

Arreglos silvopastoriles con especie arbórea *Alnus acuminata* (aliso) y su efecto sobre los factores ambientales de sistemas ganaderos

SAUCEDO, J.¹; OLIVA, M.¹; MAICELO, J.L.¹; QUISPE, H.¹; MELÉNDEZ, J.B.¹

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles constituyen sistemas de producción sostenible y también una alternativa que no solo sirve para mitigar el efecto del cambio climático, sino también para adaptarse a este. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de arreglos silvopastoriles con *Alnus acuminata* (árboles en callejones, árboles dispersos en potreros, cercas vivas) sobre los factores ambientales como la temperatura y humedad relativa. Las evaluaciones se realizaron en cuatro localidades del distrito de Molinopampa (Molinopampa, Santa Cruz del Tingo, Pumahermana y Ocol), región Amazonas (Perú), durante el periodo de noviembre del 2016 a octubre del 2017. Se consideraron 16 potreros con homogeneidad en edad y densidad de árboles, y componente forrajero, establecidos bajo un diseño de bloques completos al azar. Los datos se registraron con una frecuencia de cuatro horas y se procesaron mediante las pruebas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney por pares ($p < 0,05$). Los resultados muestran la existencia de diferencias estadísticas para la temperatura y la humedad de los arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto. Los arreglos con árboles en callejones registraron menor variación de temperatura y humedad relativa del aire permitiendo generar un microclima favorable para el desarrollo del componente forrajero y el confort del ganado; asimismo, minimizan el efecto del cambio climático.

Palabras clave: bienestar animal, humedad relativa, microclima, producción, temperatura.

ABSTRACT

*Silvopastoral systems constitute sustainable production systems and also an alternative that not only serves to mitigate the effect of climate change, but also to adapt to it. The objective of this study was to evaluate the effect of silvopastoral arrangements with *Alnus acuminata* (trees in alleys, scattered trees in paddocks, living fences) on environmental factors such as temperature and relative humidity. The evaluations were carried out in four locations in the district of Molinopampa (Molinopampa, Santa Cruz del Tingo, Pumahermana and Ocol), Amazonas region (Peru); during the period from November 2016 to October 2017. Sixteen paddocks with homogeneity in age and density of trees, and fodder component, established under a randomized complete blocks design, were considered. The data were recorded with a frequency of four hours and processed by the Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U tests in pairs ($p < 0.05$). The results show the existence of statistical differences for temperature and relative humidity of the silvopastoral and open field systems. Arrangements with trees in alleys registered less variation of temperature and relative humidity of the air, allowing to generate a favorable microclimate for the development of the forage component and the comfort of the livestock; they also minimize the effect of climate change.*

Keywords: animal welfare, relative humidity, microclimate, production, temperