alonso, 2011).

En el Perú la extensión geográfica es 128, 521,500 hectáreas (ha) con una superficie amazónica de 78, 282,060 ha, es decir el 60.9% del territorio nacional (INEI, 2007), del cual según el Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana en el año 2000 la superficie deforestada acumulada fue 7, 172,554 ha, la cual representa el 9.27 % de la superficie de los bosques amazónicos (Hubert y Huerta, 2005). Además, en el periodo de 2001 – 2013, los departamentos más afectados por deforestación fueron: San Martín, Loreto, Ucayali, Huánuco y Amazonas con 329,403 ha, 282,767 ha, 239,429 ha, 208,884 ha y 53,268 ha, respectivamente (MINAM y MINAGRI, 2014).

Además, los departamentos con mayor tasa de deforestación del 1990 al 2000 fueron: Amazonas, Loreto y Cajamarca, con el 23.78%, 20.55% y el 10.25%, respectivamente (MINAM, 2000). Por otro lado, MINAM (2016), por medio del Programa Nacional de Conservación de Bosques informaron que en el 2014 la pérdida de bosques alcanzó un total de 177,571 ha.

Así mismo, en la región Amazonas, se cuenta con 53, 275,97 ha de pastos y 2,469.78 ha de instalaciones forestales y el distrito de Molinopampa cuenta con 1,543.58 ha de pastos predominando las especies de *Lolium sp*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium sp*, *Pennisetum clandestinum*, *Philoglossa mimuloides*, entre otras, mientras que el área con plantaciones forestales es de 55.05 ha predominando las especies de *Alnus*

acuminata, *Eucalyptus camaldulensis*, *Cupressus macrocarpa* y *Pinus patula* (INEI, 2012).

Además, el promedio de la tasa de deforestación en nuestra región es 7.52%; esto lo ubica en el tercer lugar con más área deforestada a nivel nacional, con 349,020 ha; de los cuales 154,138 ha están actualmente utilizadas con algún cultivo y 194,882 ha están abandonadas (54% de la superficie boscosa original), esto quizá se debe a la ampliación de las áreas de pastoreo para la crianza de ganado vacuno que trae como consecuencia un manejo inadecuado del hato ganadero (DRAA, 2008).

Otro indicador que afecta los recursos naturales es la producción de ganado con parcelas de sistemas a campo abierto (SCA), introducidas por el hombre, presentado desde hace varios años un grave proceso de deforestación asociado a esta actividad, lo que ha afectado las condiciones y la calidad de los recursos naturales locales (MINAM, 2013). La migración de familias en busca de mejores ingresos o mejor calidad de vida están generando altas deforestaciones, lo cual genera una alta degradación y erosión del suelo y conllevando a bajas producciones y actividades no sostenibles (Dourojeanni, 2013).

Suscitándose esto, la falta de árboles y de cobertura arbórea en general está causando varios problemas ecológicos (fenómenos climáticos extremos, erosión del suelo, contaminación del agua, disminución de la biodiversidad, entre otros) y en consecuencia económicos y sociales, además que la ganadería sigue basándose en un modelo extensivo con la utilización de grandes áreas de pastura y estas de mala calidad, poca inversión en mejorar los potreros, restricciones tecnológicas, en donde el ganadero da poco valor a la existencia de árboles en su sistema productivo (García-Barrios y González-Espinosa, 2017).

Por lo tanto, el problema se manifiesta a través de las necesidades de como mejorar la actividad agropecuaria tradicional extensiva de rentabilidad baja (MINAM, 2013) e identificar una alternativa que permita la disminución de erosión de tierras, componente forrajero de mejor calidad nutritiva, disminución de los costos de producción, el aprovechamiento de espacios libres de tierras; mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, los ciclos de agua y nutrientes

como la fijación del nitrógeno, la movilización del fósforo y captura de CO₂, que se considera una contribución a fenómenos globales de interés nacional.

Sin embargo, existen alternativas para mejorar el manejo de los potreros sin afectar la biodiversidad incorporando árboles en sistemas como los sistemas silvopastoriles (árbol + pasto), agroforestales (cultivos agrícolas + árboles) y agrosilvopastoriles (cultivos agrícolas + árboles + pasto), siendo una opción para revestir los pastizales (Vilchez *et al.*, 2004; Navas, 2007; Nair *et al.*, 2009).

Por los que, los sistemas silvopastoriles (SSP) son asociaciones de árboles maderables o frutales con pastos y cultivos, utilizados para la ganadería según los pisos altitudinales (Rosero, 2005) que involucra la ganadería y la actividad forestal aprovechando el componente animal y vegetal (Carranza y Ledesma, 2009).

Asimismo, existen algunas prácticas de arreglos silvopastoriles (ASP) como cercas vivas (CV) que es la siembra de árboles y arbustos en reemplazo de los postes principalmente para delimitar potreros (Llanderal, 2005; Galindo y Murgueitio, 2004), árboles dispersos en potreros (ADP) son especies arbóreas multiestrato y multipropósito que se encuentran dentro de los potreros en diferentes arreglos y distanciamientos (Beer *et al.*, 2003), árboles en callejones (AEC) es la siembra de forrajes entre las hileras de árboles o arbustos (Ibrahim y Camargo, 2001) que se pueden incluir sistemas de producción bovina reemplazando al sistema tradicional donde se puede incluir dos, tres a más estratos, formados por especies arbustivas, herbáceas y arbóreas, mejorando el balance hídrico, reduciendo la evaporación, reduciendo el estrés calórico en los animales, y las emisiones de CO₂ al fijarlo los árboles, y permite diversificar la producción en madera, leña, frutos y semillas; esto logra indirectamente otros ingresos al productor (Ojeda *et al.*, 2003; MINAGRI y INIA, 2008).

En el distrito de Molinopampa los arreglos silvopastoriles están compuestos por 51% de cercas vivas, 41% de árboles dispersos en potreros y 8% de árboles en callejones (Oliva, 2016a) es por ello se plantea la siguiente pregunta. ¿Cuáles son los efectos de diferentes arreglos silvopastoriles con aliso, sobre factores ambientales y económicos en el distrito de Molinopampa– Amazonas?

Es por eso que, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los arreglos silvopastoriles con aliso y su efecto sobre factores ambientales y económicos, en distrito de Molinopampa, Amazonas. Para cumplir con esto se planteó los siguientes objetivos específicos: a) Caracterizar los arreglos silvopastoriles. b) Analizar las características físico-químicas del suelo, la composición florística, productividad, composición nutricional del componente forrajero y porcentaje de malezas, en sistema a campo abierto y en los diferentes arreglos silvopastoriles con aliso. c) Comparar la rentabilidad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y el sistema a campo abierto. d) Analizar los factores ambientales (temperatura y humedad) en cada uno de los arreglos silvopastoriles con aliso y del sistema a campo abierto. Asimismo, se describe la hipótesis: los diferentes arreglos silvopastoriles con aliso pueden generar efectos positivos sobre factores ambientales y económicos del componente forrajero del distrito de Molinopampa, Amazona.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el periodo comprendido entre los meses de Noviembre del 2016 hasta Octubre del 2017 en la región Amazonas, Provincia de Chachapoyas, Distrito de Molinopampa y en los caseríos de Santa Cruz del Tingo, Pumahermana y Ocol; dicho distrito ubicado en la zona de vida de (bh-MBT) Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (INRENA, 1995), a una altitud de 2421 msnm, latitud 06° 12'20'' Sur y longitud 77°40'06'' Oeste con un clima ligeramente húmedo y templado cálido (IIAP, 2007). Con una superficie de 333,86 km², Temperatura promedio anual de 14.5 °C, y precipitación promedio anual 1200 mm/año de lluvia (IIAP, 2007).

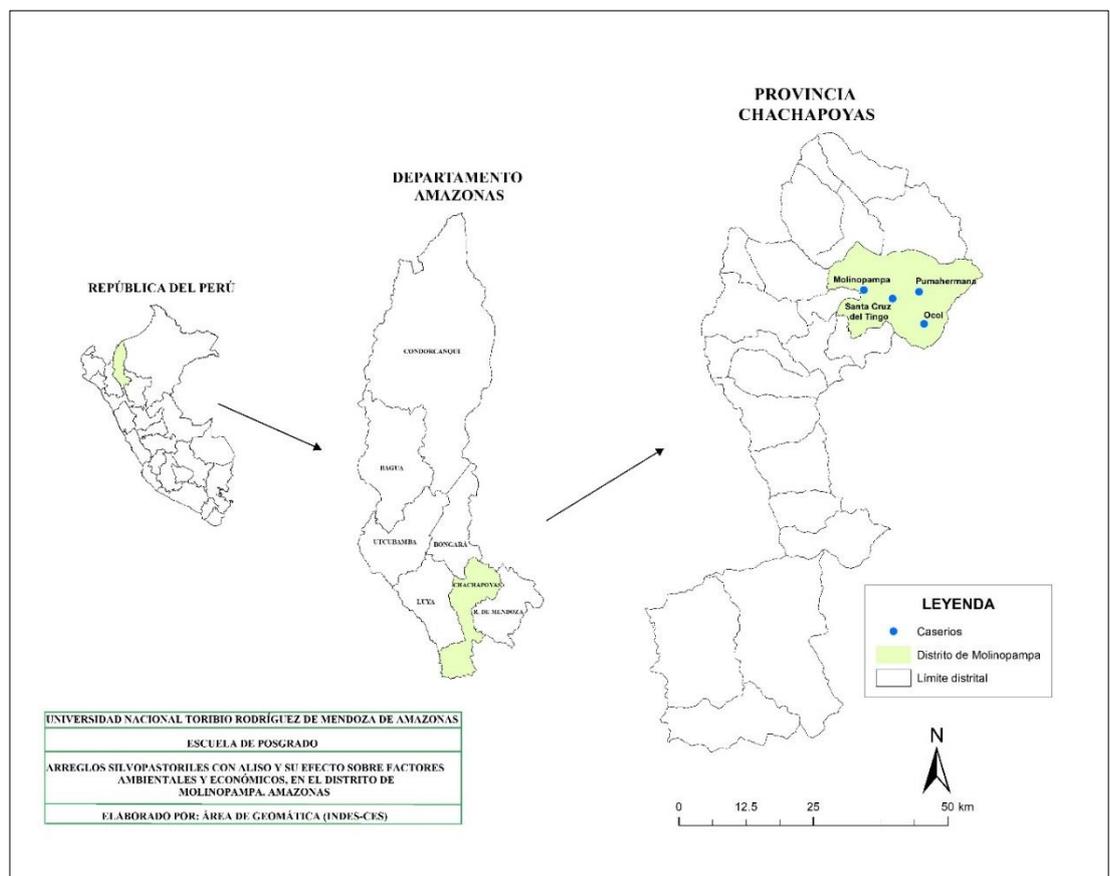


Figura 1. Mapa de ubicación de los caseríos involucrados en el estudio

2.2. Materiales

Los materiales y equipos utilizados en campo y laboratorio para la caracterización de los caseríos, y análisis de muestras en laboratorio se muestran en la Tabla 1, y los reactivos usados para análisis de muestras en laboratorio se ve en la Tabla 2.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en el análisis físico químico de suelo y análisis proximal del componente forrajero de los ASP con alisos y SCA de los caseríos estudiados

Equipos y materiales de campo			
Palana	Balde	Cámara fotográfica	Guantes
Hoz	Bolsas	Laptop	Botas
Wincha	Libreta	Penetrómetro	Anillo censador
Costal	Lapicero	Termohigrómetro	
Equipos y materiales de laboratorio para el análisis físico químico del suelo		Equipos y materiales de laboratorio para análisis proximal del componente forrajero	
pH-metro		Balanza analítica	
Conductímetro		Cápsula de vidrio	
Agitador de muestras		Desecador con deshidratante	
Balanza técnica		Estufa de aire	
Espectrofotómetro		Crisol	
Rack		Horna mufla	
Macro pipeta		Pinza de metal	
Dispensador de capas		Sistema extractor Soxhlet	
Tubos de ensayo		Papel filtro N° 91	
Papel filtro Whatman		Sistema extractor de fibras	
Gradilla de tubos		Equipo de digestión	
Espátula		Controlador Rat	
Erlenmeyer		Gradilla porta tubos	
Piseta		Tubos de digestión	
Vasos beaker		Colector de humus	
Probeta		Sistema Scrubber	
Vaso de precipitado		Bomba de vacío de circulación de agua	
Hidrómetro de suelos		Equipo de destilación	
Termómetro		Equipo de titulación	
Bureta automática		Matraz Erlenmeyer	
Fiolas		Papel filtro Whatman N° 541	
Embudo		Bomba calorimétrica	
Guantes		Guantes	
Mascarilla		Mascarilla	

Tabla 2. Reactivos utilizados en el análisis físico químico del suelo y análisis proximal del CF de los ASP con alisos y SCA de los caseríos estudiados

Reactivos para el análisis físico químico del suelo	Reactivos para el análisis proximal del componente forrajero
Buffer de calibración de pH (4.01, 7, 10.01)	Éter etílico P.E, 40-60 °C
Bicarbonato de sodio (NaHCO ₃)	Éter de petróleo P.E, 40-60 °C
Tartrato de antimonio y potasio (KSbOC ₄ H ₄ O ₆ . 1/2H ₂ O)	Bromuro de cetiltrimetilamonio (ClgH ₄₂ BrN)
Carbón activado (Lavado)	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	Hidróxido de sodio (NaOH)
Ácido ascórbico (C ₆ H ₈ O ₆)	Agente antiespumante
Hidróxido de sodio (NaOH)	Etanol al 95% (C ₂ H ₆ O)
Molibdato de amonio (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	Peróxido de hidrogeno (N ₂ O ₂ 30%)
Acetato de amonio (NH ₄ OAc)	Sulfato de potasio
Dicromato de potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇)	Sulfato de cobre
Solución de sal de Mohr (Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ .6H ₂ O)	Ácido bórico al 4%
Di-fenilalanina sulfúrica	Ácido clorhídrico
Sulfato ferrosos (FeSO ₄)	Solución de Na ₂ CO ₃
Solución de hexametáfosfato de sodio (Na ₆ O ₁₈ P ₆)	Lauril sulfato de sodio neutro (C ₂ H ₂₅ NaO S)
Alcohol amílico (C ₅ H ₁₁ OH)	EDTA – sal di sódica (N ₂ Na ₂ Os)
Peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂)	
Etanol (C ₂ H ₆ O)	Borato de sodio (Na ₂ B ₄ Or 10H ₂ O)
Reactivo de nessler A (K ₂ [HgI ₄])	Butanodiol (C ₄ H ₁₀ O ₂)
Indicador de fenoltaleína (C ₂₀ H ₁₄ O ₄)	Fosfato di sódico industrial (Na ₂ HPO ₄)
Formaldehido (CH ₂ O)	Octanol
Hidróxido de sodio (NaOH)	Sulfito de sodio anhídrido (Na ₂ SO ₃)
Cloruro de sodio (NaCl)	Acetona
Ácido acético (CH ₃ COOH)	Hexano P.A, 140-155 °C
Hidróxido de amonio (NH ₄ OH)	

2.3. Metodología

2.3.1. Caracterización de los arreglos silvopastoriles

Se realizó un reconocimiento preliminar basado en observación de los caseríos de estudio, con la finalidad de seleccionar las parcelas con instalación de SSP. Se identificó a las parcelas que cumplieron las características de homogeneidad del componente forrajero (CF) y edad de los árboles. La población del distrito de Molinopampa para el 2007 fue 2,501 habitantes según (INEI, 2007) de los cuales 724 fueron productores pecuarios dedicados a la crianza de ganado vacuno (INEI, 2012) a nivel de todo el

distrito y sus caseríos. 459 productores pecuarios pertenecen a los caseríos involucrados en el estudio (Oliva, 2016a). Para la determinación del número de encuestas se empleó la fórmula de muestreo de poblaciones finitas y conocidas (Murray y Larry, 2009):

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

Donde:

n	Tamaño de muestra no probabilística.
N	Población (número de productores pecuarios) = 459 ganaderos
Z	Nivel de confianza = 1.65 (según tabla estadística al 90% de confianza)
p	Variabilidad positiva = 0.95 (nivel de aceptación)
q	Variabilidad negativa = 0.05 (nivel de rechazo)
E	0.05 (error de estimación)

$$n = \frac{(1.65)^2(0.05)(0.95)(459)}{(0.05)^2(459) + (1.65)^2(0.05)(0.95)} = 46$$

De la fórmula anterior se obtuvo que el tamaño de la muestra fue 46 ganaderos (Anexo 1). El porcentaje de los productores pecuarios encuestados se realizó según el número de hogares en cada caserío el 53% para Molinopampa, 19% para Santa Cruz del Tingo, 14% para Ocol y 14% para Pumahermana. De las encuestas fueron seleccionados nueve propietarios que cumplían las características de homogeneidad en CF, edad de corte del CF, edad de los árboles y se trabajó con dieciséis parcelas.

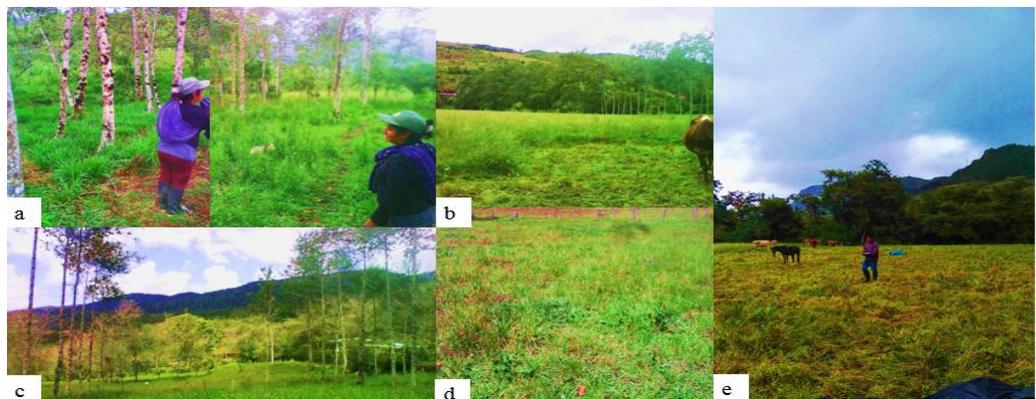


Figura 2. Arreglos silvopastoriles.

^a árboles dispersos en potreros, ^b cercas vivas, ^c árboles en callejones, ^d sistema a campo abierto, ^e aplicación de la encuesta.

2.3.2. Análisis de las características físico-químicas del suelo de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

El muestreo se realizó bajo los criterios del reglamento de levantamiento de suelos del DS N° 013-2010-AG (MINAGRI, 2010), para lo cual se identificó el área y se marcaron puntos para la metodología del zig-zag. Se limpió la superficie del punto de muestreo a ras del suelo y se extrajo 1 kg de suelo de una calicata de 20 cm de profundidad. Se etiquetó con datos de número de parcela, número de muestra, lugar de la parcela, y tipo de ASP. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (LABISAG), considerando los parámetros de: pH, conductividad eléctrica (CE), fósforo disponible (P), potasio disponible (K), carbono orgánico (C.O), materia orgánica (M.O), nitrógeno total (N), clase textural, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y cationes cambiabiles (Ca, Mg, K, Na, Al + H) (Tabla 3).

Tabla 3. Método usado según la variable en el análisis de las características físico-químicas del suelo de los diferentes ASP con aliso y SCA

	Variabes	Método
Fase de campo	Recolección de muestras	Reglamento de levantamiento de suelos (MINAGRI, 2010), metodologías del zig-zag
	Compactación	Penetrómetro digital de suelos
Fase de laboratorio	Clase textural	Hidrómetro de Bouyoucos
	Conductividad eléctrica	Lectura del extracto acuoso en la relación suelo - agua 1:1
	pH	Medida con potenciómetro de la suspensión suelo - agua 1:1
	Materia orgánica, Carbono orgánico y Nitrógeno total	Walkley y Black
	Fosforo disponible	Olsen modificado
	Potasio disponible	Acetato de Amonio pH:7
	Aluminio disponible	Método de Yuan
	Capacidad de intercambio Catiónico	Acetato de amonio pH:7
Cationes cambiabiles (Ca, Mg, Na y K)	Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA)	

Fuente: Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas

Para la determinación del pH y la CE, se pesó 20 mg de suelo en un vaso de 50 ml adicionando al mismo 20 ml de agua destilada y se agito durante 10 minutos. Se realizó la lectura del pH con el potenciómetro luego se dejó reposar 5 minutos para la lectura de la CE en el conductímetro.

Para el fósforo disponible se pesó 2.5 g de suelo y se agregó una cucharadita de carbón activado más 25 ml de bicarbonato de sodio. Se agitó 20 minutos y luego se filtró para sacar una alícuota de 1.5 ml. A esta se agregó 5 ml de solución de Olsen para realizar la lectura en el EAA. Para determinar el potasio disponible se pesó 5 g de suelo y se agregó 25 ml de acetato de amonio y se agitó por 10 minutos. Se filtró hasta obtener el extracto para hacer diluciones de 1/100. Finalmente, se tomó la lectura en el EAA.

Para la determinación del carbono orgánico, previamente se pesó 0.5 g de suelo en un Erlenmeyer, después se añadió 10 ml de dicromato de potasio, luego con cuidado se agregó 10 ml de ácido sulfúrico y se agitó manualmente por 1 minuto. Se observó si se obtuvo un color pardo, de no obtener este color y la coloración fuese verdusca se agregó 10 ml más de dicromato de potasio. Se dejó reposar la muestra por 30 minutos a temperatura ambiente. Luego se adicionó agua destilada hasta obtener el volumen de 100 ml y se dejó reposar por 2 horas. Pasado este tiempo se tomó 10 ml de esta alícuota en un vaso de precipitado y se agregó de 2 a 3 gotas de indicador di-fenilalanina sulfúrica. Además, se tituló con una solución de sulfato ferrosos, el cambio de color verde oscuro a brillante indicó el final de la titulación, se anotó el gasto de sal de Mohr, y se trabajó un blanco sin muestra.

Para la determinación de la materia orgánica, se pesó 5 g de suelo y se pasó por el tamizador de 0.5 mm. Se colocó en matraz de 500 ml adicionándose 10 ml de dicromato de potasio. Después se agregó 20 ml de ácido sulfúrico y se agitó por un minuto. Luego se dejó reposar por 30 minutos, pasado este tiempo se agregó 200 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico, 10 gotas de di-fenilamina. Finalmente se tituló con disolución de sulfato ferroso gota a gota hasta un punto final verde claro.

En la determinación del nitrógeno total, se pesó 5 g de suelo y se pasó por el tamizador de 0.5 mm. Se colocó en matraz adicionándose 10 ml de dicromato de potasio. Después se agregó 20 ml de ácido sulfúrico y se agito por un minuto. Luego se dejó reposar por 30 minutos, pasado este tiempo se agregó 200 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico, y 2 a 3 gotas de indicador di-fenilalanina sulfúrica. Finalmente, se tituló con una solución de sulfato ferrosos gota a gota hasta un punto final verde claro.

Para determinar la clase textural, se pesó 50 g de suelo y se colocó en un vaso de precipitados luego se añadió 15 ml de solución de hexametáfosfato de sodio al 10% más agua destilada hasta $\frac{3}{4}$ partes del vaso. Se llevó al agitador por 5 minutos luego se trasvasó el contenido a la probeta y se añadió agua hasta los 1000 ml. Además, con la varilla de agitación se agitó vigorosamente el contenido de la probeta, y luego que se dejó de agitar. Se sumergió el hidrómetro en la solución por 40 segundos, y se registró la lectura. También, se realizó una segunda lectura después de pasar 2 horas de la primera.

En la determinación de la CIC, se pesó 5 g de suelo y se transfirió al cartucho de papel filtro colocado en el embudo, luego se añadió agua con la piseta cubriendo la muestra hasta el ras del cono del papel. Se dejó filtrar el agua y se descartó. Después, se añadió 100 ml de acetato de amonio en varias etapas y se recibió la solución filtrada en un fiola en la muestra que quedó retenida parte de la solución, pero la fiola se enrasó con solución de acetato de amonio. Esta solución de la fiola se utilizó para la determinación de Ca, Mg, Na, y K según los métodos ML-07 (Ca y Mg) y ML-009 (K). Luego se lavó la muestra con alcohol etílico para remover el exceso de acetato de amonio, el lavado se terminó cuando la prueba con el reactivo Nessler es negativa (amarillo pálido), y la solución lavada se descartó. La determinación de Ca, Mg, Na y K, se realizó de la siguiente forma: se pesó 5 g de suelo para colocarlo en el papel filtro y este sobre de un vaso. Se agregó 100 ml de agua destilada cubriendo la muestra en el papel filtro para eliminar iones solubles, y se dejó filtrar. Después se adicionó 100 ml de Acetato de amonio cubriendo la muestra en el papel filtro y se recibió la solución filtrada en un matraz. Para el Ca y Mg se realizó diluciones de 1:100 con óxido de lantano para después

leerlo en el EAA. Finalmente, para Na y K se hizo diluciones de 1:10 con agua destilada y se realizó la lectura en el EAA. Para la obtención de los valores de aluminio, se tomó 10 ml del extracto del suelo del proceso que resultado de la determinación de Ca y Mg. Se agregó 3 gotas de fenolftaleína y se tituló con hidróxido de sodio hasta ver un color rosado pálido y se anotó el gasto.

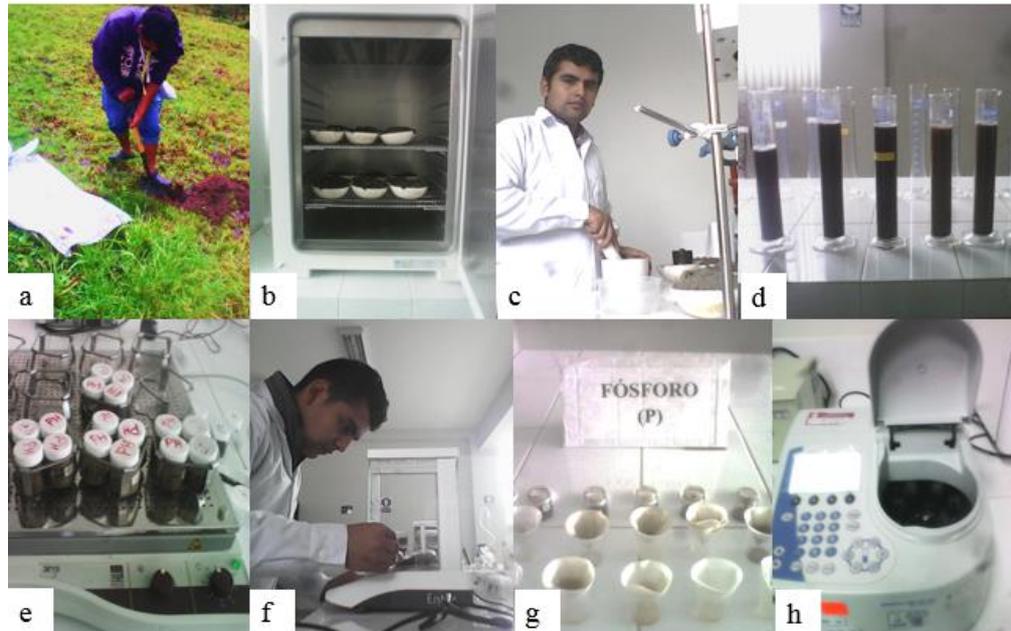


Figura 3. Recolección y análisis físico-químico del suelo de los ASP y SCA.

^a recolección de muestras, ^b secado de la muestra, ^c molienda de muestras, ^d proceso de determinación de textura, ^e agitador de muestras ^f peso de muestras, ^g determinación del fósforo, ^h determinación de cationes cambiabiles.

2.3.3. Análisis de la composición florística de los arreglos silvopastoriles con Aliso y sistema a campo abierto

El punto inicial fue elegido al azar dentro de la parcela. Con una wincha de 50 m, se jaló de extremo a extremo de la parcela y cada metro fue un punto donde se tomó el dato de la especie presente en ese punto con un anillo censador (Puerta-Piñero *et al.*, 2014). La especie encontrada en cada punto se anotó en la cartilla de registro donde tenía la fecha, lugar, sistema de producción y el nombre común (Anexo 2). La identificación de especies deseables y no deseables se realizó de acuerdo a la clasificación de Oliva *et al.* (2017).



Figura 4. Composición florística en los diferentes ASP y SCA.

^a identificación de especie en AEC, ^b identificación de especie en SCA, ^c especie identificada (lengua de vaca), ^d especie identificada (rye grass), ^e identificación de especies en ADP, ^f identificación de especies en CV, ^g identificación de especies por método del transecto lineal.

2.3.4. Análisis de la productividad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

Se procedió a tomar las muestras al azar del componente forrajero (CF), con la ayuda de un cuadrante de 1 m² y una hoz para luego pesarlo. Se tomó cuarenta muestras por parcela para determinar la producción promedio. El corte se hizo a un promedio de 5 cm del suelo (Ainalis *et al.*, 2006). Además, se pesó todo el forraje verde del área de 1m² para determinar productividad. Se mezcló el CF de los cuadrantes que se cortó y homogenizo, se pesó 1kg para el análisis nutricional realizado en el laboratorio. Considerándose dos épocas: época lluvia (Noviembre 2016 a Abril de 2017 con precipitación 1070.1 mm) y época seca (Mayo a Octubre de 2017 con precipitación 548.7 mm) (INDES-CES, 2017).



Figura 5. Productividad del CF en los ASP con aliso y SCA.

^a lanzamiento del metro cuadrado en la parcela, ^b ubicación del metro cuadrado, ^c corte del CF, ^d identificación de las especies deseables y no deseables, ^{e-f} pesado del CF para el análisis nutricional.

2.3.5. Análisis de la composición nutricional del componente forrajero de los ASP con aliso y sistema a campo abierto

El muestreo se realizó bajo los criterios de la metodología del metro cuadrado, para lo cual se identificó el área (con un marco de tubo de 1 x 1 m). Se lanzó el marco al azar y donde cayó se procedió a cortar el componente forrajero (CF). 1kg fue enviado al laboratorio. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición animal y Bromatología de los Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, considerando los parámetros de: Humedad (H), Energía bruta (EB), Proteína total (PT), Extracto etéreo o grasa (EE), Fibra cruda (FC), Fibra detergente neutra (FDN), Fibra detergente ácida (FDA), Cenizas (C) y extracto libre de nitrógeno (ELN) (Figura 6). Considerándose dos épocas: época de lluvia de Noviembre 2016 a Abril de 2017 y época seca de Mayo a Octubre de 2017.

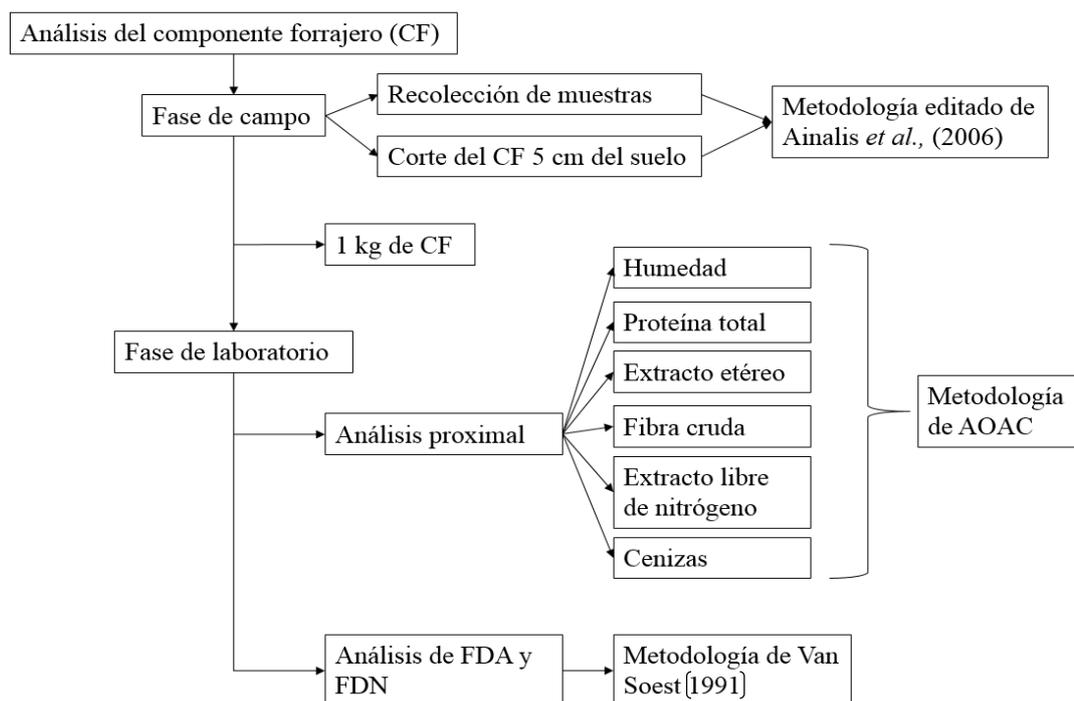


Figura 6. Flujograma de recolección de muestras y análisis del componente forrajero

Tabla 4. Método utilizado según la variable en la recolección de muestras en campo y análisis nutricional en laboratorio, del CF de los ASP con aliso y SCA

Variables		Método
Fase de campo	Recolección de muestras	Metro cuadrado (Ainalis <i>et al.</i> , 2006)
	Humedad	AOAC 925.09
Fase de laboratorio	Proteína total	AOAC 976.05 - Kjeldahl method
	Extracto etéreo	AOAC 920.39 - Soxhlet
	Fibra cruda	AOAC 978.10
	Fibra detergente neutro	Van Soest (1991)
	Fibra detergente ácido	Van Soest (1991)
	Extracto libre de nitrógeno	AOAC 923.03
	Cenizas	AOAC 942.05

Fuente: Laboratorio de Nutrición animal y Bromatología de los Alimentos

Para la determinación de materia seca se pesó 100 g de muestra del CF en una caja previamente tarada. Se colocó a la estufa por 24 horas a temperatura de 65 °C. Pasado este tiempo se sacó la caja con el contenido y se pesó y por diferencia se obtuvo el contenido de materia seca.

Para proteína cruda, a). La digestión, para ello se pesó 1 g de muestra en papel filtro y se agregó 5 g de catalizador en un tubo de digestión. Después se agregó 12 ml de H_2SO_4 más 3 ml de N_2O_2 al 30%. Se colocó los tubos en el bloque digestor. Luego se adiciono 10 litros de agua con 20 g de Na_2CO_3 y se puso en funcionamiento la bomba de vacío y el sistema de extracción de humus. Se realizó en tres pasos: primero 125 °C por 30 minutos extrayendo humedad, segundo 300 °C por 30 minutos para el control de humus blancos, y tercero 400 °C por 90 minutos para la mineralización del amoniaco. b). Destilación automática, para ello se midió 25 ml de agua destilada en cada tubo y se llevó al destilador. Se adicionó 75 ml de NaOH, se programó dosificar al colector 55 ml de indicador de ácido bórico para recibir el destilado. Finalmente, se tituló. c). el borato de amonio recibido en el colector o matraz Erlenmeyer, se tituló con HCl y con H_2SO_4 .

Para la determinación del extracto etéreo o grasa, se puso a secar vasos de aluminio a 103 °C por 30 minutos y luego enfriar a temperatura ambiente y pesarlos. Se pesó 3 g de muestra en papel filtro, se llevó los papeles filtros al extractor de grasa. Luego se agregó 50 ml de éter de petróleo a cada muestra y se dio inicio al proceso de extracción (3 horas) a 120 °C. Pasado este tiempo se sacó y se pasó a una estufa a 103 °C, por 3 horas para eliminar algún residuo del solvente. Finalmente, se retiró los vasos de la estufa con el contenido de la grasa a un desecador con desecante hasta enfriar a temperatura ambiente y luego pesarlo.

Para obtener los valores de fibra cruda, se extrajo la grasa con éter de petróleo si su contenido de grasa es mayor a 1%. Se realizó la digestión ácida, para ello se pesó 1 g de muestra sin grasa en crisol de vidrio, luego se agregó 150 ml de H_2SO_4 a 0.255 N, precalentado, 3 - 5 gotas de antiespumante y 5 perlas de vidrio por muestra. Se dejó hervir por 30 minutos, luego filtrar la solución ácida con agua destilada. En la digestión alcalina se agregó 150 ml de solución alcalina por muestra, y se puso a hervir por 30 minutos. Se filtró la solución de hidróxido de sodio con agua destilada. Se lavó tres veces el contenido con 25 ml de acetona y se agito cada muestra por aire comprimido. Se retiró los crisoles del extractor de fibras y se llevó a una estufa a 105 °C

por 3 horas hasta un peso constante para luego llevarlo a un desecador hasta obtener una temperatura ambiente. Este peso es el contenido de fibra más ceniza. Finalmente, se llevó los crisoles a la mufla a 550 °C por 7 horas, obteniendo la cantidad de cenizas.

Para determinar el contenido de fibra detergente neutro se pesó 1 g de muestra en un crisol de vidrio (secado y tarado). Se agregó 150 ml de solución detergente neutra (borato de sodio, EDTA sal di sódica, lauril sulfato de sodio neutro, butanodiol, fosfato di sódico industrial y sulfito de sodio anhídrido) precalentado, 5 gotas de antiespumante, 5 gotas de octanol y perlas de vidrio. Luego se dejó hervir por 60 minutos, para después filtrarlo la solución con agua destilada. Se retiró los crisoles del extractor de fibras y se llevó a una estufa a 105 °C por 3 horas para eliminar la humedad para obtener un peso constante. Finalmente, se colocó la muestra en crisoles para incinerar en una mufla a 550 °C por 7 horas, pasado este tiempo se retiró para ser pesados.

En la obtención de los valores de fibra detergente ácido se pesó 1 g de muestra en crisoles vacíos y libres de humedad, se agregó 150 ml de solución detergente ácida (bromuro de cetiltrimetilamonio, ácido sulfúrico) precalentado. 5 gotas de antiespumante y perlas de vidrio para hervir por 60 minutos. Para después filtrarlo la solución con agua destilada. Se retiró los crisoles del extractor de fibras y se llevó a una estufa a 105 °C por 3 horas para eliminar la humedad para obtener un peso constante. Finalmente, se colocó la muestra en crisoles para incinerar en una mufla a 550 °C por 7 horas, pasado este tiempo se retiró para ser pesados.

En la determinación de las cenizas, se colocó la cápsula en la estufa a 105 °C. Se pesó 2 g de muestra y se llevó a la mufla para la incineración a 550 °C por 8 horas, hasta que estén cenizas blancas o grisáceas. Por último, se dejó enfriar y se pesó.

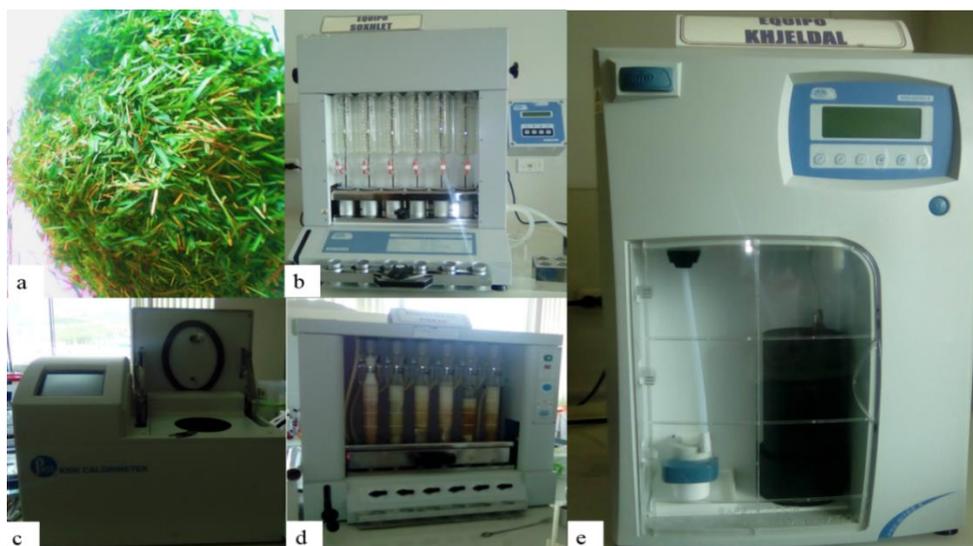


Figura 7. Equipos para el análisis nutricional del CF, ^a CF picado, ^b equipo soxhlet, ^c bomba calorimétrica, ^d digestor de fibras, ^e equipo khjeldal

2.3.6. Comparación de la rentabilidad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

Se realizó de acuerdo a la metodología de Santacruz *et al.* (2013). Donde se calculó la productividad del componente forrajero (CF) por hectárea y multiplicando con el precio por kilogramo, obteniendo la rentabilidad por ha/corte. El precio por kilogramo de forraje verde considerado para el cálculo fue de S/. 0.06 por kilogramo, el cual fue determinado con una productividad estimada de 0.5 kilogramos de forraje verde por metro cuadrado siendo 5,000 kg/ha/corte, vendiéndose a un precio de S/. 300.00 en Molinopampa (Oliva, 2018. Comunicación personal). Es de hacer notar que en este estudio la edad de corte del CF fue de 60 días, con un máximo de seis cortes al año.

2.3.7. Análisis de los factores ambientales (temperatura y humedad) en los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

Se trabajó con termohigrómetros datalogger (TENMARS TM 305U). Se instaló uno por cada arreglo silvopastoril (ASP) con aliso y sistema a campo abierto (SCA). En cada arreglo se instaló entre árbol y árbol a una altura de 1.50 m, debido a que es la estatura promedio de los vacunos. En SCA se instaló a la mitad de la parcela a la misma altura de los que se ubicaron en los

arreglos. El equipo fue programado para que registre las medidas cada cuatro horas. La toma de datos fue desde Julio hasta Octubre del 2017.

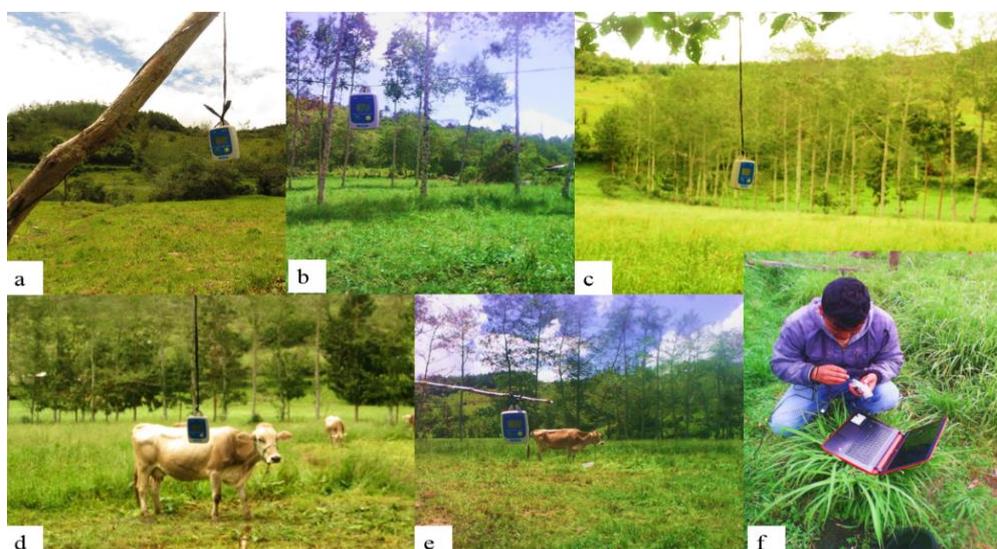


Figura 8. Medición de temperatura ambiental y humedad relativa en los ASP con aliso y SCA ^a instalación del termohigrometro en SCA, ^b termohigrometro en AEC, ^c termohigrometro en CV, ^{d-e} termohigrometro a la altura promedio de la cruz del vacuno, ^f descarga de los datos de los termohigrometros en campo.

2.3.8. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos: sistema a campo abierto (SCA), cercas vivas (CV), árboles dispersos en potrero (ADP) y árboles en callejones (AEC); con cuatro repeticiones, una repetición por caserío (Molinopampa, Santa Cruz del Tingo, Pumahermana y Ocol), los mismos que fueron considerados como bloques. Con nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los datos se procesaron con el análisis de varianza y en caso de detección de diferencia significativa se aplicó la prueba de comparaciones múltiples. Se verificó los supuestos (normalidad y homogeneidad), en caso que no cumplió se realizaron transformaciones logarítmicas para reunir las condiciones de distribución normal y los que no cumplieron los supuestos se trabajó con pruebas no paramétricas (U de Mann-Whitney). Para determinar el análisis de varianza, se utilizó el paquete estadístico SSPS versión 15.0 para Windows, versión prueba.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización de los arreglos silvopastoriles

3.1.1. Del productor

En promedio para los cuatro caseríos se encontró que cada productor pecuario tiene un área promedio de 14.0 ha de terreno por familia. De los cuales 8.0 ± 0.4 hectáreas son utilizadas para la producción de componente forrajero (CF) naturales, 2.6 ± 0.5 hectáreas son destinadas a CF cultivados y los otros 3.4 ± 0.8 hectáreas restantes se encuentran sin cultivar o bosque (Figura 9). Además, los productores usan mayor área para la instalación de CF, posiblemente esto se debe a que el distrito de Molinopampa es una cuenca ganadera y a que sus principales ingresos se debe a la actividad ganadera.

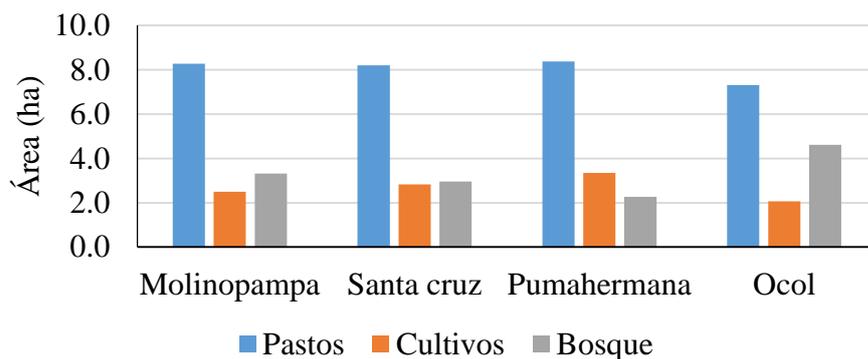


Figura 9. Área de terreno por productor encuestado de cada caserío.

3.1.2. Componente arbóreo

El componente arbóreo está conformado por: *Alnus acuminata* (aliso), *Cedrela odorata* L (cedro), *Cupressus macrocarpa* (ciprés), *Pinus patula* (Pino), *Eucalyptus camaldulensis* (eucalipto) y especies nativas como *Ceroxylon peruvianum* Galeano (pona). La edad promedio de los árboles de aliso existentes en los caseríos de Molinopampa, Santa Cruz del Tingo, Pumahermana y Ocol, fueron de 6.3 ± 1.1 años, 5.7 ± 1.2 años, 6.0 ± 1.5 años y 5.6 ± 1.3 años respectivamente. La existencia de arreglos silvopastoriles en el distrito de Molinopampa, está compuesto principalmente por un 51% de

Cercas vivas, 41% de árboles dispersos en potreros y 8% de árboles en callejones (Oliva, 2016a). El 48% fue cultivado por el productor por brinzales, el 33% crecieron naturalmente de la semilla de las plantas de alisos y 19% son árboles que fueron donados por instituciones.

La instalación de los ASP en cercas vivas es utilizada para la delimitación de potreros, instalados mayormente a una distancia de 2 metros entre árboles. En algunos casos los productores colocan alambre de púas entre los árboles para evitar que el ganado salga de la parcela.



Figura 10. Cercas vivas.

Los árboles dispersos en potreros, son árboles que en su mayoría no han sido instalados. Son plantas seleccionadas que han crecido naturalmente dentro de la parcela, encontrándose de manera desordenada y sin distanciamiento entre plantas conocido. Además, el productor lo selecciona tomando en consideración los tallos erectos, libre de plagas y enfermedades.



Figura 11. Árboles dispersos en potreros.

Los árboles en callejones son los menos utilizados en este tipo de arreglos silvopastoriles, porque necesita del cuidado para su buen desarrollo de los árboles. Además, este tipo de arreglos no lo instalaron los mismos productores, sino con la ayuda de instituciones como el Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP) y la ONG Cultura y Naturaleza Internacional (NCI). Esto fue parte de trabajos que realizaron para la reducción de la ganadería en áreas de Conservación Comunal Taulía Molinopampa. Este tipo de arreglos se encuentran a distancias de 2 metros entre plantas y 15 metros entre callejones.



Figura 12. Árboles en callejones.

3.1.3. Componente forrajero (CF)

De acuerdo a las observaciones en campo, el distrito de Molinopampa tiene un relieve variado con terrenos planos y generalmente colinas de corta pendiente. En promedio, los productores pecuarios de los cuatro caseríos encuestados el 72% utiliza yunta, lampa o ambos y el 28% no realiza la instalación de CF como se observa en la Figura 13. Esta variabilidad entre caseríos respecto a la instalación del CF, puede deberse al nivel socioeconómico y cultural de los productores.

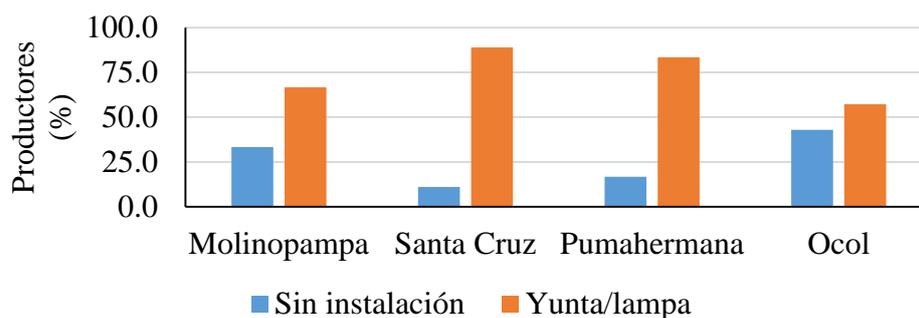


Figura 13. Porcentaje de productores que realizan instalación de CF de acuerdo a los caseríos con parcelas de ASP de aliso y SCA.

Con respecto a las especies forrajeras utilizadas el 28% de los productores pecuarios poseen CF naturales, el 13% tiene solamente rye grass y el 59% tiene algún tipo de asociación de rye grass, trébol, oவில், siso, nicarion, etc. Esto se puede observar en la Figura 14. Los promedios de la edad de corte del CF para Molinopampa, Santa Cruz del Tingo, Pumahermana y Ocol son 60.1 ± 1.3 días, 59.3 ± 2.5 días, 60.0 ± 1.3 días, y 59.4 ± 1.5 días respectivamente. En estos caseríos existe mayor porcentaje de asociaciones de CF, posiblemente se deba a los beneficios nutricionales que aporta a la ganadería. Habiendo una reducción del monocultivo del rye grass. Respecto al CF naturales posiblemente exista una tendencia a reducirse con el incremento de las parcelas asociadas.

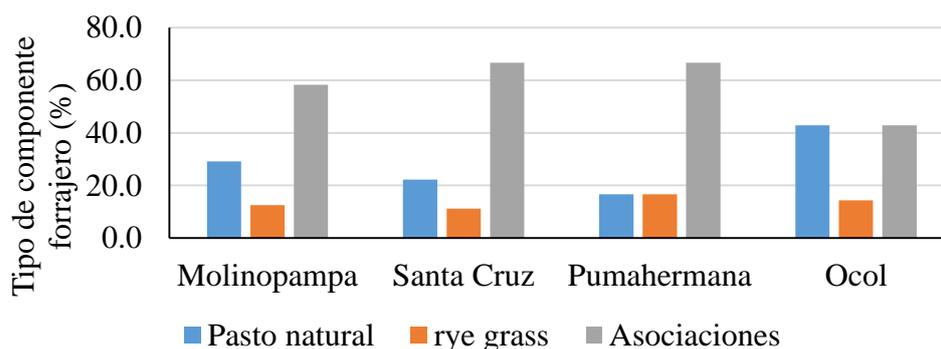


Figura 14. Porcentaje de tipo del CF de acuerdo a los caseríos con parcelas con ASP de aliso y SCA.

En promedio para los productores pecuarios de los cuatro caseríos encuestados, el 63% de productores compran sus semillas de Molinopampa, Chachapoyas y Cajamarca, y el 37% de productores no compra semilla si no

que realizan colecta de semilla de sus parcelas (Figura 15). El porcentaje de productores que compran semillas es mayor al porcentaje de los que no compran, posiblemente esté relacionado con la mayor proporción de parcelas con CF asociados.

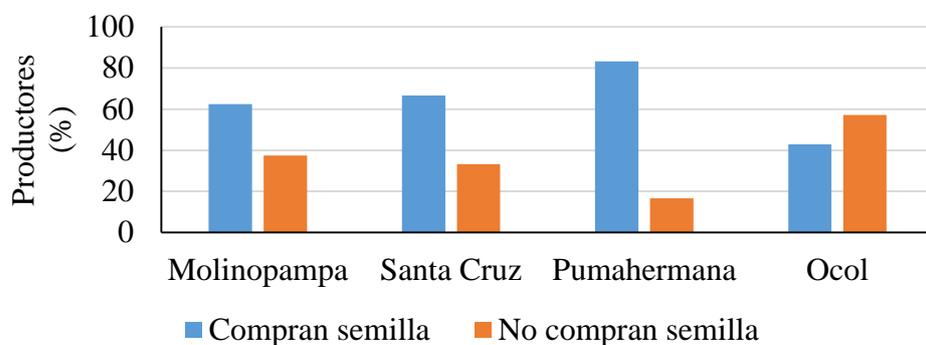


Figura 15. Porcentaje de productores por caserío que compran semilla de CF para los ASP con aliso y SCA.

En la Figura 16 se observa el promedio de los cuatro caseríos, de cómo aplican los fertilizantes para el CF. El 70% no fertiliza, el 13% aplica fertilizantes solos como: guano de isla, roca fosfórica, gallinaza y cal agrícola; y el 17% aplica fertilizantes combinados como: cal agrícola con gallinaza; roca fosfórica con gallinaza; roca fosfórica con guano de isla; gallinaza con roca fosfórica y guano de isla.

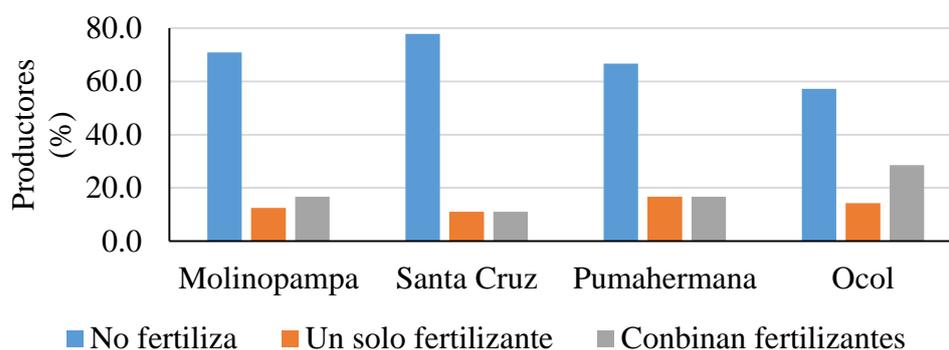


Figura 16. Porcentaje de productores que usan fertilizante para el CF por cada caserío.

El 91.3% no riegan sus parcelas y solo el 8.7% riegan a las parcelas instaladas de CF como se ve en la Figura 17, esto es en promedio para los cuatro

caseríos que se realizó la investigación, esto posiblemente se deba a que son zonas húmedas y el suelo siempre permanece húmedo.

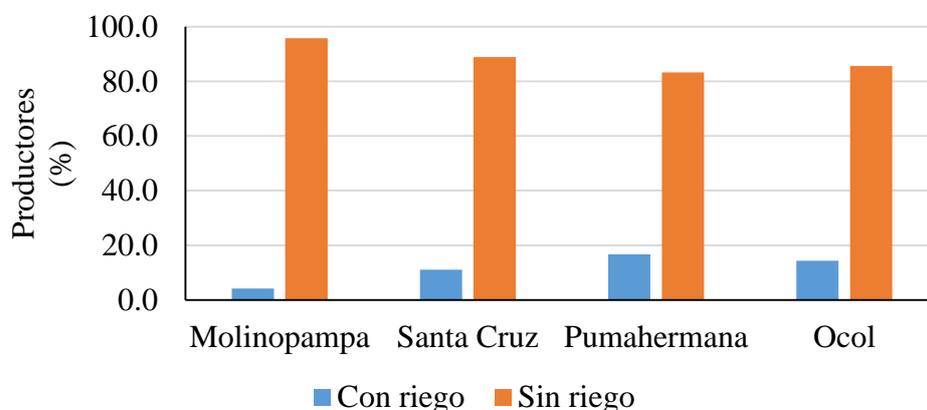


Figura 17. Porcentaje de productores que hacen uso de riego en las parcelas del CF.

3.1.4. Ganadería

La raza del ganado que predomina es la Brown Swiss con 50%, seguido de Fleckvieh con 28% y el 22% son otras razas (Figura 18). Esto es en promedio para los cuatro caseríos. Esta raza abunda en la zona posiblemente debido a que es un animal con características de rusticidad y adaptabilidad para ese clima o características productivas de doble propósito.

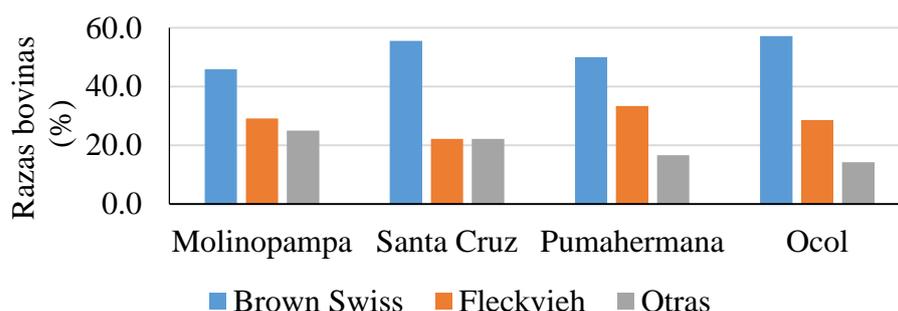


Figura 18. Porcentaje de razas bovinas por cada caserío evaluado.

La producción promedio de leche es de 8.2 ± 0.3 litros/vaca/día (Figura 19). Los caseríos muestran una similitud en la producción de leche diario por vaca, posiblemente debido a que la raza Brown Swiss predomina sobre las otras razas y el manejo sea similar en ellas. El promedio de cabezas de

ganado por productor pecuario de los cuatro caseríos es de 6.3 ± 0.7 , esto lo podemos observar en la Figura 19. El productor del caserío de Ocol muestra superior en número de cabezas de ganado en comparación con el caserío de Pumahermana. Esto se evidencia posiblemente a que el productor de Ocol se dedica más a la crianza de ganado bovino.

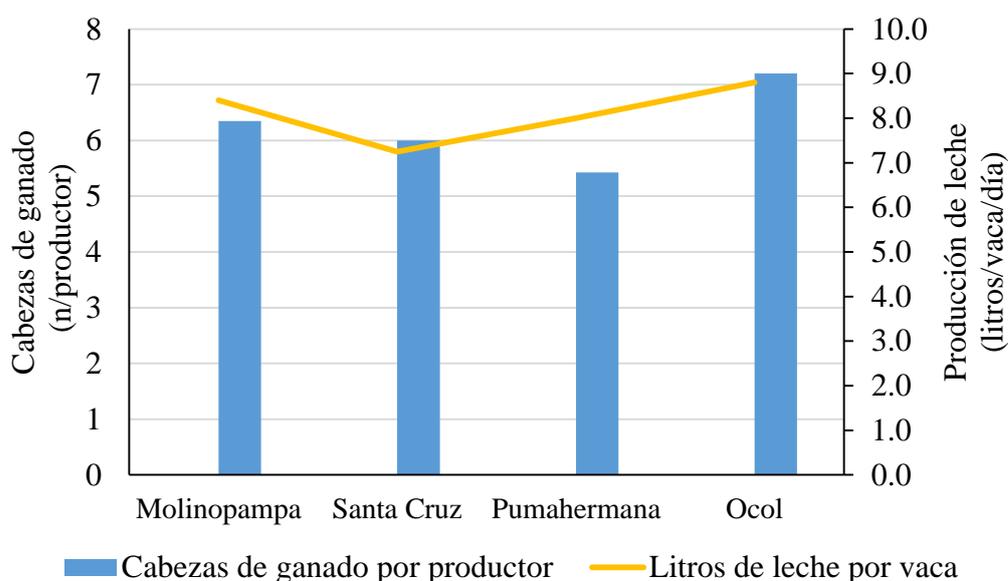


Figura 19. Número de cabezas de ganado bovino por productor y producción de leche en litros por vaca día por cada caserío evaluado.

3.2. Análisis de las características físico-químicas del suelo de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

3.2.1. Características físicas del suelo

Textura. Es una fracción gruesa cuyo diámetro es mayor que 2 mm (canto y grava) y una fracción fina cuyo diámetro es menor que 2 mm (arena, limo y arcilla). La fracción gruesa se compone de rocas ígneas o sedimentarias que han sufrido un proceso de meteorización incompleto mientras que la fracción fina se compone de partículas cuya meteorización ya está completa (Porta *et al.*, 2003). El suelo en sistemas a campo abierto (SCA) como los arreglos silvopastoriles (ASP) presentan textura franca (arena, arcilla y limo) ver tabla 5. Los suelos de textura arenosa permiten un adecuado drenaje y la

movilización de los iones en el perfil del suelo. Los suelos de textura arcillosa tienen la característica de inhibición momentánea de la infiltración de agua (el agua de riego es absorbida por las arcillas y esto impide que el agua se filtre). Los suelos de textura limosa son el equilibrio entre estos dos (Fox, 2013).

Tabla 5. Clase textural del suelo de los ASP con aliso y SCA

Sistema de producción o pastoreo	Análisis mecánico			Clase textural
	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	
SCA	54.00	21.30	24.70	Fr.Ar.A ¹
	55.30	24.00	20.70	Fr.Ar.A ¹
	39.30	30.00	30.70	Fr.Ar. ²
	49.30	24.00	26.70	Fr.Ar.A ¹
ADP	49.30	32.70	18.00	Fr. ³
	48.00	19.30	32.70	Fr.Ar.A ¹
	41.30	20.00	38.70	Fr.Ar. ²
	40.00	17.30	42.70	Ar. ⁴
AEC	45.30	28.00	26.70	Fr. ³
	61.30	18.00	20.70	Fr.Ar.A ¹
	55.30	14.00	30.70	Fr.Ar.A ¹
	59.30	18.70	22.00	Fr.Ar.A ¹
CV	45.30	30.00	24.70	Fr. ³
	57.30	8.00	34.70	Fr.Ar.A ¹
	60.00	15.30	24.70	Fr.Ar.A ¹
	39.30	18.00	42.70	Ar. ⁴

¹ Franco Arcilloso Arenoso, ² Franco Arcilloso, ³ Franco, ⁴ Arcilloso.

Compactación del suelo. El sistema a campo abierto (SCA) presentó valores de compactación superiores a los arreglos silvopastoriles (ASP). Se observó diferencias significativas entre las parcelas estudiadas ($p < 0.05$) en la Tabla 6 y Figura 20. Estas diferencias es posiblemente a que los ASP con aliso ayudan en la formación de poros por medio de las raíces, reduciendo la compactación ya sea directa e indirectamente. El SCA muestra valores más altos esto se puede deber a que son sistemas tradicionales, monocultivos, donde la radiación solar y la lluvia cae directamente al suelo.

Tabla 6. Compactación del suelo de los ASP con aliso y SCA en (psi), (n = 40)

ID	AEC	ADP	CV	SCA
Compactación (psi)	52.48±11.11 ^a	108.63±14.02 ^b	138.15±12.74 ^c	209.30±26.68 ^d

^{abcd} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$), con la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, n = número de muestras por sistema de producción o pastoreo

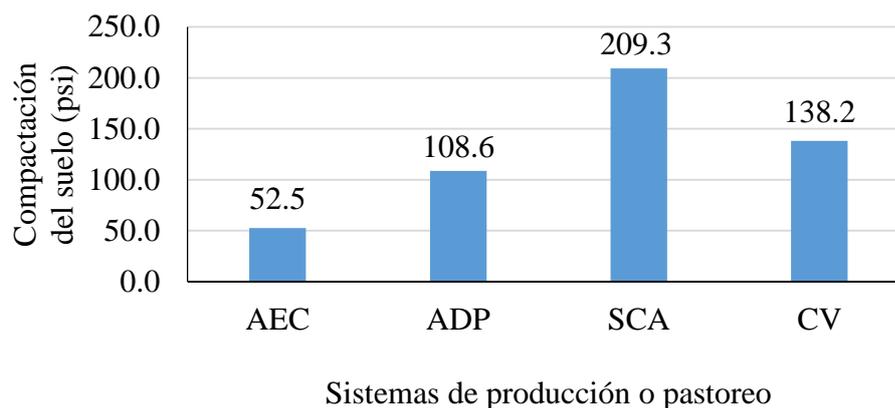


Figura 20. Compactación del suelo de los ASP con aliso y SCA.

3.2.2. Características químicas del suelo

No se evidenció diferencias significativas ($p > 0.05$) en las características químicas del suelo: pH con rango de 5.4 hasta 6.3, siendo ligeramente ácido, conductividad eléctrica, fósforo con evidencia de superioridad en árboles en callejones (AEC) (9.68 ppm), potasio con rango de 169.08 ppm hasta 224.94 ppm, carbono con rango de 2.33% hasta 3.64%, presentando evidencia de superioridad en AEC, materia orgánica con rango de 4.01% hasta 6.28%, evidenciando superioridad los AEC, se evidenció superioridad en AEC para nitrógeno (0.31%), siendo superior a los otros arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto; además, no se observó diferencias ($p > 0.05$) para capacidad de intercambio catiónico, cationes cambiabiles (calcio, magnesio, potasio, sodio, aluminio), como se observa en la tabla 7.

Tabla 7. Características químicas del suelo de los ASP con aliso y SCA, (n = 4)

Variable	ADP	SCA	AEC	CV	p>0.05
pH ¹ (1:1)	5.4±0.80	5.9±0.49	6.3±1.05	6.3±0.67	NS
CE ² (mS/m)	0.15±0.11	0.11±0.05	0.18±0.16	0.32±0.12	NS
P ³ (ppm)	6.97±5.41	4.18±2.02	9.68±6.71	2.28±0.12	NS
K ⁴ (ppm)	169.08±66.4	224.94±131.4	214.99±103.7	157.67±34.9	NS
C ⁵ (%)	3.26±1.31	2.33±0.59	3.64±0.47	3.27±1.11	NS
MO ⁶ (%)	5.63±2.27	4.01±1.02	6.28±0.82	5.63±1.93	NS
N ⁷ (%)	0.28±0.11	0.20±0.05	0.31±0.04	0.28±0.10	NS
CIC ⁸ (mEq/100g)	25.4±12.87	32.2±3.66	28.62±9.53	32.95±2.81	NS
Ca ⁹ (mEq/100g)	15.43±13.43	19.06±6.18	20.49±11.39	25.41±5.79	NS
Mg ¹⁰ (mEq/100g)	1.25±0.92	1.27±0.65	1.57±0.61	1.17±0.57	NS
K ¹¹ (mEq/100g)	0.39±0.17	0.57±0.37	0.53±0.27	0.34±0.09	NS
Na ¹² (mEq/100g)	0.26±0.06	0.33±0.08	0.26±0.08	0.27±0.09	NS
Al+H ¹³ (mEq/100g)	0.38±0.37	0.25±0.42	0.075±0.15	0.095±0.12	NS

NS = No significativo al (p>0.05), con la prueba de efecto inter sujetos (Tukey), ¹ Potencial de hidrogeno, ² Conductividad eléctrica, ³ Fósforo, ⁴ Potasio, ⁵ Carbono, ⁶ Materia orgánica, ⁷ Nitrógeno, ⁸ Capacidad de intercambio catiónico, ⁹ Calcio, ¹⁰ Magnesio, ¹¹ Potasio, ¹² Sodio, ¹³ Aluminio, n = número de muestras por sistema de producción o pastoreo

3.3. Análisis de la composición florística de los arreglos silvopastoriles con Aliso y sistema a campo abierto

El SCA presentó 10 familias, y en los arreglos silvopastoriles (AEC, ADP y CV) se encontraron 9 familias (Figura 21). Dentro de las familias encontradas, las Poaceae son las que se encontraron con mayor abundancia en especies como *Lolium multiflorum* (Rye grass italiano), *Dactylis glomerata* L (Pasto ovido), *Setaria sphacelata* (Nicarion), *Pennisetum clandestinum* (Kikuyo), *Brachiaria brizantha* (Gramma colorada), *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. (Pajilla), *Paspalum bonplandianum* Flugge (Lino) y *Paspalidium geminatum* (Forssk.) Stapf (Pata de gallina). Seguidas de Asteraceae con las especies *Taraxacum officinale* (Diente de león), *Philoglossa mimuloides* (Siso) y *Ageratina azangaroensis* (Ageratina). En la familia botánica de las Fabaceae se encontraron las especies *Trifolium repens* (Trébol blanco) y *Trifolium pratense* (Trébol rojo). La

Polygonaceae aportó una especie que es la *Rumex obtusifolius* (Lengua de vaca), y en la agrupación de otras familias están la Equisetaceae, Primulaceae, Thelypteridaceae, Araliaceae y Verbenaceae, Anexo 3 y 4.

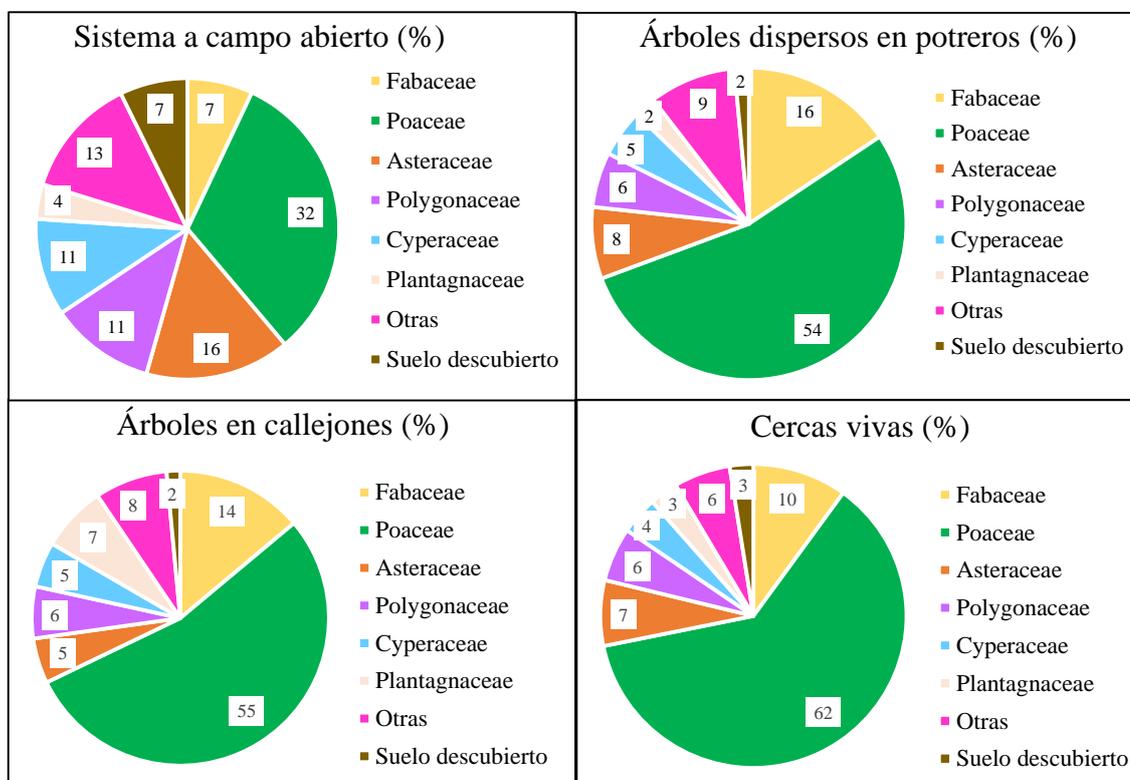


Figura 21. Abundancia de familias y suelo descubierto encontrado en los ASP con aliso y SCA.

Especies deseables, especies no deseables (malezas) y menor presencia de cobertura vegetal

En los AEC se encontró el 71% de especies deseables para la ganadería, seguido de los arreglos silvopastoriles CV con 70%. En los ADP se encontró el 68% de especies deseables. En el último se ubicó los SCA con 43% (Figura 22 y Tabla 8). Para las especies no deseables los SCA presentaron 51%, siendo superior a los ASP. Los AEC y CV son los que presentaron el menor porcentaje de especies no deseables (27%). Para los ADP el porcentajes de especies no deseables fue 30% (Figura 22 y Tabla 9). A pesar que en el SCA se encontró mayor número de familias, la mayoría de estas son especies forrajeras no deseables para el ganado (malezas) (Figura 22).

Tabla 8. Porcentaje de especies deseables

Nombre común	Nombre científico	SCA (%)	ADP (%)	AEC (%)	CV (%)
Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	7	13	12	8
Gramma colorada	<i>Brachiaria brizantha</i>	9	2	2	6
Rey Grass Italiano	<i>Lolium multiflorum</i>	15	19	31	21
Pasto ovilla	<i>Dactylis glomerata L</i>	4	6	8	6
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	1	16	11	16
Nicarion	<i>Setaria sphacelata</i>	0	3	1	5
Trébol rojo	<i>Trifolium pratense</i>	0	3	3	2
Siso	<i>Philoglossa mimuloides</i>	8	7	5	7
Total		43	68	71	70

Tabla 9. Porcentaje de especies no deseables

Nombre común	Nombre científico	SCA (%)	ADP (%)	AEC (%)	CV (%)
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	7	1	1	0
Lengua de vaca	<i>Rumex obtusifolius</i>	11	6	6	6
Piri piri	<i>Cyperus sp. L.</i>	4	3	3	2
Sacha llantén	<i>Plantago lanceolata L.</i>	4	2	7	4
Arvensis	<i>Anagallis arvensis</i>	1	4	4	1
Sombrero	<i>Hydrocotyle humboldtii A. Rich.</i>	3	2	2	1
Pata de gallina	<i>Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf</i>	2	0	0	0
Ageratina	<i>Ageratina azangaroensis</i>	1	0	0	0
Pajilla	<i>Sporobolus indicus (L.) R. Br.</i>	4	0	0	0
Verbena	<i>Verbena litoralis</i>	1	0	0	0
Totorilla	<i>Eleocharis geniculata (L.) Roem. & Schult.</i>	7	2	2	2
Cola de caballo	<i>Equisetum giganteum</i>	4	0	0	0
Elecho	<i>Thelypterys sp. Schmidl</i>	4	3	2	5
Lino	<i>Paspalum bonplandianum Flugge</i>	0	8	1	8
Total		51	30	27	27

En sistema a campo abierto (SCA) se encontró menor presencia de cobertura vegetal (más suelo descubierto) (7%) (Figura 22). La menor presencia de cobertura vegetal (suelo descubierto) para AEC, ADP y CV fue 2%, 2% y 3% respectivamente.

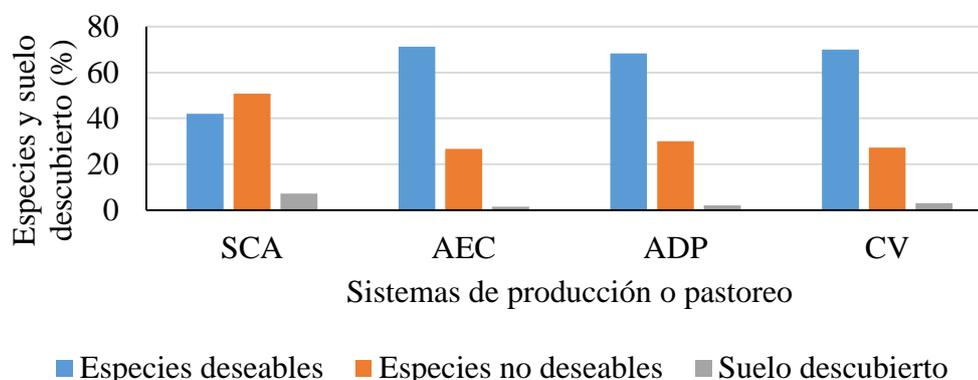


Figura 22. Especies forrajeras deseables y no deseables, menor presencia de cobertura vegetal (suelo descubierto) en los ASP de aliso y SCA.

3.4. Análisis de la productividad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

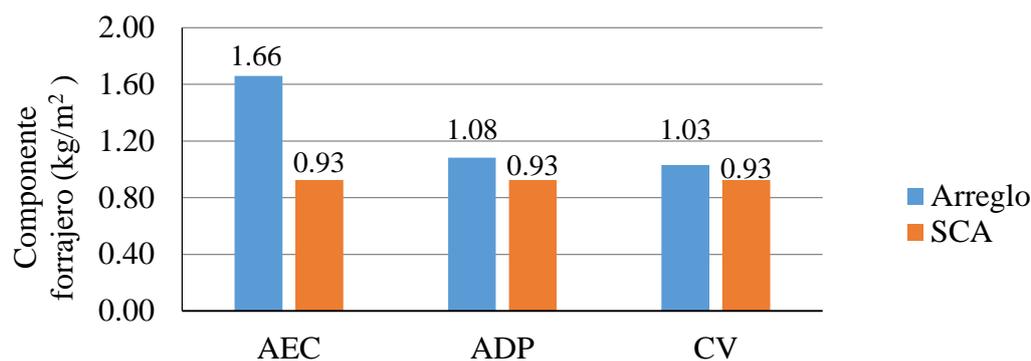
La productividad del componente forrajero (CF) de cada arreglo silvopastoril (ASP) se muestra en la Tabla 10. Se evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$). La mayor productividad del CF se obtuvo de los AEC, seguido de ADP y CV evaluados en época seca y época de lluvia. La menor productividad se obtuvo de SCA (0.93 kg/m^2) respecto a los arreglos silvopastoriles. Esto posiblemente se deba a que los ASP con alisos captan nitrógeno por medio de sus raíces e indirectamente el CF lo aproveche dicho nutriente para su mejor productividad. Por otro lado los ASP presentan mayor contenido de materia orgánica por la descomposición de sus hojas de los alisos. Los AEC evaluados en época de lluvia produjeron 0.21 kg más que en época seca, ADP evaluados en época de lluvia produjeron 0.14 kg más que la época seca, CV produjeron 0.11 kg más en época de lluvia que la época seca y los SCA con 0.19 kg más a favor de la época de lluvia. Esto es kilogramos de CF más por metro cuadrado.

Tabla 10. Productividad del CF (kg/m^2) de los ASP con aliso y SCA, edad promedio de 60 días, ($n = 40$)

	AEC	ADP	CV	SCA
BCF-ELL ¹ (kg/m^2)	1.66 ± 0.23^a	1.09 ± 0.18^b	1.03 ± 0.09^b	0.93 ± 0.10^c
BCF-ES ² (kg/m^2)	1.45 ± 0.24^a	0.95 ± 0.25^b	0.92 ± 0.14^b	0.74 ± 0.14^c

^{abc} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas a $p < 0.05$, con la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. ¹Biomasa del componente forrajero en época de lluvia, ²biomasa del componente forrajero en época seca, $n =$ número de muestras por sistema

En la Figura 23, se observa la comparación de la productividad del componente forrajero (CF) del SCA con respecto a los ASP con aliso, dejándose notar una diferencia de producción del CF. Si se compara la producción de los AEC con SCA hay una diferencia de producción de 0.73 kg , ADP con SCA la diferencia es 0.15 kg de CF, CV con SCA la diferencia es de 0.1 kg de CF por m^2 evaluados en época de lluvia.



Sistemas de producción o pastoreo

Figura 23. Productividad del CF en kg/m² de los ASP con aliso y SCA, a 60 días de edad, en época de lluvia.

En la Figura 24, se observa la comparación de los ASP con aliso con los SCA. Los AEC tienen una producción de 0.71 kg más por metro cuadrado que los SAC, los ADP con 0.21 kg, CV con 0.19 kg más por metro cuadrado que los SCA. Evaluados en época seca.

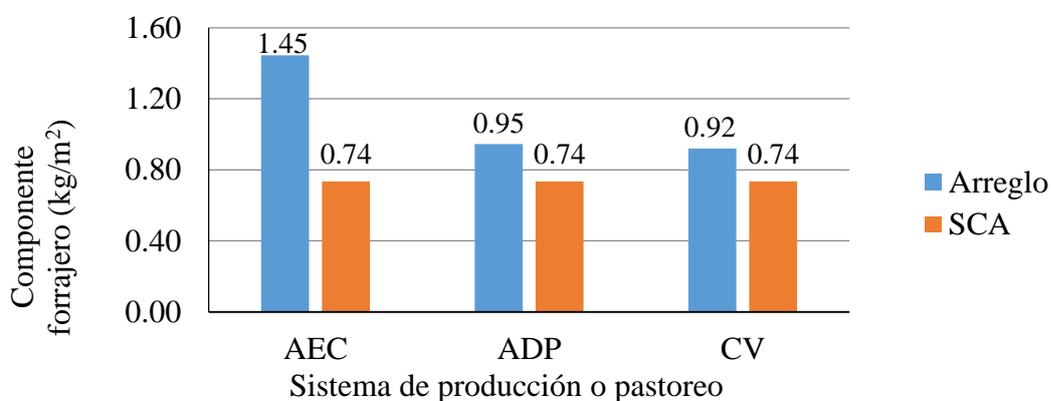


Figura 24. Productividad del CF en kg/m² de los ASP con aliso y SCA, a 60 días de edad, en época seca.

Materia seca

Se evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) para el porcentaje de materia seca del CF en los ASP y SCA en época de lluvia y época seca (Tabla 11). Los ASP mostraron el mayor porcentaje de materia seca frente a los otros sistemas.

Los ADP y CV se evidenciaron estadísticamente similares y superiores a los SCA para la época de lluvia. Los AEC aportan 1.08% de materia seca en época de lluvia más que la época seca, ADP aportan 1.62% a favor para la época de lluvia comparando con la época seca. Los CV difieren 2.33% de materia seca entre épocas y los SCA con 2.18%.

Tabla 11. Materia seca del CF (%) de los ASP con aliso y SCA a edad promedio de 60 días, (n = 4)

	AEC	ADP	CV	SCA
MS-ELL ¹ (%)	21.98±0.62 ^a	20.17±0.17 ^b	20.33±0.26 ^b	19.28±0.22 ^c
MS-ES ² (%)	20.90±0.18 ^a	18.55±0.24 ^b	18.0±0.26 ^c	17.1±0.29 ^d

^{abc} letras diferentes en la fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$), con la prueba de efecto inter sujetos (Tukey). ¹Porcentaje de materia seca del CF evaluado en época de lluvia, ²porcentaje de materia seca del CF evaluado en época seca, n = número de muestras por sistema de producción o pastoreo

3.5. Análisis de la composición nutricional del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

En los ASP y SCA se evidenció diferencias significativas al ($p < 0.05$) para los componentes nutricionales cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, proteína total, extracto libre de nitrógeno y energía bruta en época de lluvia.

Valores promedios de cenizas del CF de los sistemas de producción o pastoreo analizados en época de lluvia mostraron diferencias significativas al ($p < 0.05$) (Tabla 12). Los AEC fueron los que mostraron valores más altos de cenizas, siendo superiores a los otros sistemas. Los ASP con más alto en contenido de cenizas superiores a CV y SCA fueron los ADP, pero inferiores a los AEC. Y los más bajos en contenido de cenizas fueron los SCA. Los promedios del contenido de extracto etéreo (EE) en los SCA evaluados en época de lluvia fueron superiores a los otros sistemas. El CF de los ADP, fueron los segundos más altos en el contenido de extracto etéreo. Los AEC fueron los que evidenciaron valores más bajos de EE, pero superiores a los CV. Además, se evidenció diferencias estadísticas significativas al ($p < 0.05$) (Tabla 12).

Valores promedios de fibra cruda (FC) mostraron diferencias significativas al ($p < 0.05$) (Tabla 12). Los AEC y CV fueron los que evidenciaron valores de FC estadísticamente similares, pero superiores a los sistemas ADP y SCA. Los ADP y SCA mostraron valores promedios de FC estadísticamente similares, evaluados en época de lluvia. Se evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los sistemas para el promedio de proteína total (PT). Presentando valores más altos los AEC frente a ADP, CV y SCA (Tabla 12). Los ADP fueron superiores a los CV y SCA en el contenido de PT, pero inferiores al AEC. Los SCA evidenciaron promedios de PT estadísticamente inferiores a los ASP con aliso en época de lluvia.

En época de lluvia, los promedios de extracto libre de nitrógeno (ELN) evidenciaron diferencias significativas al ($p < 0.05$) (Tabla 12), entre los sistemas. Los SCA y CV mostraron promedios estadísticamente similares, pero promedios superiores a los ADP y AEC. Los promedios más bajos de ELN los presentó los ADP. Los componentes de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) analizados en época de lluvia, no evidenciaron diferencias significativas al ($p < 0.05$) entre los ASP con aliso y SCA (Tabla 12). Valores promedios de energía bruta (EB) analizados en época de lluvia expresaron diferencias significativas al ($p < 0.05$) entre los sistemas. Los AEC y CV fueron los que mostraron mayores valores de EB, siendo superiores a los otros sistemas. Y los valores más bajos de EB se encontraron en SCA y ADP, siendo estos estadísticamente similares entre sí (Tabla 12).

Tabla 12. Análisis nutricional del CF de los ASP con aliso y SCA, analizado en época de lluvia, (n = 4)

	AEC	ADP	CV	SCA
Ceniza (%)	9.78±0.29 ^a	8.15±0.28 ^b	7.42±0.23 ^c	5.92±0.11 ^d
EE ¹ (%)	3.08±0.07 ^c	4.62±0.29 ^b	2.48±0.32 ^d	5.31±0.24 ^a
FC ² (%)	27.23±0.54 ^a	29.57±0.10 ^b	27.18±2.14 ^a	29.45±1.04 ^b
PT ³ (%)	17.39±0.09 ^a	16.02±0.17 ^b	14.80±0.08 ^c	10.92±0.17 ^d
ELN ⁴ (%)	38.79±0.79 ^a	36.50±0.79 ^b	41.18±1.91 ^a	42.55±1.05 ^b
FDN ⁵ (%)	62.06±4.47 ^a	62.20±2.24 ^a	63.13±4.91 ^a	60.32±4.96 ^a
FDA ⁶ (%)	39.51±4.71 ^a	36.48±1.52 ^a	38.19±2.78 ^a	36.95±4.03 ^a
EB ⁷ (kcal/kg)	4864±30 ^a	4528±20 ^b	4613±70 ^a	4555±30 ^b

^{abcd} Letras diferentes en cada fila indican diferencias significativas al (p<0.05), con la prueba de efecto inter sujetos (Tukey). ¹ Extracto etéreo, ² Fibra cruda, ³ Proteína total, ⁴ Extracto libre de nitrógeno, ⁵ Fibra detergente neutro, ⁶ Fibra detergente ácida, ⁷ Energía bruta, n = número de muestras por sistema de producción o pastoreo

El CF de los ASP y SCA presentaron diferencias significativas al (p<0.05) en relación al promedio de cenizas, extracto etéreo, proteína total, fibra detergente ácida y energía bruta analizadas en época seca (Tabla 13).

El CF presente en los AEC y CV resultaron estadísticamente similares y superiores a los otros sistemas al (p<0.05) en el contenido de cenizas evaluadas en época seca (Tabla 13). Valores promedios superiores de extracto etéreo presentó el CF de los ADP y CV, en comparación a los otros sistemas. En el contenido de fibra cruda no se evidenció diferencias entre sistemas de producción o pastoreo.

Niveles de proteína total (PT) del CF de los ASP y SCA evidenciaron diferencias significativas al (p<0.05) analizados en época seca (Tabla 13). El contenido de PT en los AEC fue estadísticamente superior a los otros sistemas, en los ADP y CV se mostraron promedios similares. Los SCA fueron los que presentaron los valores de PT más bajos.

Los componentes de extracto libre de nitrógeno y fibra detergente neutro no evidenciaron diferencias significativas al (p<0.05) analizados en época seca del

CF de los ASP y SCA. Niveles de fibra detergente ácido analizados en el CF de los sistemas mostraron diferencias, siendo superiores el CF de los AEC a los otros sistemas. Los valores promedios de energía bruta encontrados en el CF de los AEC y CV son similares entre sí, pero superiores a ADP y SCA (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis nutricional del CF de los ASP con aliso y SCA, analizado en época de seca (n = 4)

	AEC	ADP	CV	SCA
Ceniza (%)	6.08±0.04 ^a	4.88±0.20 ^c	5.90±0.20 ^{ab}	5.77±0.21 ^b
EE ¹ (%)	4.32±0.12 ^c	5.52±0.31 ^a	5.27±0.15 ^a	4.79±0.09 ^b
FC ² (%)	24.80±3.95 ^a	26.32±2.9 ^a	27.12±3.02 ^a	26.41±3.52 ^a
PT ³ (%)	15.39±0.16 ^a	14.01±0.10 ^b	14.17±0.16 ^b	9.51±0.17 ^c
ELN ⁴ (%)	46.66±3.86 ^a	45.38±2.88 ^a	42.50±3.05 ^a	48.75±3.78 ^a
FDN ⁵ (%)	62.84±2.62 ^a	65.58±2.34 ^a	62.74±2.45 ^a	66.40±5.03 ^a
FDA ⁶ (%)	40.70±1.19 ^a	36.73±1.99 ^b	36.18±0.71 ^b	37.90±1.36 ^b
EB ⁷ (kcal/kg)	4306±10 ^c	4392±3 ^b	4324±30 ^c	4462±10 ^a

^{abcd} Letras diferentes en cada fila indican diferencias significativas al (p<0.05), con la prueba de efecto inter sujetos (Tukey). ¹ Extracto etéreo, ² Fibra cruda, ³ Proteína total, ⁴ Extracto libre de nitrógeno, ⁵ Fibra detergente neutro, ⁶ Fibra detergente ácida, ⁷ Energía bruta, n = número de muestras por sistema de producción o pastoreo

3.6. Comparación de la rentabilidad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

En la Tabla 14, se observa la producción del CF evaluado en época de lluvia de los arreglos silvopastoriles y SCA. La producción de biomasa del CF en AEC fue mayor que SCA en 7340 kg/ha/corte, que en soles sería S/. 440.40 y al año S/. 2,642.40, seguido de ADP fue mayor a SCA en 1578 kg/ha/corte (S/. 94.60 por corte y al año sería S/. 567.90). Y finalmente los CV con diferencias de producción de 1045 kg/ha/corte, que en soles se traduce en S/. 62.70 por corte y al año con S/. 376.20 (Tabla 14).

Tabla 14. Rentabilidad del componente forrajero de los ASP con aliso y SCA, en época de lluvia, edad de corte 60 días

	SCA	AEC	ADP	CV
Producción de CF (kg/ha)	9255	16595	10833	10300
Materia seca (%)	19.28	21.98	20.18	20.33
Producción de MS (kg/ha)	1783.9	3646.8	2185.5	2093.5
Precio kg/forraje verde (FV) (S/.)	0.06	0.06	0.06	0.06
Rentabilidad kg/FV/ha/corte (S/.)	555.3	995.7	650.0	618.0
Diferencia a favor (S/.)	0.0	440.4	94.6	62.7

Los arreglos silvopastoriles, en especial los árboles en callejones (AEC) presentan la mayor producción de biomasa del componente forrajero (CF) y materia seca (MS). Los AEC tuvieron mayor producción de biomasa del CF comparado a SCA en 7,105 kg/ha/corte, que en soles sería S/. 426.30 y al año S/. 2,557.80, seguido de los ADP con producción mayor a SCA en 2098 kg/ha/corte (S/. 125.90 por corte y al año sería S/. 755.10). Y finalmente los CV con diferencias de producción de 1855 kg/ha/corte en comparación a los SCA, que en soles se traduce en S/. 111.30 por corte y al año con S/. 667.90 (Tabla 15). Estas comparaciones es con respecto al SCA y con seis cortes al año, la edad de corte del CF se realiza a los 60 días.

Tabla 15. Rentabilidad del componente forrajero de los ASP con aliso y SCA, en época seca, edad de corte 60 días

	SCA	AEC	ADP	CV
Producción de CF (kg/ha)	7353	14458	9450	9208
Materia seca (%)	17.10	20.90	18.55	18.00
Producción de MS (kg/ha)	1257.3	3021.6	1753.0	1657.4
Precio kg/ forraje verde (FV) (S/.)	0.06	0.06	0.06	0.06
Rentabilidad kg/FV/ha/corte (S/.)	441.2	867.5	567.0	552.5
Diferencia a favor (S/.)	0.0	426.3	125.9	111.3

3.7. Análisis de los factores ambientales (temperatura y humedad) en los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

3.7.1. Temperatura

Se evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los sistemas de producción o pastoreo para el promedio de temperatura medida a las 12:00 pm. Presentando valores más altos los sistemas a campo abierto (SCA) frente a los arreglos silvopastoriles (ASP) (Figura 25 y Anexo 13). Los ASP con temperatura promedio más baja fueron los árboles en callejones (AEC). Registros promedios de temperatura tomados a las 16:00 pm en los sistemas de producción o pastoreo mostraron diferencias significativas al ($p < 0.05$) como se ve en el Anexo 13. Los SCA fueron los que registraron mayores valores de temperatura, siendo superiores a los ASP. El segundo en registrar valores más altos fueron los CV y los más bajos registros fueron los AEC, (Figura 25).

A las 20:00 pm, los promedios de temperatura evidenciaron diferencias significativas al ($p < 0.05$) entre los sistemas de producción o pastoreo, Anexo 13. Siendo los registros más altos en los CV, seguido de los SCA. Los registros más bajos los presentó los AEC (Figura 25). En los SCA, se registraron promedios de temperatura más bajos a las 00:00 am. Los AEC registraron temperaturas promedio más altos, seguidos de los ADP. A esta hora se evidenció diferencias significativas al ($p < 0.05$) (Figura 25 y Anexo 13).

Registros promedios de temperatura tomados a las 04:00 am en los sistemas de producción o pastoreo mostraron diferencias significativas al ($p < 0.05$) como se observa en el Anexo 13. Los AEC fueron los que registraron mayores valores de temperatura, siendo superiores a los otros sistemas. El segundo en registrar valores más altos fueron los ADP. Y los más bajos registros fueron los SCA (Figura 25). Los promedios de temperatura en los AEC registrados a las 08:00 am fueron superiores a los otros sistemas de producción o pastoreo. Los ADP y SCA fueron los sistemas que registraron

temperatura similar. Los CV fueron los que registraron valores más bajos de temperatura. Entre sistemas de producción se evidenció diferencias estadísticas significativas al ($p < 0.05$) (Figura 25 y Anexo 13).

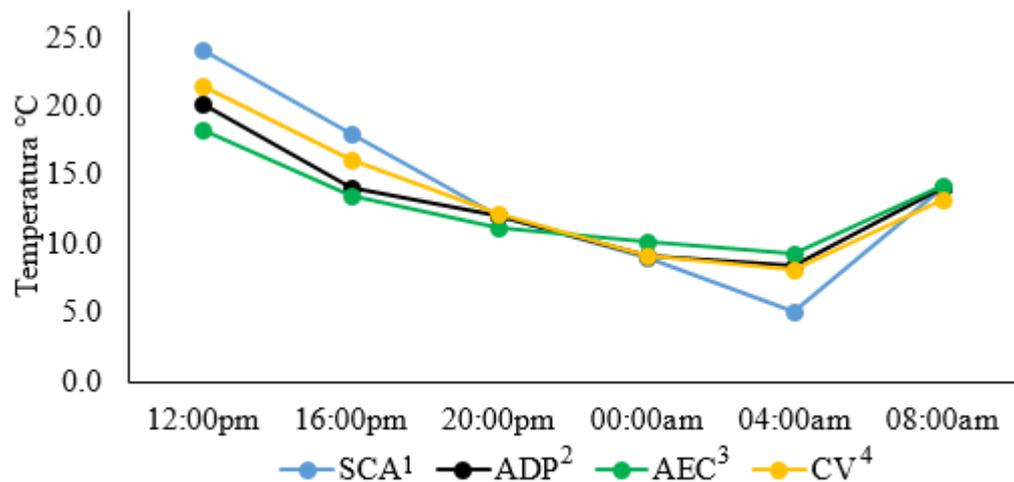


Figura 25. Registro de temperatura promedio en los ASP con aliso y SCA, tomados cada cuatro horas.

¹Sistema a campo abierto, ²árboles dispersos, ³árboles en callejones, ⁴cercas vivas

3.7.2. Humedad

Los ASP y SCA presentaron diferencias significativas al ($p < 0.05$) en relación a la humedad relativa medida a las 12:00 pm (Figura 26 y Anexo 14). Los ADP fueron los que presentaron valores de humedad relativa promedio superiores a los otros sistemas de producción o pastoreo. Los CV fueron los segundos con valores más altos frente a los AEC y SCA pero inferior a ADP. Los sistemas con valores de humedad más bajos fueron los SCA.

Los promedios de humedad relativa registrados a las 16:00 pm, entre sistemas de producción o pastoreo evidenciaron diferencias significativas al ($p < 0.05$) (Figura 26 y Anexo 14). Los AEC fueron los que registraron datos superiores frente a los SCA y CV. Los SCA registraron datos superiores frente a los CV, pero inferiores a de los ADP y AEC. Los AEC fueron los que registraron valores de humedad más altos que los otros sistemas de producción. A las 20:00 pm los AEC registraron valores de humedad relativa superiores a los

otros sistemas de producción o pastoreo (Figura 26 y Anexo 14). Los ADP fue superior en promedios de humedad relativa en comparación a los SCA y CV, pero inferior a AEC. Los CV registraron valores de humedad inferior frente a los otros sistemas de producción.

Los valores de humedad relativa medidas a las 00:00 am, presentaron diferencias significativas al ($p < 0.05$) (Figura 26 y Anexo 14). Donde, los AEC fueron los que registraron valores superiores frente a los otros sistemas. Las CV y ADP registraron valores estadísticamente iguales, pero superiores a los SCA. Registros promedios de humedad relativa tomados a las 04:00 am en los sistemas de producción o pastoreo mostraron diferencias significativas al ($p < 0.05$) (Figura 26 y Anexo 14). Los SCA fueron los que registraron mayores valores de humedad, siendo superiores a los ASP. El segundo en registrar valores más altos fueron los ADP. Los ASP con valores superiores de humedad fueron los AEC frente a CV, pero inferiores a los otros sistemas.

Los promedios de humedad relativa en los AEC registrados a las 08:00 am fueron superiores a los otros sistemas de producción o pastoreo. Los SCA fueron los que registraron valores superiores a los ADP y CV, pero inferiores a los registrados por los AEC. Los ADP fueron los que registraron valores más bajos de humedad. Se evidenció diferencias estadísticas significativas al ($p < 0.05$) en los sistemas de producción (Figura 26 y Anexo 14).

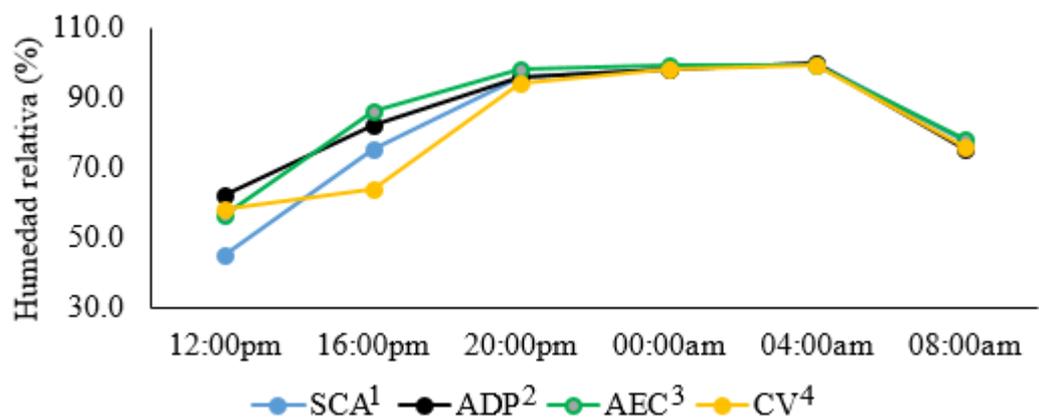


Figura 26. Registros promedios de humedad relativa en ASP con aliso y SCA, tomados cada cuatro horas.

¹Sistema a campo abierto, ²árboles dispersos, ³árboles en callejones, ⁴cercas vivas

IV. DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de los arreglos silvopastoriles

Ganadería

La actividad principal a la que se dedican los involucrados en dicho estudio es la ganadería y luego la agricultura. La DRAA, (2015) reporta que la de crianza de ganado vacuno predomina sobre ovino o porcino, destacándose que hay alrededor de ocho mil cabezas de ganado, 2,918 son vacas en producción durante el año. El promedio de producción de leche es de 8.1 litros /vaca/día. Esto es superior al reporte del INEI, (2012) (6 litros/vaca/día). Este incremento posiblemente se deba a que cada año hay una tendencia a la introducción de nuevas razas, el mejoramiento genético mediante inseminación artificial, la construcción de instalaciones para el ordeño y la manipulación adecuada de la leche fresca (APROCOM, 2015).

Además, los terneros en crecimiento, los machos adultos y las vacas que no están en producción se alimentan en parcelas con CF naturales y las vacas que están en producción y los que se destina para el mercado son alimentados en las parcelas con CF cultivados. (APROCOM, 2015)

Componente forrajero (CF)

El CF de los caseríos estudiados, el 28% son CF naturales, 13% son parcelas instaladas con rye grass y el 59% son asociaciones. Esto corrobora la investigación realizado por Oliva *et al.* (2015) quienes indican que la capacidad de usos de los suelos es de 11,363.75 ha aptas para la producción del componente forrajero. De las cuales 1,543.58 ha son destinadas a CF cultivados. Además, la DRAA, (2015) quienes indican la campaña agrícola que realizó en 2014-2015, la producción del CF en el distrito de Molinopampa fue de 17,819.00 toneladas.

En relación a la actividad de abonamiento del componente forrajero, el 83% de productores no lo ejecutan, por lo contrario el 17% si llevan a cabo esta actividad. Resultado similar observó Valqui (2016), donde el 76.5% de productores no fertiliza. El 8% aplica fertilizantes solos como: guano de isla, roca fosfórica, gallinaza y cal agrícola; y el 15.5% aplica fertilizantes combinados como: cal agrícola con gallinaza; roca fosfórica con gallinaza; roca fosfórica con guano de isla. Además, el 91.3% de productores evaluados no riegan sus parcelas, y solo un 8.7% realiza la faena de riego, esto posiblemente se deba a sus creencias socioculturales

4.2. Análisis de las características físico-químicas del suelo de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

4.2.1. Características físicas del suelo

Textura: Los suelos analizados de los arreglos silvopastoriles (ASP) y sistema a campo abierto (SCA) presentan textura franco arcilloso arenoso, resultados similares reporta Mellado (2007) quien encontró suelos con textura franco arcillosa a una profundidad de 0 a 11 cm. Siendo esta ideal porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Ayudando a la retención, transporte del agua y de los nutrientes, e intercambio de oxígeno ayudando al desarrollo del CF (Doran y Parkin, 1994).

Compactación del suelo: Se observó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las parcelas estudiadas para la compactación del suelo. El valor más alto de compactación se presentó en SCA (209.30 ± 0.12 psi), y los más bajos en árboles en callejones (AEC) con aliso (52.48 ± 0.29 psi). Los niveles altos de compactación del suelo afectan al crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Keller y Håkansson, 2010). Estas diferencias son posiblemente debido a que los ASP con aliso ayudan en la formación de poros por medio de las raíces y la descomposición de materia orgánica modifica la estructura del suelo, reduciendo la compactación ya sea directa e indirectamente. Los SCA muestran valores más altos esto se puede deber a que son sistemas

tradicionales, monocultivos, eliminando la cobertura vegetal y favoreciendo a la compactación de los suelos, desfavoreciendo a las raíces para su desarrollo (Quiroga y Bono, 2012). Resultados similares encontró Oliva *et al.* (2016b) en SCA con 395 psi, SSP de pino con 136.94 psi, SSP de aliso con 141.50 psi y el bosque natural con 61.44 psi.

4.2.2. Características químicas del suelo

No se evidenció diferencias significativas ($p > 0.05$) en las características químicas del suelo: pH, conductividad eléctrica, fósforo, potasio, carbono, materia orgánica, nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico, cationes cambiables (calcio, magnesio, potasio, sodio, aluminio). Sin embargo, los AEC presentan una tendencia de superioridad en sus concentraciones: fósforo, carbono, materia orgánica, magnesio posiblemente a que la presencia de árboles en las parcelas mejoran la fertilidad del suelo (Sinclair, 1999; Sinclair *et al.*, 2000; McAdam *et al.*, 2009; Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 2009). Además, estudios por Horne y Blair (1991); Belsky (1992) mencionan que la existencia de árboles en los potreros, mejoran de las condiciones físicas y químicas del suelo.

pH: Los resultados para los valores de pH, no evidenció diferencias significativas al ($p > 0.05$) entre las parcelas estudiadas. El rango de pH fue de 5.4 ± 0.8 a 6.3 ± 1.05 , valores indicando que son suelos ligeramente ácidos. Los valores encontrados concuerda con Oliva *et al.* (2016b) reportados en su estudio denominado “Efecto de los sistemas de producción sobre las características físico-químicas de los suelos del distrito de Molinopampa”. Donde el SSP con aliso presentó un pH de 6.18. Es de saber que este parámetro define el umbral para la actividad química y biológica, disponibilidad de nutrientes para la productividad de las plantas (Larson y Pierce, 1994). Además, Smith y Doran (1996); Mellado (2007) mencionan que la mayoría de los nutrientes que necesitan las plantas están disponibles en rangos de pH (6.0-7.5), esto podría estar relacionado con la productividad del CF que en AEC se encontró valores de pH de 6.3 y se ve reflejado en su

mayor productividad en comparación al SCA que tiene valores de pH inferiores a los AEC.

Conductividad eléctrica (CE): Los resultados no muestran diferencias significativas al ($p>0.05$). Donde para el SCA, ADP, AEC y CV, el promedio fue 0.11 ± 0.5 mS/m, 0.15 ± 0.11 mS/m, 0.18 ± 0.16 mS/m y 0.32 ± 0.12 mS/m respectivamente. Resultados similares reportó Oliva *et al.* (2016b), para SSP con aliso fue 0.28 mS/m y en SCA encontró el valor de 0.36 mS/cm., sistema de bosque natural con valores de CE de 0.15 mS/cm y el sistema silvopastoril con pino con valores de 0.16 mS/cm. Las parcelas evaluadas presentan niveles normales para el crecimiento y desarrollo del CF porque según Castellanos (2000), en los suelos con $CE < 1$ no hay presencia de sales libres y no existe restricción para ningún cultivo, siendo importante porque define la actividad microbiológica y de las plantas (Doran y Parkin, 1994; Larson y Pierce, 1994).

Fósforo (P): El fósforo es indispensable en el desarrollo de las plantas porque forma parte enzimas, ácidos nucleicos y proteínas, además está involucrado en procesos de transferencia de energía, es por eso su deficiencia se relaciona con este rol (García *et al.*, 2006). No se evidenció diferencias significativas ($p>0.05$) para los niveles de fósforo disponible, con niveles de 6.97 ± 5.41 ppm, 4.18 ± 2.02 ppm, 9.68 ± 6.71 ppm y 2.28 ± 0.12 ppm para ADP, SCA, AEC y CV, respectivamente. De igual forma Oliva *et al.* (2016b) encontró resultados similares al de este trabajo, con niveles de fósforo de 5.81 ppm en sistemas silvopastoriles con aliso y 4.22 ppm de fósforo disponible para sistemas a campo abierto.

Potasio (K): No existiendo diferencias significativas ($p>0.05$) en el contenido de potasio. El SCA presentó 224.94 ppm, los ADP con niveles de 169.08 ppm, AEC con niveles de 214.99 ppm y CV con niveles 157.67 ppm. Valores que se encuentran dentro del el óptimo, para cultivos forrajeros, según Espinoza *et al.* (2012).

Carbono orgánico (CO): Los promedios de carbono orgánico para SCA, ADP, AEC y CV son $2.33\pm 0.59\%$, $3.26\pm 1.31\%$, $3.64\pm 0.47\%$ y $3.27\pm 1.11\%$ respectivamente. No existió diferencias estadísticas entre los sistemas de producción o pastoreo ($p>0.05$). La dinámica del carbono en los suelos de los AEC, CV y ADP es posible que conste de los aportes de material vegetal muerto, pérdida por mineralización y su acumulación de la transformación química y biológica de la materia orgánica en humus (Macías *et al.*, 2005). Resultados encontrados por Oliva *et al.* (2016b), en diferentes sistemas de producción (sistema de pastoreo a campo abierto (SCA), SSP con *Pinus patula*, *Alnus acuminata* y un bosque natural (como testigo) en Molinopampa, Como resultado pudo observar que los SSP con pino y SSP con aliso albergan mayor proporción de carbono orgánico. Encontró 4.76% de carbono en SSP con aliso.

Materia orgánica (MO): Los mayores niveles de materia orgánica fueron encontrados en las parcelas de los AEC con $6.28\pm 0.82\%$. Seguimiento de CV y ADP con valores de $5.63\pm 1.93\%$ y $5.63\pm 2.27\%$. Finalmente, los SCA con $4.01\pm 1.02\%$. Pero no se evidenció diferencias significativas entre sistemas de producción o pastoreo al ($p>0.05$). La evidencia de mayor materia orgánica en los ASP frente al SCA, puede ser posible a la presencia de los alisos, ya que son plantas caducifolias (cada cierto tiempo pierden sus hojas). Mediante la descomposición de las mismas se forma la materia orgánica. Esto se consolida con lo afirmado por Veldakamp (1993), quién indica que el CF bajo árboles, retienen 60 % más carbono que el CF a pleno sol, debido a la mayor biomasa y longevidad radicular, así como al incremento de materia orgánica del suelo. Además, la MO es el indicador más importante de calidad y productividad del suelo, por lo que favorece la infiltración del agua y la aireación del suelo, promoviendo la retención de agua, reduciendo la erosión (Gregorich *et al.*, 1994).

Resultados superiores encontró Oliva *et al.* (2016b) en el estudio denominado “Efecto de los sistemas de producción sobre las características físico-químicas de los suelos del distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, región Amazonas”. Los mayores niveles de materia orgánica

fueron encontrados en el bosque natural con 9.58%, seguido del SSP con pino con 9.2%, SSP con aliso 8.2% y el SCA con 5.92%.

Nitrógeno (N): No existe diferencias significativas entre sistemas de producción o pastoreo ($p>0.05$), pero se ve la superioridad en los AEC con $0.31\pm 0.04\%$, seguido de los ADP y CV con valores de $0.28\pm 0.11\%$ y $0.28\pm 0.10\%$, respectivamente. Y se observa que los SCA con $0.20\pm 0.05\%$. Esto posiblemente se deba a que el aliso tiene nódulos donde hospeda bacterias fijadoras de nitrógeno mediante la simbiosis. Donde los alisos se benefician de las bacterias y las bacterias de los alisos. También el nitrógeno se incorpora al suelo por medio de las precipitaciones (Álvarez y Steinbach, 2010). Esto corrobora lo manifestado por Oliva *et al.* (2016b) quien en su trabajo de investigación encontró valores de 0.41 ppm en SSP con aliso. Bosque natural con 0.48 ppm y SCA con 0.31 ppm.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): No se encontró diferencias significativas ($p>0.05$) en la CIC entre sistemas de producción o pastoreo. El rango fue desde 25.4 ± 12.87 mEq/100g hasta 32.95 ± 2.81 mEq/100g. Según Castellanos (2016) la capacidad de intercambio catiónico está relacionado con la textura del suelo, por lo que los suelos evaluados presentaron texturas franco arcillosos con CIC mayores de 15 mEq/100 g de suelo. Además, la CIC permite establecer la disponibilidad de bases esenciales para mantener y suministrar nutrientes en suelos agrícolas (Papendick y Parr, 1991)

Cationes cambiables (Ca): Los CV mostraron mayores niveles de Ca con 25.41 ± 5.79 mEq/100g. Los AEC fue el segundo con 20.49 ± 11.39 mEq/100g. Para SCA se encontró niveles de Ca de 19.06 ± 6.18 mEq/100g y finalmente el ADP con 15.43 ± 13.43 mEq/100g. Sin embargo no presentó diferencias significativas ($p>0.05$). Valores reportados por Howeler (1983) en los requerimientos del CF es de 0.4 a 1.5 mEq/100g, siendo estos valores inferiores a los que se encontró en este trabajo, posiblemente se deba que cada día que pasa los CF van mejorando en su producción y por consecuente sus requerimientos aumentan.

Cationes cambiables (Mg): Los mayores niveles de Mg, fue encontrado en los AEC con 1.57 ± 0.61 mEq/100g, seguido del SCA con 1.27 ± 0.65 mEq/100g. Los niveles más bajos se encontró en los CV con promedio de 1.17 ± 0.57 mEq/100g. Pero no existieron diferencias significativas entre ellos ($p>0.05$). Valores inferiores reporto Howeler (1983), niveles de 0.2 a 0.8 mEq/100g necesarios para el buen desarrollo del CF, probablemente este influenciado a que el CF de estos tiempos tengan requerimientos más elevados, por su mejora constante que se está desarrollando.

Cationes cambiables (K): Para potasio el sistema que evidenció mayor contenido fue los SCA con 0.57 ± 0.37 mEq/100g, seguido de AEC con 0.53 ± 0.27 mEq/100g. Los ADP mostraron niveles de 0.39 ± 0.17 mEq/100g y finalmente los CV con 0.34 ± 0.09 mEq/100g. A pesar que los niveles que presenta el SCA son más altos que los demás sistemas de producción o pastoreo, este no es superior estadísticamente al ($p>0.05$). Howeler (1983), informo requerimientos de potasio para CF (0.20 mEq/100g), siendo estas concentraciones inferiores a las encontradas en este trabajo, posiblemente esté relacionado con la mejora constante en la productividad del CF.

Cationes cambiables (Na): Los sistemas de producción o pastoreo con mayores niveles de sodio fueron los SCA con 0.33 ± 0.08 mEq/100g, el segundo sistema con niveles más alto fue los CV con 0.27 ± 0.09 mEq/100g. Los ADP y AEC presentaron niveles iguales 0.26 ± 0.06 mEq/100g. Sin embargo no hubo diferencias significativas al ($p>0.05$) entre sistemas de producción.

Cationes cambiables (Al + H): No se evidenciaron diferencias estadísticas significativas al ($p>0.05$) para los niveles de aluminio en los sistemas de producción o pastoreo estudiados. Pero se dejó notar que ADP presentaron mayores concentraciones de aluminio (0.38 ± 0.37 mEq/100g) que los otros sistemas. Seguido de SCA con 0.25 ± 0.42 mEq/100g. Los CV con promedios de 0.095 ± 0.12 mEq/100g, y finalmente, los AEC con 0.075 ± 0.15 mEq/100g.

4.3. Análisis de la composición florística de los arreglos silvopastoriles con Aliso y sistema a campo abierto

Las especies herbáceas hallados en los sistemas de pastoreo o producción de SCA, ADP, AEC y CV, fueron 19, 17, 17 y 16 especies respectivamente. Hallazgos reportados por Oliva (2016a), en un SSP con aliso encontraron cinco especies herbáceas (trébol, kikuyo, ovinillo, siso, nudillo) y un SCA reportaron siete especies (trébol, kikuyo, ovinillo, siso, nudillo, pacunga y rye grass), siendo similares a las encontradas a este estudio.

El SCA presentó 10 familias, y en los AEC, ADP y CV se encontraron 9 familias. Dentro de las familias encontradas, las Poaceae son las que más abundan en especies como Rye grass, Pasto ovinillo, Nicarion, Kikuyo, Grama colorada, Pajilla, Lino y Pata de gallina. Seguidas de Asteraceae con las especies de Diente de león, Siso y Ageratina. En la familia botánica de las Fabaceae se encontraron las especies Trébol blanco y Trébol rojo. La Polygonaceae aportó una especie (Lengua de vaca). Vásquez *et al.* (2014), en su estudio denominado “Selección, identificación y distribución de malezas (adventicias), en praderas naturales de la región Amazonas”, donde seleccionaron y clasificaron taxonómicamente a malezas existentes en SSP y SCA. Registraron un total de 148 especies, de las cuales 129 correspondieron a especies de malezas, identificándose un total de 94 especies, clasificadas dentro de 33 familias botánicas distintas, de las cuales son similares al de este estudio en las familias como Poaceae, Asteraceae, Araliaceae, Polygonaceae, Verbenaceae. Además, al comparar las especies encontradas en este estudio con las reportadas por (Vásquez *et al.*, 2014; Oliva *et al.*, 2017) son similares, especialmente rye grass, kikuyo, siso, pasto ovinillo.

Especies deseables, especies no deseables (malezas) y menor presencia de cobertura vegetal.

Se encontró mayor número de especies herbáceas en SCA, pero en el SCA se registró mayor número de especies no deseables, resultados similares encontró

Vásquez *et al.* (2014), informando que los SSP menor malezas (22.07%) cuando se compara con un SCA (41.32%).

En los SCA se encontró que hay menor presencia de cobertura vegetal (más suelo descubierto) en comparación a los arreglos silvopastoriles (ASP). Los ASP (AEC, ADP y CV) reducen la erosión del suelo y disminuyen los efectos directos del sol, agua de riego, viento, al proteger la superficie del suelo (Pereira, 1989; Lok, 2006), generando un buen desarrollo de las especies, haciendo una simbiosis y mejorando las raíces de las especies y disponibilidad de nutrientes, cubriendo la mayor parte del suelo (Carranza *et al.*, 2012), y la mayor área cubierta por CF atenúa el efecto del pisoteo por el ganado (Saldanha, 2015).

4.4. Análisis de la productividad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

Los árboles en callejones (AEC) producen 16.6 t FV/ha, árboles dispersos en potreros (ADP) con producción de 10.9 t FV/ha, cercas vivas (CV) presenta una producción menor de 10.3 t FV/ha. Finalmente, los SCA 9.3 t FV/ha, tiene la producción más baja en comparación con los sistemas que existe la presencia de árboles evaluados en época de lluvia, esto es por aprovechamiento de los nutrientes del suelo y mayor disponibilidad del CF, cuando se encuentran asociados a especies arbóreas, convirtiéndose en más productivos (Devendra e Ibrahim, 2004; Crespo, 2008; Nair *et al.*, 2009; Sánchez, 2014). En época seca los AEC produjeron 14.5 t FV/ha, seguido de los ADP con producción de 9.5 t FV/ha, los CV con una producción de 9.2 t FV/ha, y el SCA presentó la menor producción con 7.4 t FV/ha, es diferencia es porque la existencia de árboles en áreas de pastoreo puede apoyar en una mayor cantidad de producción de CF en la época seca al aumentar la capacidad de retención de agua del suelo y reducir la pérdida de humedad (Wilson & Wild, 1991; Young, 1997). Oliva (2016a) reporta similares rendimientos de CF en SSP con aliso en comparación con SCA; con datos de 12.78 t FV/ha (no reporta el tipo de arreglo silvopastoril evaluado) y 6.79 t FV/ha respectivamente. Además, Vásquez *et al.* (2017) en su estudio llamado “Evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras para

el mejoramiento alimenticio del ganado bovino en la cuenca ganadera Florida”, menciona que el rye grass ecotipo cajamarquino produce 17.65 t FV/ha.

Materia seca (MS)

Existieron diferencias entre sistemas de producción o pastoreo para el contenido de MS en evaluaciones de época de lluvia y época seca. Los ASP fueron los que aportaron mayor MS en comparación con los sistemas a campo abierto (SCA), probablemente debido a que los SSP producen mayor cantidad y de mejor calidad el CF (Sánchez y Rosales, 1999); además, en este estudio se encontró mayor porcentaje de especies de la familia poaceae en los arreglos silvopastoriles. Resultados similares encontró Cárdenas *et al.* (2011) evaluando SSP con alisos asociados con kikuyo y SCA que encontró superioridad de MS a favor de los SSP con aliso (29.5%) y SCA con 28%. Los AEC produjeron 3.65 t MS/ha, siendo superiores a los otros sistemas en época de lluvia. Los ADP, CV y SCA con una producción de MS de 2.19 t MS/ha, 2.09 t MS/ha, y 1.78 t MS/ha, evaluados en época de lluvia, respectivamente. Para la época seca los AEC produjeron mayor MS (3.02 t MS/ha) y para los ADP con 1.75 t MS/ha, CV con 1.66 t MS/ha SCA con una producción de 1.26 t MS/ha. Además, Altamirano (2013) reportó 1.106 t MS/ha, en SSP con aliso (*alnus acuminata*) y pasto miel, 1.3 t MS/ha en SCA, esto posiblemente se deba al tipo de pastura, la edad de corte que fue a 35 días de edad, altitud donde se desarrolló el estudio (1748msnm). Y Calderón y Charry (2008), reportaron producciones de MS similares al de este estudio, en evaluaciones de ASP con aliso (*Alnus acuminata*) asociado con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). La producción de MS fue de 1.50 t MS/ha, esto posiblemente se deba a que evaluaron en la misma especie arbórea y herbácea, la textura del suelo fue franca similar al de este estudio.

4.5. Análisis de la composición nutricional del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

En los niveles de cenizas evaluadas en el CF de los ASP con alisos en época de lluvia, CV superaron en 1.50%, AEC en 3.86% y los ADP en 2.23% en comparación a los SCA. Para extracto etéreo en época de lluvia, los SCA

superaron a CV, AEC y ADP con niveles de 2.83%, 2.23% y 0.69%, respectivamente. Los niveles de fibra cruda (FC) del CF en los SCA, fueron mayores a los CV en 2.27%, a los AEC en 2.22%. Pero las concentraciones de fibra cruda de los ADP en superaron en un 0.11% a los SCA, evaluaciones echas en época de lluvia, probablemente se deba a que los SCA el CF está expuestas al sol y lluvia directo, evaporacion y lixivision de los nutrientes.

Los AEC aportaron en 6.47% más de proteína total (PT) que los SCA, los ADP fueron superiores en 5.10% de PT a los SCA y los CV aportan 3.88% más que los SCA, medisiones analizadas en época de lluvia, porque los ASP se caracterizan por tener mayor calidad forrajera, por la simbiosis entre árbol y el CF (Brožek y Wanic, 2002; Yamamoto *et al.*, 2007; Murgueitio e Ibrahim, 2008). Esto posiblemente se debe a que la introducción de árboles en las parcelas mejoran la calidad CF, con altos niveles nutritivos (Restrepo, 2002; Mahecha, 2003; Ibrahim *et al.*, 2006). Las concentraciones de energía bruta en el CF de los CV, AEC fueron superiores a los SCA en 58 kcal/kg y 310 kcal/kg respectivamente, resultados similares reportó Gaviria (2015) con valores de 4054 kcal/kg para SCA y 4676 kcal/kg en SSP de leucaena asociado con CF mejorado.

Las concentraciones de cenizas en el CF de los CV, AEC fueron superiores a los SCA en 0.14%, 0.31% respectivamente. Pero los ADP fueron inferiores en sus concentraciones de cenizas en 0.88% a los SCA, evaluados en época seca. Para el extracto etéreo los CV y ADP superaron en sus concentraciones a los SCA en 0.47% 0.73%, respectivamente. El CF de los ASP superaron a las concentraciones de proteína total a los SCA en 4.66%, 5.88% y 4.50% respectivamente, posiblemente este relacionado con la retencion de agua en el suelo ayudado a la capacidad de intercambio cationico y facilitando la nutricion del CF. El CF de los CV, AEC y ADP, mostraron niveles inferiores de energía bruta a los SCA en 0.138%, 0.154 kcal/kg, 0.070kcal/kg respectivamente, analizados en época seca.

En la evaluación de proteína total del CF de los ASP mostraron niveles más altos en época de lluvia comparados a la época seca en 0.63%, 2.00% 2.01% y 1.41%

para CV, AEC, ADP y SCA, respectivamente. Posiblemente a que en la época de lluvia hay mayor presencia de nutrientes por la humedad en el suelo ayudando a la descomposición de las hojas en materia orgánica. Además, los niveles de energía bruta fueron superiores en época de lluvia en comparación con la época seca con valores de 289 kcal/kg para CV, 557 kcal/kg para AEC, 136 kcal/kg para ADP y para los SCA en 94 kcal/kg.

Niveles de proteína total concentrados en el CF en los AEC, ADP, CV y SCA fueron 17.39%, 16.02%, 14.80% y 10.92% respectivamente, posiblemente que los arreglos silvopastoriles mejoran la calidad nutricional del CF (Mahecha *et al.*, 1999; Ospina *et al.*, 2005). Estos valores concuerdan con los resultados encontrados por Cárdenas *et al.* (2011), en Tolima que evaluaron al SSP con sauco (*Sambucus nigra*) asociado con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). El kikuyo mostró valores de proteína cruda 16.6% dentro del SSP y el SCA mostró 13.9%. También Sánchez *et al.* (2009), reporta mejores niveles de proteína en el CF que está asociado con *Alnus acuminata* (14.1%) cuando se compara con SCA (11.1%). Aquí se deja notar que el CF de los SCA son las que aportan menor contenido de proteína total, posiblemente se deba que los SSP se asocian positivamente con el CF para mejorar su contenido de proteína. Pero, Calderón y Charry (2008) reportó 15.61% de proteína cruda en ASP con aliso asociado con kikuyo y en SCA de kikuyo con 15.51%, no encontrando diferencias significativas al ($p < 0.05$).

La fibra detergente neutro (FDN) no se evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los sistemas de producción o pastoreo analizados en época de lluvia y época seca. Por otro lado Cárdenas *et al.* (2011), encontró diferencias en su estudio, pero similares con los nuestros, FDN presentaron valores más altos a favor de los SSP 66.7% que en el SCA con 62.1%. Además, Sánchez *et al.* (2009) reportó valores de 60.04% para SSP con aliso y 57.38% en SCA y Calderón y Charry (2008) reportó resultados inferiores al de este estudio, en ASP con aliso asociado con kikuyo (46.46%) y en SCA de kikuyo (52.38%), posiblemente se deba a que ellos solo analizaron al pasto kikuyo, o a que el estudio fue realizado en una zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo.

Niveles de fibra detergente ácido (FDA) encontrados en el CF de los ASP y SCA no mostraron diferencias significativa ($p < 0.05$) en época de lluvia, pero si en época seca. Niveles superiores al de este estudio reportó Cárdenas *et al.* (2011) evaluados en SSP con sauco (*Sambucus nigra*) asociado con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en Tolima. La FDA con niveles de 44.7%. Esto posiblemente se deba a que ellos evaluaron solo al kikuyo. Pero, Sánchez *et al.* (2009) reportó valores inferiores en SSP con aliso 28.57% y SCA con valores 29.31% y Calderón y Charry (2008) también reportó resultados inferiores al de este estudio, en ASP con aliso asociado con kikuyo (FDA = 19.35%) y en SCA de kikuyo (FDA = 23.44%), posiblemente se deba a que ellos solo analizaron al pasto kikuyo, las parcelas estaba ubicadas en zonas a temperaturas de 6 a 12°C.

Diferencias significativas ($p < 0.05$) presentaron los niveles de cenizas entre sistemas de producción o pastoreo época de lluvia y época seca. Gaviria (2015), reportó valores superiores al de este estudio 13.3% en SCA y 7.83% en SSP con leucaena, en Colombia, para la época seca, pero para la época de lluvia fueron similares, estas diferencias posiblemente se de a la altitud donde se desarrollo en estudio (540 msnm) y zona de vida de bosque seco tropical.

4.6. Comparación de la rentabilidad del componente forrajero de los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

Se encontraron mejores rendimientos económicos del componente forrajero (CF) por ha para los arreglos silvopastoriles con *Alnus acuminata*, en comparación al sistema a campo abierto, especialmente los AEC con aliso. Reportes similares presentan Santacruz *et al.* (2013), en un estudio realizado en Colombia, los que hicieron comparaciones de productividad de biomasa de SCA de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y un SSP con *Alnus acuminata* asociado con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), donde encontró diferencias de 5,730 kg/ha/corte a favor del SSP y en pesos Colombianos es \$ 114800 y en soles se traduciría en S/. 128.90 y en siete cortes que evaluaron sería \$ 802200 y en moneda nacional sería S/. 900.75, cuando comparo con el SCA. Por otro lado en lecherías de Costa Rica, Villalobos *et al.* (2013), reportaron los costos del kg de MS producido y consumido, para los 3 pastos evaluados [pastos estrella africana

(*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y rye grass perenne (*Lolium perenne*)], fueron de 16.6 y 44.4 colones Costarricenses respectivamente, equivalente a S/. 0.095 y S/. 0.25 soles, siendo el aprovechamiento que los animales hacen de las pasturas el determinante del costo del material consumido.

4.7. Análisis de los factores ambientales (temperatura y humedad) en los arreglos silvopastoriles con aliso y sistema a campo abierto

4.7.1. Temperatura

Se halló que la temperatura en árboles en callejones (AEC) fue significativamente superior a los otros sistemas de producción o pastoreo en las horas 00:00 am, 04:00 am, y 08:00 am. Es posiblemente a que los AEC tienen mayor capacidad de conservación de temperatura, debido a la disposición de los árboles. A diferencia de los SCA en la que la temperatura es significativamente menor a tempranas horas de la mañana. Sin embargo, a partir de las 12:00 pm y en adelante la temperatura en los AEC tiene un menor incremento a comparación de los otros sistemas. El menor rango de variación de temperatura en los AEC creando un mejor microclima para el ganado, ya que la zona confort o zona de termoneutralidad varía según el tipo de raza o composición racial del animal, razas *Bos Taurus* presentan rangos entre 5 y 20 °C (Cowan *et al.*, 1993; Navas, 2010), mientras que en razas *Bos Indicus*, el ideal está entre 10 y 27 °C. También, para el desarrollo de las especies herbáceas se vería reflejada en una mayor productividad forrajera (Sánchez, 2014). A diferencia, que en los SCA registra una mayor amplitud de rango de temperatura, podría generar algún tipo de estrés en las especies herbáceas, reduciendo su productividad.

Valores promedios de temperatura registrados a las 12:00 pm en SCA, CV, ADP y AEC fueron 24.07 ± 0.16 °C, 21.50 ± 0.22 °C, 20.14 ± 0.16 °C y 18.28 ± 0.20 °C respectivamente. Observándose diferencias de 2.57 °C, 3.93 °C y 5.79 °C menor que en relación a los SCA, este registro de temperatura

mayor en SCA hace que el CF experimentan modificaciones morfológicas en su rendimiento y calidad (Rodríguez, 2011). Valores superiores registró Navas (2008), registros medidos a las 11:00 am, bajo las copas de árboles de diferentes arreglos silvopastoriles (árboles en grupo, árboles individuales y cercas vivas) y áreas de potrero abierto, 37.9 °C, 38.6 °C, 39.8 °C y 41.5 °C, respectivamente. Estas diferencias sería posiblemente a que su estudio fue llevado en fincas ganaderas de bosque seco tropical. Temperaturas medidas bajo las copas de los árboles se reportado reducciones de 2 °C a 9°C con relación a las registradas en SCA (Wilson y Ludlow, 1991; Reynolds, 1995), los cuales permiten estar dentro o cerca de la zona de confort para los animales. Además, las variaciones de temperatura y las precipitaciones afectan la cantidad y calidad de los pastizales y forrajes (Reilly *et al.*, 1996; Adams *et al.*, 1999; Sankaran *et al.*, 2005; Seo *et al.*, 2010).

Registros de temperatura a horas de 16:00 pm, en SCA, CV, ADP, AEC fueron de 18.03±0.13 °C, 16.10±0.10 °C, 14.09±0.14 °C y 13.52±0.32 °C, respectivamente. Registros diferentes reporta Navas (2008), en arreglos silvopastoriles como árboles en grupo, árboles individuales y cercas vivas, además en sistemas de pastoreo a campo abierto, 29.5 °C, 29.8°C, 29.5 °C y 29.9 °C, respectivamente. Las diferencias mostradas son posiblemente a que son zonas tropicales. Además, Pérez *et al.* (2008), también registró temperaturas más altas al de este trabajo. En SSP de árboles forrajeros con 26,6 °C y SCA con 28,1 °C. Posiblemente se deba a que los SSP estaban formados de especies arbóreas diferentes al aliso, a la altitud donde se desarrolló el trabajo (420 msnm).

En los arreglos silvopastoriles (ASP) y sistema a campo abierto (SCA) registraron valores promedios de temperatura diferentes entre ellos a hora 20:00 pm. Los CV fueron los que registraron temperaturas superiores (12.25 ± 0.15 °C) frente a los otros sistemas de producción o pastoreo. Es posiblemente a que este tipo de ASP tiene la capacidad de captar mejor la temperatura a esta hora, ayudando a generar un mejor microclima para la ganadería y las especies herbáceas. Pérez *et al.* (2008) registró valores

superiores al de este trabajo (19 °C) posiblemente se deba a que el estudio se efectuó a una altitud de 420 msnm, diferente a la nuestra.

Se halló que la temperatura registrada a 00:00 am en AEC, fue estadísticamente superior a los otros sistemas de producción o pastoreo. Es posiblemente que los su forma de distribución de los árboles de los AEC mantengan el calor y evitar la reducción de la temperatura. Valores registrados a las 04:00 am también evidencia la menor reducción de la temperatura en los AEC, generando un microclima favorable para las especies herbáceas para su mejor productividad. Sin embargo, en los SCA se registran valores más bajos, posiblemente por la falta de los árboles.

A horas de la mañana (08:00 am) se evidenció diferencias significativas al ($p < 0.05$) entre los sistemas de producción o pastoreo. Promedios de temperatura para AEC, ADP, SCA y CV fueron 14.21 ± 0.13 °C, 14.03 ± 0.22 °C, 14.06 ± 0.11 °C y 13.17 ± 0.15 °C, respectivamente. Observándose diferencias de 0.18 °C, 0.15 °C y 1.04 °C menor que en relación a los AEC. Navas (2008), registró valores diferentes de temperatura en arreglos silvopastoriles como árboles en grupo, árboles individuales y cercas vivas, además en sistemas de pastoreo a campo abierto con valores de 28.2 °C, 28.6 °C, 28.0 °C y 28.3 °C, respectivamente. Posiblemente a que el clima es diferente al nuestro. Así mismo, Pérez *et al.* (2008), encontraron valores superiores de temperatura al de este trabajo. En el SSP con 23,9 °C y SCA con 26,4 °C. La diferencia posiblemente se deba por la altitud en que se desarrolló el trabajo (420 msnm), con un clima cálido subhúmedo.

4.7.2. Humedad relativa

Se halló que la humedad relativa (HR) en AEC fue significativamente superior a los otros sistemas de producción o pastoreo en las horas 16:00 pm, 20:00 pm, 00:00 am, 08:00 am. Es posiblemente a que los SSP tienen mayor capacidad de conservación de HR (Pezo e Ibrahim, 1998), debido a la disposición de los árboles que por medio de sus copas generan sombra y evitan el sol directo y la evaporación. Esto coincide con (Peri *et al.*, 2005;

Bahamonde *et al.*, 2009) que los SSP se registran valores de HR más altos que en SCA.

A diferencia de los SCA en la que la HR es significativamente menor a las 12:00 pm, 16:00pm, 20:00 pm y 00:00 am. Sin embargo, a partir de las 20:00 pm hasta 00:00 am, la HR en los AEC tiene un mayor incremento a comparación de los otros sistemas de producción o pastoreo, esto podría deberse a la menor remoción del aire por la presencia de árboles (Xia *et al.*, 1999). El menor rango de variación de HR en los AEC crea un mejor microclima para el desarrollo de las especies herbáceas y se vería reflejada en una mayor productividad forrajera. A diferencia, que en los SCA registra una mayor amplitud de rango de HR, podría generar algún tipo de estrés en las especies herbáceas, reduciendo su productividad.

Se presenciaron diferencias significativas en HR entre sistemas de producción o pastoreo a horas de las 08:00 am, siendo superiores los árboles en callejones, posiblemente esté relacionado por la disposición de los árboles, reduciendo las corrientes de aire, resultados similares encontró Navas (2008), en arreglos silvopastoriles árboles en grupo, árboles individuales, cercas vivas y potrero abierto con valores de 76.7%, 75.9%, 77.3% y 77.1% respectivamente y SCA con 65.2 %. Valores de HR registrados a horas de 16:00 pm evidenciaron diferencias significativas entre sistemas de producción o pastoreo, siendo superiores los árboles en callejones posiblemente a que los árboles generan sombra y evitando los rayos solares directos y evitando la evaporación. Registros inferiores reportó Navas (2008), tomados a la misma hora en ASP formados por árboles en grupo con 72.3%, cercas vivas con 71.6% y SCA con promedios de 71.7% de HR.

V. CONCLUSIONES

El productor del distrito de Molinopampa tiene mayor área de componente forrajero natural, esto podría afectar la producción de leche de las vacas, por el bajo contenido de nutrientes; pero hay tendencia de la introducción de asociaciones de pastos y de fertilizar al mismo y así mejore sus rendimientos y contenido nutricional. Asimismo, se observa que el productor tendrá un ingreso a favor del componente arbóreo. Además, los arreglos silvopastoriles estuvieron compuestos por el 51% de cercas vivas, 41% arboles dispersos, 8% árboles en callejones.

En las características químicas del suelo de los arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto fueron similares; sin embargo, se presenta una tendencia de superioridad en árboles en callejones por su mayor contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y carbono orgánico, en comparación a los otros, siendo importante para un buen desarrollo del componente forrajero; además, en árboles en callejones presento menor compactación ayudando en el desarrollo de la raíz y transporte de nutrientes y agua. Y la textura para los arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto es franco arenoso arcilloso.

En las parcelas de sistemas a campo abierto se encontró mayor número de familias herbáceas de las cuales el 49% de especies fueron deseables, en comparación de los arreglos silvopastoriles que presentaron menor número de familias, de las cuales cerca del 70% de especies fueron deseables. Asimismo, se observó mayor productividad del componente forrajero y materia seca en árboles en callejones para la época de lluvia y época seca y mejor contenido de nutrientes en ambas épocas, especialmente en proteína (17.39% y 15.39%) y cenizas (9.78% y 6.08%) en comparación a los otros arreglos silvopastoriles y sistemas a campo abierto.

La rentabilidad fue mayor para los arreglos silvopastoriles en ambas épocas, siendo mayor en árboles en callejones (S/. 440.40 y S/. 426.30), seguido de árboles dispersos (S/. 94.6 y S/. 125.90) y finalmente cercas vivas (S/. 62.70 y S/. 111.30), dado esto por su mayor productividad del componente forrajero.

En árboles en callejones se registró la menor temperatura a las 12:00 pm (18 °C), 16:00 pm (14 °C) y 20:00 pm (11 °C), y registró la mayor temperatura a las 00:00 am (10 °C), 04:00 am (9 °C) y 08:00 am (14 °C), respecto a los otros arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto que registraron mayor variación de temperatura, generando un mejor microclima. Respecto a la humedad relativa, fue mayor ($p < 0.05$) en árboles dispersos a las 12:00 pm (62%), sin embargo a partir de las 16:00 pm fue mayor ($p < 0.05$) en árboles en callejones (87% a las 16:00 pm, 98% a las 20:00 pm, 99% a las 00:00 am, 99% a las 04:00 am y 78% a las 08:00 am) respecto a los otros arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los productores dedicados a la actividad ganadera el uso de tecnologías “instalación de arreglos silvopastoriles con aliso” en especial los árboles en callejones para la obtención mejor de los beneficios económicos y ambientales.

Realizar estudios con otras especies arbóreas “nativas” en la influencia del componente forrajero tanto en productividad como en la composición bromatológica.

Desarrollar estudios referidos al efecto del microclima generado en arreglos silvopastoriles sobre la productividad y confort de vacunos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, R., McCarl, B., Segerson, K., Rosenzweig, C., Bryant, K.J., Dixon, B.L., Conner, R., Evenson, R. & Ojima, D., (1999). The economic effects of climate change on US agriculture. In: Mendelsohn, R., Neumann, J. (Eds.), *The Impact of Climate Change on the United States Economy*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 343 p.
- Ainalis, A. B., Tsiouvaras, C. N., & Nastis, A. S. (2006). Effect of summer grazing on forage quality of woody and herbaceous species in a silvopastoral system in northern Greece. *Journal of arid environments*, 67(1), 90-99.
- Altamirano, C.E. (2013). *Determinación de la productividad forrajera de un sistema tradicional de pastoreo con pasto miel frente a un sistema silvopastoril de pasto miel con aliso en Nanegalito* (Tesis Doctoral, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera Ingeniería en Ciencias Agropecuarias). 83 p.
- Álvarez, R. & Steinbach, H.S. (2010). Asociación entre el nitrógeno del suelo y el rendimiento de los cultivos. Pp 217-229. En: R Álvarez, G Rubio, CR Álvarez y RS Lavado (Ed.), *Fertilidad de suelos. Caracterización y manejos en la región pampeana*. Editorial FAUBA, Buenos Aires. 496 p.
- Alonso, J. (2011). Silvopastotal Systems and their contribution to the environment. *Cuban J. Agr. Sci*, 45(2): 107.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. (1990). Official Method of Analysis of AOAC International (920. 39). 15th Edition, The Association: Washington, DC.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. (1997). Official Method of Analysis of AOAC International (923. 03). 16th Edition, I – II. Arlington, Virginia, USA.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International (976.05). 17th Edition, Association of Official Analytical Chemistry, Arlington, Virginia, USA.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. (2005) Official Methods of Analysis of AOAC International (978.10). 18th Edition, AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD.

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International (942.05). 18th Edition, AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International (925.09). Moisture in cassava – Air Oven Methods: Official Methods of Analysis of AOAC International.
- Asociación de Productores Conservacionistas Molinopampa (APROCOM). (2015). Estudio de Mercado para la instalación y manejo de pastos nativos en el distrito de Molinopampa. 2015: FIDECOM. Molinopampa, Amazonas.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., & Lencinas, M.V. (2009). 30. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. In: I congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestal. 5 p.
- Beer, J., Ibrahim, M., Somarriba, E., Barrance, A., & Leakey, R. (2003). Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. *Cordero, J. Boshier, DH., (Eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford, Reino Unido, OFI/CATIE, 197-242.*
- Belsky, A.J. (1992). Effects of trees on nutritional quality of understory gramineous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands* 26: 12–20.
- Brožek, S., & Wanic, T. (2002). Impact of forest litter of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Alnus incana* (L.) Moench, *Alnus viridis* (Chaix) Lam. et DC, *Abies alba* Mill., and *Fagus sylvatica* L. on chosen soil properties. *Forestry*, 5(1): 01.
- Calderón, E.G. & Charry, C.E.P. (2008). Producción y calidad de leche en vacas Holstein en dos arreglos silvopastoriles de acacia y aliso asociadas con pasto kikuyo. *Revista Ciencia Animal*, (1): 63-76.
- Cárdenas, C.A., Rocha, C., & Mora Delgado, J.R. (2011). Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona alto Andina de Roncesvalles, Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1): 29-35.
- Castellanos, J.Z. (2000). *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. Ed. Intagri. Gto., México. 186 p.

- Castellanos, J.Z. (2016). Curso de evaluación de la Fertilidad del suelo para Formular Recomendaciones de Fertilización. Instituto para la Innovación tecnológica en Agricultura. Intagri. Mexico.
- Carranza, C.A. & Ledesma, M. (2009). Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. In *XIII Congreso Forestal Mundial Argentina*. 18 - 23 Octubre; Buenos Aires, Argentina. 9 p.
- Carranza, C., Noe, L., Merlo, C., Ledesma, M. & Abril, A. (2012). Efecto del tipo de desmote sobre la descomposición de pastos nativos e introducidos en el Chaco árido de la Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 38: 97-107.
- Cowan, R.T., Moss, R.J. & Kerr, D.V. (1993). Northern dairy feed base, summer feeding systems. *Tropical Grasslands* 27: 150–161.
- Crespo, G. (2008). Importancia de los sistemas silvopastoriles para matener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 42:329
- Devendra, C. & Ibrahim, M. (2004). Silvopastoral systems as an strategic for diversification and productivity enhancement from Livestock in the tropics. En: The Importance of Silvopastoral Systems in Rural Livelihoods to Provide Ecosystem Services. Proc. of the Second International Symposium of Silvopastoral Systems. Eds. L. Mannetje, M., Ramírez, C., Ibrahim, N., Sandoval, N., Ojeda y J. Ku. Mérida, Yucatán, México. pp. 10-24
- [DRAA] Dirección Regional Agraria de Amazonas. (2008). PRDGA (Plan regional de desarrollo ganadero de Amazonas), 2008 al 2015. Amazonas, Perú. 150 p.
- [DRAA] Dirección Regional Agraria de Amazonas. (2015). Ejecución y perspectivas de la informacion Agrícola. Chachapoyas.
- Doran, J.W., & Parkin, T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. *Definig Soil Quality for a Sustainable Environment*. (Defining soilqua), 1-21.
- Dourojeanni, M. (2013). *Desperdicio de tierras del Perú*. Sociedad peruana de Derecho Ambiental (SPDA). Boletín de noticias de actualidad ambiental. Lima, Perú. [Internet] [18 de Octubre del 2017]. Disponible en: <http://www.actualidadambiental.pe/?p=19804>
- Espinoza, L., Slaton, N.A. & Mozaffari, M. (2012). *Como interpretar los resultados de los análisis de suelos*. Cooperative Extension Service, University of

- Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating. 4 p.
- Fox, E. (2013). *Evaluación de pérdida de suelo por salinización en la parte baja de la cuenca del Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980-2003)*. (Tesis de Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente, Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Pontificia Universidad Católica del Perú. 124 p.
- Galindo, W. & Murgueitio, E. (2004). Herramientas de manejo sostenible para la ganadería andina. *Manejo Sostenible de los Sistemas Ganaderos Andinos. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV, Cali, Colombia*, 19-56.
- García, F.O., Picone, L.I. & Berardo, A. (2006). Fósforo. pp 99-121. En H.E. Echeverría & F. Gracia (Ed.), *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires. 525 p.
- García-Barrios, L., & González-Espinosa, M. (2017). Investigación ecológica participativa como apoyo de procesos de manejo y restauración forestal, agroforestal y silvopastoril en territorios campesinos. Experiencias recientes y retos en la sierra Madre de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88: 129-140.
- Gaviria, X., Rivera, J. E., & Barahona, R. (2015). Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo. *Pastos y Forrajes*, 38(2), 194-201.
- Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., & Ellert, B.H. (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*. 74: 367-385.
- Harvey, C.A., Guindon, C.F., Harber, W.A., Hamilton, D. & Murray, K.G. (2008). Importancia de los fragmentos de bosque, los árboles dispersos y las cortinas rompevientos para la biodiversidad local y regional de Monteverde, Costa Rica, pp. 289-326.
- Horne, P.M. & Blair, G.J., (1991). Forage tree legumes IV. Productivity of Leucaena/grass mixture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 42: 1231–1250
- Howeler, R.H. (1983). Análisis de tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales. Algunos cultivos tropicales. CIAT, Cali, Colombia. 31 p.

- Hubert, P. & Huerta, P. (2005). Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana – 2000, Memoria Descriptiva (versión preliminar aun sin publicar) INRENA, CONAM 2005, Lima. 74 p.
- Ibrahim, M., & Camargo, J.C. (2001). Produtividade e serviços ambientais de sistemas silvipastoris: experiências do Catie. *SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite*, 331-347.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., & Rojas, J. (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*. 29(4): 383-419.
- [IIAP] Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana. (2007). Zonificación ecológica y económica del Departamento de Amazonas. Amazonas, Perú. 199 p.
- [INDES-CES] Instituto de Investigación Para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva. 2017. Estación meteorológica de Chachapoyas.
- [INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). Censos Nacionales: XI de Población y VI de Vivienda. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú. [Internet]. [20 de Noviembre del 2017]. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>
- [INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). Base de datos del Sistema Nacional de consulta del IV Censo Nacional Agropecuario: Resultados definitivos. Lima, Perú: INEI-Ministerio de Agricultura y Riego. [Internet]. [20 de Noviembre del 2017]. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
- [INRENA] Instituto Nacional de Recursos Naturales. (1995). *Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa*. Lima, Perú. 271 p.
- Iturrizaga, F. & Huamani, E. (2009). *Mejoramiento de pasturas degradadas mediante el sistema silvopastoril en la cuenca del rio Tambo – Satipo*. Manual Silvopasturas en la cuenca del Rio Tambo Satipo. 60 p.
- Keller, T. & Håkansson, I. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*, 154(3): 398-406.

- Larson, W.E. & Pierce, F.J. (1994). The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *Soil Sci. Soc.* 35: 37-51
- Lok, S. (2006). *Estudio y selección de indicadores de estabilidad del sistema suelo-planta en pastizales en explotación*. (Tesis Doctoral). La Habana, Cuba. 120 p.
- Llenderal, T. (2005). *Sistemas silvopastoriles*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SA- GARPA). México. 8 p.
- Mahecha, L., Rosales, M., Molina, C. H., & Molina, E. (1999). Evaluación de un sistema silvopastoril de pasto estrella, Leucaena y Algarrobo forrajero, a través del año, en el Valle del Cauca. *Memorias VI Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles*, 28-30.
- Mahecha, L. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16(1).
- Macías, F., Camps Arbestain, M., & Rodríguez Lado, L. (2005). Alternativas de secuestro de carbono orgánico en suelos y biomasa de Galicia. *Recursos Rurais*, 1(1): 71-85.
- McAdam, J.H., Burgess, P.J., Graves, A.R., Rigueiro-Rodríguez, A., & Mosquera-Losada, M.R. (2009). Classifications and functions of agroforestry systems in Europe. *Agroforestry in Europe: current status and future prospects*, 21-41.
- Mellado, I.M. (2007). *Calidad de suelos en ambientes calizos mediterráneos: Parque Natural de Sierra María-Los Vélez* (Tesis Doctoral, Universidad de Granada, Facultad de Farmacia). 578 p.
- [MINAGRI] Ministerio de Agricultura y Riego, e [INIA] Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2008). Situación de los sistemas silvopastoriles en la Amazonía Peruana. San Martín.
- [MINAGRI] Ministerio de Agricultura y Riego. (2010). Decreto supremo N° 013-2010-AG. Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos. Lima, Perú. 26 p.
- [MINAM] Ministerio del Ambiente. (2000). Mapa de Deforestación de la Amazonía Peruana. Causas de la deforestación. Lima, Perú. 28 p.
- [MINAM] Ministerio del Ambiente. (2013). (*Climate Investment Funds*) Plan de inversión forestal. Perú. 113 p.

- [MINAM] Ministerio del Ambiente y [MINAGRI] Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). Reporte de la pérdida de los bosques húmedos amazónicos al 2011- 2013. Lima, 19 p.
- [MINAM] Ministerio del Ambiente. (2016). Programa Nacional de Conservación de Bosques. *La conservación de bosques en el Perú*. Conservando los bosques en un contexto de cambio climático como aporte al crecimiento verde. Lima, Perú. 180 p.
- Murgueitio, E., & Ibrahim, M. (2008). Ganadería y medio ambiente en América Latina. En: Murgueitio, E., Cuartas, C., Naranjo, J. (eds.). Ganadería del Futuro: Investigación para el Desarrollo. Fundación CIPAV, Cali-Colombia. pp. 19-40.
- Murray, R., & Larry, J. (2009). Estadística. 4 ta edición ed. *México, DF, Mc Grawill*. 601 p.
- Nair, P.K.R., Kumar, B.M. & Nair, V.D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J Plant Nut. Soil Sci.* 172:10
- Navas, A. (2007). Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. *Revista Acovez*, 37, 3.
- Navas, A., Ibrahim, M., Alvarez, V., Casanoves, F. & Delgado, J.M. (2008). Influencia de la cobertura arbórea de sistemas silvopastoriles en la distribución de garrapatas en fincas ganaderas en el bosque seco tropical. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 1(1).
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista Medicina Veterinaria*, (19): 113-122.
- Ojeda, P., Restrepo, J., Villada, D., & Gallego, J. (2003). *Sistemas Silvopastoriles, una opción para el manejo sustentable de la ganadería*. Manual de Capacitación: Sistemas Agrícolas Sostenibles en la Región Andina. Fidar. 52 p.
- Oliva, M., Oliva, C., Rojas, D., Oliva, M., & Morales, A. (2015). Identificación botánica de especies nativas de pastos más importantes de las cuencas lecheras de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(2): 125-129.
- Oliva, M. (2016a). *Influencia de factores socioeconómicos y ambientales sobre la adopción de tecnologías silvopastoriles por productores ganaderos, distrito*

- de Molinopampa, Amazonas, Perú.* (Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina) 113 p.
- Oliva, M., Pérez, H.V.V. & Mestanza, C.N.V. (2016b). Efecto de los sistemas de producción sobre las características físico-químicas de los suelos del distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, región Amazonas. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(1): 44-52.
- Oliva, M., Culqui Mirano, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H.V. & Luis, J. (2017). Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria*, 8(2): 149-157.
- Ospina, C., Hernández, R., Gómez, D., Godoy, J., Aristizábal, F., Patiño, J. & Medina, J. (2005). El Aliso o Cerezo. *Alnus acuminata* H.B.K. ssp. *Acuminata*. Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona colombiana. 37 p.
- Papendick, R.I. & Parr, J.F. (1992). Soil Quality: The key to a Sustainable Agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*. 7: 2-3.
- Pereira, H.C. (1989). Policy and Practice in the Management of Tropical Watersheds. Westview Press. 254 p.
- Pérez, E., Soca, M., Díaz, L. & Corzo, M. (2008). Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes*, 31(2): 1-1
- Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moreto, A., & Mayo, J.P. (2005). Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. In *Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Comisión Nuevas Tendencias Forestales* (Vol. 10). 10 p.
- Pezo, D. & Ibrahim, M. (1997). *Sistemas silvopastoriles. Una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos*. Boletín Informativo Vol. 29 N° 290. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Banco de México. Morelia, Michoacán, México. 44 p.
- Pezo, D. & Ibrahim, M. (1998). *Sistemas Silvopastoriles*. (Proyecto Agroforestal CATIE-GTZ). Turrialba, CR, CATIE. 227-230.
- Porta, J., López-Acevedo, M. & Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* (Tercera ed.) Madrid: Mundi-Prensa. 960 p.

- Puerta-Piñero, C., Gullison, R.E., Condit, R., Angermeier, P.L., Ibáñez, R., Pérez, R., Douglas, R., Jansen, P., & Roberts, J.H. (2014). Metodologías para el sistema de monitoreo de la diversidad biológica de Panamá.
- Quiroga, A. & Bono, A. (2012). Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Centro Regional La Pampa - San Luis del INTA y Áreas Estratégicas. La Pampa. Argentina. 162 p.
- Ramachandran Nair, P.K., Mohan Kumar, B. & Nair, V.D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of plant nutrition and soil science*, 172(1): 10-23.
- Reilly, J., Baethgen, W., Chege, F.E., Van De Geijn, S.C., Erda, L., Iglesias, A., ... & Rosenzweig, C. (1996). Agriculture in a changing climate: impacts and adaptations. In: Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R., Dokken, D. (Eds.), *Climate Change (1995). Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific–Technical Analyses*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 427–469.
- Restrepo, C. (2002). *Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en trópico seco de Cañas, Costa Rica*. (Tesis de Maestría. CATIE). Turrialba, Costa Rica. 102 p.
- Reynolds, S.G. (1995). *Pasture–cattle – coconut systems*. Bangkok, Thailand. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Rome, Italy. 664 p.
- Rigueiro-Rodríguez, A., Fernández-Núñez, E., González-Hernández, P., McAdam, J.H., & Mosquera-Losada, M.R. (2009). Agroforestry systems in Europe: productive, ecological and social perspectives. *Agroforestry in Europe* (pp. 43-65).
- Rodríguez, P.D.P. (2011). Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. *Pastos*, 32(2): 109-137.
- Rosero, S. (2005). Agroforestería. *ESPOCH. Departamento de Aguas y Bosques. Riobamba–Ecuador*, 2, 97.
- Saldanha, S. (2015). Pasturas naturales: Departamento PAYP – PASTURAS – EEAFAS. 71 p. [Internet]. [20 de Noviembre del 2017]. Disponible en: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PASTURAS%20CRS/26%20-%20Pasturas%20Naturales.pdf>
- Sankaran, M., Hanan, N., Scholes, R., Ratnam, J., Augustine, D., Cade, B., Gignoux, J., Higgins, S., Le Roux, X., Ludwig, F., Ardo, J., Banyikwa, F., Bronn, A.,

- Bucini, G., Caylor, K., Coughenour, M., Diouf, A., Ekaya, W., Feral, Ch., February, E., Frost, P., Hiernaux, P., Hrabar, H., Metzger, K., Prins, H., Ringrose, S., Sea, W., Tews, J., Worden, J. & Zambatis, N. (2005). Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*. 438: 846–849.
- Sánchez, M.D. & Rosales Méndez, M. (1999). *Agroforestería para la producción animal en América Latina. Memorias de una Conferencia Electrónica realizada de Abril a Septiembre de 1998*. FAO. 9 p.
- Sánchez, L., Amando, G., Criollo, P., Carvajal, T., Roa, J., Cuesta, A., Conde, A., Umaña, A., Bernal, L., Barreto, L. (2009). El aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano. Colombia. Corpoica. 56 p.
- Sánchez, B. (2014). *Sistemas silvopastoriles en Honduras: Una alternativa para mejorar la ganadería*. Tegucigalpa, Honduras. FAO. 36 p.
- Santacruz, E.G.I., Guerrero, J.E.A., & Estrada, J.F.N. (2013). Efecto del arreglo silvopastoril aliso (*Alnus Acuminata* K.) y kikuyo (*Pennisetum Clandestinum* H.) sobre el comportamiento productivo en novillas Holstein en el altiplano del departamento de Nariño. *Revista Agroforestería Neotropical*, 1(1).
- Seo, S.N., McCarl, B.A., & Mendelsohn, R. (2010). From beef cattle to sheep under global warming? An analysis of adaptation by livestock species choice in South America. *Ecological Economics*, 69(12): 2486-2494.
- Sinclair, F.L. (1999). The agroforestry concept- Managing complexity. *Scottish Forestry*. 53: 12-17.
- Sinclair, F., Eason, B., & Hooker, J. (2000). Understanding and management of interactions. En: *Agroforestry in the UK. Forestry Comission. Bulletin 122*. Ed. M. Hislop, J., Claridge, pp. 17-30.
- Smith, J.L., & Doran, J.W. (1996). Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analyses. pp. 169-185. In J.W. Doran and A. J. Jones (ed.) *Methods for assessing soil quality*. SSSA Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.
- Van Soest, P.V., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10): 3583-3597.

- Valqui, E.T. (2016). *Identificación y distribución de malezas, en praderas cultivadas de la microcuenca ganadera ventilla del distrito de Molinopampa-Chachapoyas- Amazonas*. (Tesis de pre Grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza). 94 p.
- Vásquez, H., Maicelo, Q., Collazos, R. & Oliva, C. (2014). Selección, identificación y distribución de malezas (adventicias), en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazonas. *Revista INDES*, 2(1): 71-79.
- Vásquez, H., Quilcate, C., & Oliva, M. (2017). Evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras para el mejoramiento alimenticio del ganado bovino en la cuenca ganadera Florida. *RIGBA*, 1(1): 69-75.
- Veldakamp, E. (1993). Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. 120 p.
- Vilchez, S., Harvey, C., Sánchez, D., Medina, A., & Hernández, B. (2004). *Diversidad de aves en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua*. *Revista Encuentro de la Universidad Centroamericana*. 68: 60–75.
- Villalobos, L., Arce, J. & WingChing, R. (2013). Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 37(2): 91-103.
- Wilson, J.R., & Ludlow, M.M. (1991). The environment and potential growth of herbage under plantations. *Forages for Plantation Crops* (ed. Shelton, HM and Stur, WW) *ACIAR Proceedings*, 32: 10-24.
- Wilson, J.R. & Wild, D.W.M. (1991). Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: Shelton, H.M., Stur, W.W. (Eds.), *Forages for Plantation Crops*. ACIAR Proceedings No. 32. ACIAR, Canberra, pp. 77–82.
- Yamamoto, W., Ap Dewi, I. & Ibrahim, M. (2007). Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems*, 94(2): 368-375.
- Young, A., 1997. *Agroforestry for soil management*, second ed. CAB International. 320 p.

Xia, Y., Fabian, P., Stohl, A., & Winterhalter, M. (1999). Forest climatology: reconstruction of mean climatological data for Bavaria, Germany, *Agricultural and Forest Meteorology*. 96: 117-129.

Anexo 2. Cartilla de identificación de especies de los ASP con aliso y SCA, en campo - Método "Transecto lineal"

		Repetición de muestreo			
		Nombre común			
Punto	Suelo desnudo	1	2	3	4
1		Rye grass			
2					
3	x				
4					
5		Siso			
6					
7		Sacha Llantén			
8					
.					
.	x				
49					
50					

Anexo 3. Especies herbáceas encontradas en los ASP con aliso y SCA (%)

ID	Nombre común	Familia	Nombre científico	SCA	ADP	AEC	CV
1	Trébol blanco	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	7	13	12	8
2	Gramma colorada	Poaceae	<i>Brachiaria brizantha</i>	9	2	2	6
3	Diente de león	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	7	1	1	0
4	Lengua de vaca	Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i>	11	6	6	6
5	Rey Grass Italiano	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i>	15	19	31	21
6	Piri piri	Cyperaceae	<i>Cyperus sp. L.</i>	4	3	3	2
7	Sacha llantén	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata L.</i>	4	2	7	4
8	Cola de caballo	Equisetaceae	<i>Equisetum giganteum</i>	4	0	0	0
9	Arvensis	Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i>	1	4	4	1
10	Sombrerito	Araliaceae	<i>Hydrocotyle humboldtii A. Rich.</i>	3	2	2	1
11	Pata de gallina	Poaceae	<i>Paspalidium geminatum (Forsk.) Stapf</i>	2	0	0	0
12	Pasto oவில்lo	Poaceae	<i>Dactylis glomerata L</i>	4	6	8	6
13	Ageratina	Asteraceae	<i>Ageratina azangaroensis</i>	1	0	0	0
14	Pajilla	Poaceae	<i>Sporobolus indicus (L.) R. Br.</i>	4	0	0	0
15	Verbena	Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i>	1	0	0	0
16	Totorilla	Cyperaceae	<i>Eleocharis geniculata (L.) Roem. & Schult.</i>	7	2	2	2
17	Elecho	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris sp. Schmidl</i>	4	3	2	5
18	Siso	Asteraceae	<i>Philoglossa mimuloides</i>	8	7	5	7
19	Kikuyo	Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	1	16	11	16
20	Lino	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum Flugge</i>	0	8	1	8
21	Nicarion	Poaceae	<i>Setaria sphacelata</i>	0	3	1	5
22	Trébol rojo	Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>	0	3	3	2
23	Suelo desnudo	Suelo descubierto		7	2	2	3
TOTAL				100	100	100	100

Anexo 4. Especies herbáceas encontradas en los ASP con aliso y SCA



Trifolium repens



Trifolium pratense



Pennisetum clandestinum



Lolium multiflorum



Dactylis glomerata L



Brachiaria brizantha



*Paspalidium geminatum (Forssk.)
Stapf*



Sporobolus indicus (L.) R. Br.



Paspalum bonplandianum Flugge



Setaria sphacelata



Philoglossa mimuloides



Taraxacum officinale



Verbena litoralis



Rumex obtusifolius



Cyperus sp. L.



Ageratina azangaroensis



Eleocharis geniculata (L.) Roem. & Schult.



Equisetum giganteum



Plantago lanceolata L.



Anagallis arvensis



Thelypteris sp. Schmidl



Hydrocotyle humboldtii A. Rich.

Anexo 5. Resultados del análisis de suelos: Caracterización



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

1. DATOS :

Solicitante : JOSÉ AMÉRICO SAUCEDO URIARTE

Departamento : AMAZONAS

Distrit : MOLINOPAMPA

Anexos : OCOL,PUMAHERMANA Y SANTA CRUZ DE TINGO

Provincia : CHACHAPOYAS

Fecha : 09/08/17

B.V. :

2. RESULTADO DEL ANALISIS SOLICITADO

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) mS/m	P ppm	K	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺² meq/100g	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
253	SCA-SCT	6.35	0.13	3.89	122.98	2.82	4.86	0.24	54.0	21.3	24.7	Fr.Ar.A	31.20	20.78	0.99	0.26	0.36	0.00	22.38	22.38	72
254	ADP-SCT	4.57	0.10	14.95	101.97	3.16	5.44	0.27	49.3	32.7	18.0	Fr.	12.80	3.50	0.49	0.22	0.34	0.89	5.45	4.55	36
255	AEC-SCT	6.41	0.07	19.47	185.95	3.79	6.53	0.33	45.3	28.0	26.7	Fr.	34.40	23.60	1.82	0.43	0.21	0.00	26.06	26.06	76
256	CV-SCT	5.98	0.27	3.31	169.05	4.00	6.90	0.34	45.3	30.0	24.7	Fr.	36.00	28.53	0.87	0.33	0.26	0.13	30.11	29.99	83
257	SCA-MOLINO	5.27	0.06	6.58	325.69	2.61	4.50	0.23	55.3	24.0	20.7	Fr.Ar.A	28.00	10.62	1.34	0.99	0.21	0.11	13.28	13.17	47
258	ADP-MOLINO	4.83	0.07	5.52	149.17	2.95	5.08	0.25	48.0	19.3	32.7	Fr.Ar.A	16.00	5.49	0.57	0.38	0.20	0.27	6.91	6.64	42
259	AEC-MOLINO	4.87	0.06	6.48	127.12	3.83	6.61	0.33	61.3	18.0	20.7	Fr.Ar.A	14.40	4.37	0.66	0.32	0.38	0.30	6.04	5.73	40
260	CV-MOLINO	6.73	0.23	2.16	115.68	4.42	7.62	0.38	57.3	8.0	34.7	Fr.Ar.A	31.20	24.54	0.71	0.25	0.39	0.00	25.91	25.91	83
261	SCA-PUMA	6.23	0.08	4.56	100.61	2.40	4.14	0.21	39.3	30.0	30.7	Fr.Ar.	36.80	25.41	0.60	0.26	0.37	0.00	26.64	26.64	72
262	ADP-PUMA	6.28	0.32	4.27	164.91	5.05	6.71	0.44	41.3	20.0	38.7	Fr.Ar.	38.40	31.87	2.44	0.33	0.24	0.00	34.88	34.88	91
263	AEC-PUMA	6.36	0.19	4.46	365.30	2.95	5.08	0.25	55.3	14.0	30.7	Fr.Ar.A	32.00	22.84	1.93	0.93	0.24	0.00	25.95	25.95	81
264	CV-PUMA	5.57	0.29	1.19	198.35	2.53	4.36	0.22	60.0	15.3	24.7	Fr.Ar.A	31.20	17.67	1.10	0.46	0.21	0.25	19.68	19.44	62
265	SCA-OCOL	5.75	0.18	1.68	350.46	1.47	2.54	0.13	49.3	24.0	26.7	Fr.Ar.A	32.80	19.42	2.13	0.77	0.39	0.88	23.60	22.72	69
266	ADP-OCOL	5.75	0.11	3.12	260.25	1.89	3.27	0.16	40.0	17.3	42.7	Ar.	34.40	20.87	1.49	0.63	0.24	0.36	23.58	23.23	68
267	AEC-OCOL	7.43	0.41	8.31	181.58	4.00	6.90	0.34	59.3	18.7	22.0	Fr.Ar.A	33.66	31.16	1.87	0.42	0.22	0.00	33.66	33.66	100
268	CV-OCOL	7.02	0.50	2.44	147.58	2.11	3.63	0.18	39.3	18.0	42.7	Ar.	33.39	30.89	1.98	0.30	0.21	0.00	33.39	33.39	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L. = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;

Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Edgar Chichipó Vela
 Director del Laboratorio de Suelos y Aguas

Anexo 6. Resultados del análisis nutricional del componente forrajero



LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y BROMATOLOGIA DE ALIMENTOS UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.

CLIENTE: JOSÉ AMÉRICO SAUCEDO URIARTE

MUESTRA	Hd ¹ (%)	Cza ² (%)	EE ³ (%)	FC ⁴ (%)	PT ⁵ (%)	ELN ⁶ (%)	FDN ⁷ (%)	FDA ⁸ (%)	EB ⁹ Kcal/Kg
CV-P-1	6,956	7,130	2,230	26,877	14,690	42,117	65,960	41,256	4599
CV-M-1	6,924	7,450	2,853	26,140	14,798	41,835	61,004	36,906	4672
CV-O-1	6,886	7,435	2,206	30,277	14,856	38,340	68,233	39,566	4664
CV-S-1	6,966	7,680	2,630	25,437	14,853	42,435	57,310	35,026	4518
AEC-P-1	3,860	10,080	3,129	27,794	17,314	37,822	60,602	46,315	4874
AEC-M-1	3,792	9,935	2,996	27,210	17,318	38,749	56,450	35,616	4879
AEC-O-1	3,778	9,430	3,063	27,430	17,482	38,818	66,400	37,359	4890
AEC-S-1	3,472	9,685	3,143	26,505	17,438	39,758	64,807	38,742	4815
ADP-P-1	5,216	7,865	4,696	29,567	16,247	36,409	63,134	37,326	4535
ADP-M-1	5,210	8,385	4,643	29,670	15,933	36,159	59,514	34,197	4555
ADP-O-1	4,908	7,945	4,229	29,430	15,867	37,621	64,717	37,267	4511
ADP-S-1	5,232	8,385	4,926	29,604	16,046	35,807	61,440	37,110	4,511
SCA-P-1	5,656	5,805	5,662	29,484	11,062	42,331	60,124	38,556	4585
SCA-M-1	5,872	6,055	5,153	28,172	10,940	43,809	54,095	32,933	4536
SCA-O-1	5,882	5,875	5,259	30,710	11,004	41,270	66,210	41,846	4573
SCA-S-1	5,958	5,940	5,183	29,447	10,678	42,794	60,868	34,477	4527
CV-P-2	4,926	5,610	5,436	30,110	13,966	39,952	62,641	37,080	4368
CV-M-2	5,000	5,960	5,120	23,210	14,170	46,540	65,880	35,630	4320
CV-O-2	5,098	5,960	5,159	26,425	14,177	43,181	59,894	35,586	4297
CV-S-2	5,144	6,080	5,353	28,744	14,347	40,332	62,544	36,426	4309
AEC-P-2	2,884	6,055	4,146	21,858	15,398	49,659	61,700	41,578	4300
AEC-M-2	2,782	6,125	4,340	23,360	15,534	47,859	66,463	39,764	4315
AEC-O-2	2,834	6,050	4,376	30,590	15,162	40,988	60,366	41,870	4311
AEC-S-2	2,710	6,060	4,420	23,228	15,464	48,119	62,842	39,600	4304
ADP-P-2	3,866	4,800	5,636	23,460	14,063	48,175	65,753	38,793	4389
ADP-M-2	3,962	4,640	5,233	28,790	13,955	43,420	64,890	34,967	4,391
ADP-O-2	3,848	5,035	5,309	24,188	14,128	47,492	63,024	35,066	4,393

UNTRM-LNABA-
DIRECCION: Ciudad Universitaria-El franco-Higos Urco. Cel:975406826
www.igbi.edu.pe/www.untrm.edu.pe
CHACHAPOYAS - PERU

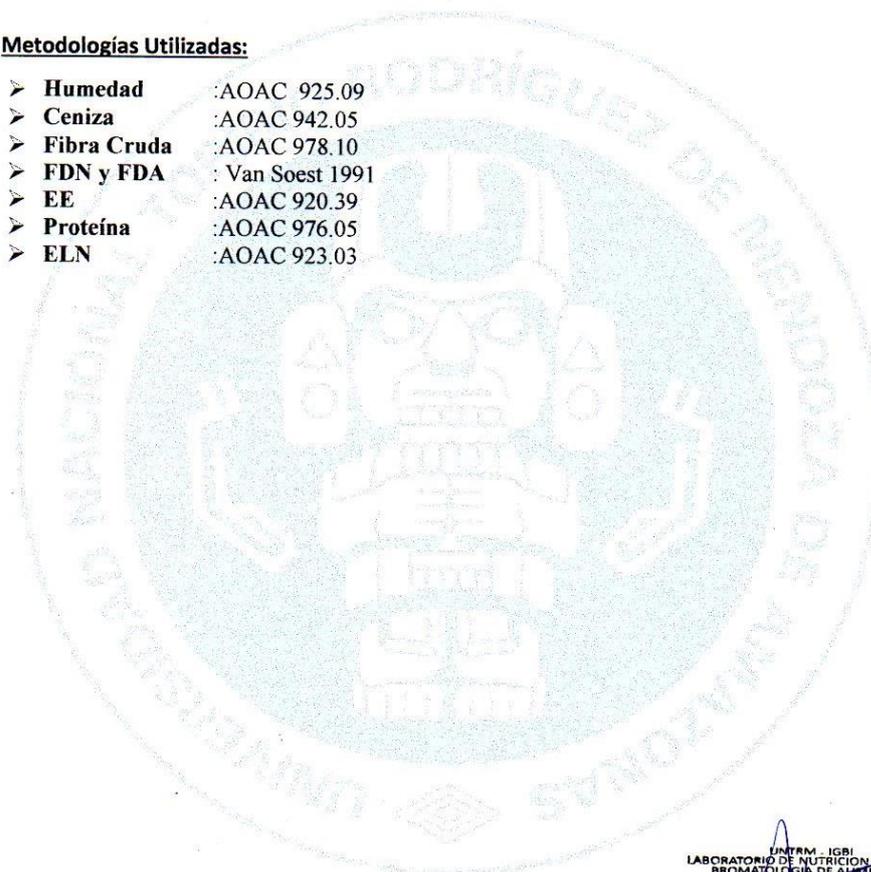
UNTRM - IGBI
LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y
BROMATOLOGIA DE ALIMENTOS
ING. WILMER BERNAL M.
RESPONSABLE

ADP-S-2	3,858	5,050	5,910	28,864	13,912	42,406	68,640	38,091	4,395
SCA-P-2	4,866	5,580	4,803	22,880	9,387	52,484	59,688	38,136	4,455
SCA-M-2	4,720	6,050	4,663	31,284	9,749	43,534	71,750	38,890	4,462
SCA-O-2	4,792	5,795	4,856	26,065	9,516	48,976	66,230	38,640	4,473
SCA-S-2	4,688	5,630	4,850	25,427	9,387	50,017	67,923	35,916	4,456

¹Humedad, ²Cenizas, ³Extracto etéreo, ⁴Fibra Cruda, ⁵Proteína total, ⁶Extracto libre de nitrógeno, ⁷Fibra detergente neutro, ⁸Fibra detergente ácido, ⁹Energía bruta

Metodologías Utilizadas:

- **Humedad** :AOAC 925.09
- **Ceniza** :AOAC 942.05
- **Fibra Cruda** :AOAC 978.10
- **FDN y FDA** : Van Soest 1991
- **EE** :AOAC 920.39
- **Proteína** :AOAC 976.05
- **ELN** :AOAC 923.03



UNTRM - IGBI
LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y
BROMATOLOGÍA DE ALIMENTOS

ING. WILMER BERNAL M
RESPONSABLE

UNTRM-LNABA-
DIRECCION: Ciudad Universitaria-El franco-Higos Urco.
www.igbi.edu.pe/www.untrm.edu.pe
CHACHAPOYAS - PERU

Anexo 7. Análisis nutricional del CF de los ASP con aliso y SCA, en época de lluvia

Pruebas de los efectos inter-sujetos: Análisis nutricional del componente forrajero evaluado en época de lluvia						
Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de L	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	Ceniza	1009.746	7	144.249	3078.918	0.000
	EE	261.274	7	37.325	620.527	0.000
	FC	12897.153	7	1842.450	1609.283	0.000
	PT	3589.511	7	512.787	24178.858	0.000
	ELN	25376.494	7	3625.213	2264.5789	0.000
	FDN	61532.869	7	8790.410	1155.699	0.000
	FDA	22946.034	7	3278.005	490.660	0.000
	EB	344.806	7	49.258	44221.709	0.000
Sistema	Ceniza	30.907	3	10.302	219.894	0.000
	EE	20.824	3	6.941	115.402	0.000
	FC	21.224	3	7.075	6.179	0.014
	PT	92.958	3	30.986	1461.050	0.000
	ELN	85.5235	3	28.5078	17.808	0.000
	FDN	16.410	3	5.470	0.719	0.565
	FDA	22.159	3	7.386	1.106	0.396
	EB	0.283	3	0.094	84.799	0.000
Bloque (Lugar)	Ceniza	0.245	3	0.082	1.740	0.228
	EE	0.192	3	0.064	1.061	0.413
	FC	7.636	3	2.545	2.223	0.155
	PT	0.018	3	0.006	0.286	0.834
	ELN	3.6103	3	1.2034	0.7517	0.548
	FDN	152.747	3	50.916	6.694	0.011
	FDA	85.260	3	28.420	4.254	0.040
	EB	0.012	3	0.004	3.712	0.055
Error	Ceniza	0.422	9	0.047		
	EE	0.541	9	0.060		
	FC	10.304	9	1.145		
	PT	0.191	9	0.021		
	ELN	14.408	9	1.6008		
	FDN	68.455	9	7.606		
	FDA	60.127	9	6.681		
	EB	0.010	9	0.001		
Total	Ceniza	1010.168	16			
	EE	261.815	16			
	FC	12907.457	16			
	PT	3589.702	16			
	ELN	25390.902	16			
	FDN	61601.324	16			
	FDA	23006.161	16			
	EB	344.817	16			

Anexo 7.1. Análisis nutricional del CF de los ASP con aliso y SCA, en época seca

Pruebas de los efectos inter-sujetos: Análisis nutricional del componente forrajero evaluado en época seca						
Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de L	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	CENIZA	515.387	7	73.627	2451.275	0.000
	EE	399.681	7	57.097	2124.518	0.000
	FIBRA	10970.836	7	1567.262	114.442	0.000
	PROTEINA	2897.349	7	413.907	16879.767	0.000
	ELN	33691.805	7	4813.115	348.864	0.000
	FDN	66446.581	7	9492.369	1372.775	0.000
	FDA	23009.485	7	3287.069	1715.021	0.000
	ENERGIA	305.768	7	43.681	133615.415	0.000
Sistema	CENIZA	3.386	3	1.129	37.577	0.000
	EE	3.384	3	1.128	41.970	0.000
	FIBRA	11.922	3	3.974	0.290	0.832
	PROTEINA	79.948	3	26.649	1086.805	0.000
	ELN	82.086	3	27.362	1.983	0.1871
	FDN	42.227	3	14.076	2.036	0.179
	FDA	48.728	3	16.243	8.475	0.005
	ENERGIA	0.060	3	0.020	60.850	0.000
Bloque (Lugar)	CENIZA	0.111	3	0.037	1.230	0.354
	EE	0.188	3	0.063	2.329	0.143
	FIBRA	13.412	3	4.471	0.326	0.806
	PROTEINA	0.047	3	0.016	0.641	0.608
	ELN	16.329	3	5.443	0.395	0.760
	FDN	68.746	3	22.915	3.314	0.071
	FDA	6.007	3	2.002	1.045	0.419
	ENERGIA	0.000	3	0.000	0.331	0.803
Error	CENIZA	0.270	9	0.030		
	EE	0.242	9	0.027		
	FIBRA	123.254	9	13.695		
	PROTEINA	0.221	9	0.025		
	ELN	124.169	9	13.797		
	FDN	62.233	9	6.915		
	FDA	17.250	9	1.917		
	ENERGIA	0.003	9	0.000		
Total	CENIZA	515.658	16			
	EE	399.923	16			
	FIBRA	11094.089	16			
	PROTEINA	2897.570	16			
	ELN	33815.974	16			
	FDN	66508.814	16			
	FDA	23026.735	16			
	ENERGIA	305.771	16			

Anexo 8. Características químicas del suelo de los ASP con aliso y SCA

Pruebas de los efectos inter-sujetos: Análisis químico del suelo de los arreglos silvopastoriles y sistemas a campo abierto						
Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	pH	573.618	7	81.945	150.9556	0.0000
	CE	0.77974375	7	0.111	12.2925	0.0006
	P	779.3297438	7	111.333	8.5156	0.0023
	K	618832.656	7	88404.665	9.5723	0.0015
	C	163.083925	7	23.298	27.9980	0.0000
	MO	484.6993938	7	69.243	27.9096	0.0000
	N	1.205975	7	0.172	27.2862	0.0000
	Sistema	pH	2.37745	3	0.792	1.4599
CE		0.10081875	3	0.034	3.7086	0.0550
P		125.8685188	3	41.956	3.2091	0.0761
K		13268.56002	3	4422.853	0.4789	0.7049
C		3.785225	3	1.262	1.5163	0.2758
MO		11.23221875	3	3.744	1.5091	0.2775
N		0.026225	3	0.009	1.3845	0.3092
Bloque (Lugar)		pH	2.41805	3	0.806	1.4848
	CE	0.08986875	3	0.030	3.3058	0.0713
	P	119.9667188	3	39.989	3.0587	0.0842
	K	17792.70707	3	5930.902	0.6422	0.6069
	C	3.173675	3	1.058	1.2713	0.3416
	MO	9.38786875	3	3.129	1.2613	0.3447
	N	0.024125	3	0.008	1.2736	0.3409
	Error	pH	4.8856	9	0.543	
CE		0.08155625	9	0.009		
P		117.6653563	9	13.074		
K		83119.55171	9	9235.506		
C		7.489075	9	0.832		
MO		22.32870625	9	2.481		
N		0.056825	9	0.006		
Total		pH	578.5036	16		
	CE	0.8613	16			
	P	896.9951	16			
	K	701952.2077	16			
	C	170.573	16			
	MO	507.0281	16			
	N	1.2628	16			

Anexo 9. Cationes cambiabes y CIC del suelo de los ASP con aliso y SCA

Pruebas de los efectos inter-sujetos: Cationes cambiabes (mEq/100g), del suelo de los arreglos silvopastoriles y SCA						
Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	CIC	14719.0081	7	2102.7154	41.891	0.0000
	Ca	7180.1959	7	1025.7423	14.605	0.0003
	Mg	30.5764	7	4.3681	12.300	0.0006
	K	3.5760	7	0.5109	7.270	0.0041
	Na	1.2675	7	0.1811	23.823	0.0000
	AlH	1.0209	7	0.1458	1.412	0.3080
	CIC	145.7225	3	48.5742	0.968	0.4494
Sistema	Ca	204.7838	3	68.2613	0.972	0.4476
	Mg	0.3782	3	0.1261	0.355	0.7869
	K	0.1470	3	0.0490	0.697	0.5767
	Na	0.0154	3	0.0051	0.674	0.5893
	AlH	0.2452	3	0.0817	0.791	0.5286
	CIC	373.5842	3	124.5281	2.481	0.1273
	Ca	512.8600	3	170.9533	2.434	0.1319
Lugar (Bloque)	Mg	2.6620	3	0.8873	2.499	0.1256
	K	0.1166	3	0.0389	0.553	0.6588
	Na	0.0033	3	0.0011	0.146	0.9300
	AlH	0.1397	3	0.0466	0.451	0.7229
	CIC	451.7596	9	50.1955		
Error	Ca	632.1070	9	70.2341		
	Mg	3.1961	9	0.3551		
	K	0.6324	9	0.0703		
	Na	0.0684	9	0.0076		
	AlH	0.9296	9	0.1033		
Total	CIC	15170.7677	16			
	Ca	7812.3028	16			
	Mg	33.7725	16			
	K	4.2084	16			
	Na	1.3359	16			
	AlH	1.9505	16			

Anexo 10. Compactación del suelo de los ASP con aliso y SCA en (psi).

Prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Estadísticos de contraste: Compactación del suelo en PSI						
Muestras relacionadas	1 con 2 ^a	1 con 3 ^b	1 con 4 ^c	2 con 3 ^d	2 con 4 ^e	3 con 4 ^f
U de Mann-Whitney	0	0	0	59	0	3
W de Wilcoxon	820	820	820	879	820	823
Z	-7.6996	-7.7005	-7.7020	-7.1333	-7.7020	-7.6740
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

*No se cumple la normalidad y homogeneidad de los datos, ^a árboles en callejones con árboles dispersos en potreros, ^b árboles en callejones con cercas vivas, ^c árboles en callejones con sistema a campo abierto, ^d Árboles dispersos en potreros con cercas vivas, ^e árboles dispersos en potreros con sistema a campo abierto, ^f cercas vivos con sistema a campo abierto.

Anexo 11. Productividad del CF (kg/m²) de los ASP con aliso y SCA, edad promedio de 60 días, época de lluvia

Variable de agrupación: Sistema con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Estadísticos de contraste: Biomasa CF en época de lluvia						
Muestras relacionadas	1 con 2 ^a	1 con 3 ^b	1 con 4 ^c	2 con 3 ^d	2 con 4 ^e	3 con 4 ^f
U de Mann-Whitney	85.5	23	2.5	693.5	242.5	258
W de Wilcoxon	905.5	843	822.5	1513.5	1062.5	1078
Z	-6.8829	-7.4834	-7.6856	-1.0303	-5.4018	-5.2494
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.3029	0.0000	0.0000

* No se cumple la normalidad, ^a árboles en callejones con árboles dispersos en potreros, ^b árboles en callejones con cercas vivas, ^c árboles en callejones con sistema a campo abierto, ^d árboles dispersos en potreros con cercas vivas, ^e árboles dispersos en potreros con sistema a campo abierto, ^f cercas vivos con sistema a campo abierto.

Anexo 11.1. Productividad del CF (kg/m²) de los ASP con aliso y SCA, edad promedio de 60 días, en época seca

Variable de agrupación: Sistema con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Estadísticos de contraste: Biomasa CF en época seca						
Muestras relacionadas	1 con 2 ^a	1 con 3 ^b	1 con 4 ^c	2 con 3 ^d	2 con 4 ^e	3 con 4 ^f
U de Mann-Whitney	106	23	0	797	351	253
W de Wilcoxon	926	843	820	1617	1171	1073
Z	-6.6795	-7.4785	-7.6994	-0.0289	-4.3237	-5.2666
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.9770	0.0000	0.0000

* No se cumple la normalidad, ^a árboles en callejones con árboles dispersos en potreros, ^b árboles en callejones con cercas vivas, ^c árboles en callejones con sistema a campo abierto, ^d árboles dispersos en potreros con cercas vivas, ^e árboles dispersos en potreros con sistema a campo abierto, ^f cercas vivos con sistema a campo abierto.

Anexo 12. Materia seca del CF (%) de los ASP y SCA, edad promedio de 60 días, época de lluvia

Pruebas de los efectos inter-sujetos: Materia seca en época de lluvia					
Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de L	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	6699.2025	7	957.0289	13100.0158	0.0000
Sistema	15.1875	3	5.0625	69.2966	0.0000
Bloque (Lugar)	0.9525	3	0.3175	4.3460	0.0375
Error	0.6575	9	0.0731		
Total	6699.8600	16			

Anexo 12.1. Materia seca del CF (%) de los ASP y SCA, edad promedio de 60 días en época seca

Pruebas de los efectos inter-sujetos: Materia seca en época seca					
Fuente	Suma de cuadrados tipo III	Grados de L	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	5589.5825	7	798.5118	16426.5282	0.0000
Sistema	31.5875	3	10.5292	216.6000	0.0000
Bloque (Lugar)	0.2925	3	0.0975	2.0057	0.1838
Error	0.4375	9	0.0486		
Total	5590.0200	16			

Anexo 13. Temperatura ambiente promedio tomado cada cuatro horas al día, en ASP con aliso y SCA

ID	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
N°	111	111	111	111	111	111
SCA	24.07±0.16 ^a	18.03±0.13 ^a	12.12±0.17 ^b	9.04±0.07 ^d	5.04±0.13 ^d	14.06±0.11 ^b
ADP	20.14±0.16 ^c	14.09±0.14 ^c	12.06±0.10 ^c	9.19±0.15 ^b	8.45±0.16 ^b	14.03±0.22 ^b
AEC	18.28±0.20 ^d	13.52±0.32 ^d	11.16±0.12 ^d	10.18±0.14 ^a	9.31±0.17 ^a	14.21±0.13 ^a
CV	21.50±0.22 ^b	16.10±0.10 ^b	12.25±0.15 ^a	9.12±0.14 ^c	8.19±0.20 ^c	13.17±0.15 ^c

^{abcd} Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas al ($p < 0.05$), Prueba U de Mann-Whitney

Anexo 14. Humedad relativa promedio tomado cada cuatro horas al día en ASP con aliso y SCA

ID	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
N°	111	111	111	111	111	111
SCA	45.17±0.28 ^d	75.29±0.48 ^c	95.77±0.57 ^c	98.08±0.16 ^c	100±0.0 ^a	77.99±0.18 ^b
ADP	62.18±0.32 ^a	82.21±0.60 ^b	96.06±0.42 ^b	98.10±0.16 ^b	99.82±0.12 ^b	75.21±2.19 ^d
AEC	56.52±1.36 ^c	86.46±0.29 ^a	98.05±0.65 ^a	99.66±0.18 ^a	99.57±0.13 ^c	78.41±0.37 ^a
CV	58.16±0.18 ^b	64.24±0.22 ^d	94.30±0.23 ^d	98.15±0.12 ^b	99.37±0.25 ^d	76.14±0.15 ^c

^{abcd} Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas al ($p < 0.05$), Prueba U de Mann-Whitney

Anexo 15. Temperatura ambiente promedio tomado cada cuatro horas al día, en ASP con aliso y SCA

Variable de agrupación: SCA con ADP con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	4964	2237	0	5973
W de Wilcoxon	6216	6216	11180	8453	6216	12189
Z	-13.041	-13.109	-2.656	-8.576	-13.449	-0.420
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0079	0.0000	0.0000	0.6745
Variable de agrupación: SCA con AEC con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	0	0	0	2398.5
W de Wilcoxon	6216	6216	6216	6216	6216	8614.5
Z	-13.039	-13.023	-12.986	-13.219	-13.130	-8.099
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: SCA con CV con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	3299	4580	0	0
W de Wilcoxon	6216	6216	9515	10796	6216	6216
Z	-12.991	-13.101	-6.113	-3.612	-13.177	-13.080
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: ADP con AEC con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	37.5	0	0	0	2412.5
W de Wilcoxon	6216	6253.5	6216	6216	6216	8628.5
Z	-13.020	-12.926	-13.058	-13.134	-13.303	-8.059
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: ADP con CV con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	2019	4470.5	1852.5	111
W de Wilcoxon	6216	6216	8235	10686.5	8068.5	6327
Z	-12.973	-13.081	-8.949	-3.667	-9.370	-12.805
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: AEC con CV con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	0	0	0	0
W de Wilcoxon	6216	6216	6216	6216	6216	6216
Z	-12.970	-12.996	-12.952	-13.139	-13.040	-12.994
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

* No se cumple la normalidad y homogeneidad

Anexo 16. Humedad relativa promedio tomado cada cuatro horas al día, bajo ASP con aliso y SCA

Variable de agrupación: SCA con ADP con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	4432	4690	0	222
W de Wilcoxon	6216	6216	10648	10906	6216	6438
Z	-12.988	-13.003	-3.644	-3.224	-14.081	-12.643
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0003	0.0013	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: SCA con AEC con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	0	0	0	2073
W de Wilcoxon	6216	6216	6216	6216	6216	8289
Z	-12.977	-12.959	-12.911	-13.061	-13.852	-8.872
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: SCA con CV con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	67	3509.5	333	0
W de Wilcoxon	6216	6216	6283	9725.5	6549	6216
Z	-13.027	-12.970	-12.771	-5.955	-13.277	-13.172
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: ADP con AEC con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	22.5	28	0	1166	222
W de Wilcoxon	6216	6238.5	6244	6216	7382	6438
Z	-12.926	-12.908	-12.903	-12.987	-10.741	-12.449
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: ADP con CV con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	0	0	0	5460.5	1007.5	661
W de Wilcoxon	6216	6216	6216	11676.5	7223.5	6877
Z	-12.976	-12.966	-12.961	-1.525	-11.108	-11.586
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.1272	0.0000	0.0000
Variable de agrupación: AEC con CV con prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney)*						
Variable	12:00 pm	16:00 pm	20:00 pm	00:00 am	04:00 am	08:00 am
U de Mann-Whitney	444	0	0	0	2610.5	0
W de Wilcoxon	6660	6216	6216	6216	8826.5	6216
Z	-12.031	-12.922	-12.924	-13.046	-7.543	-12.969
Sig. asintót. (bilateral)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

* No se cumple la normalidad y homogeneidad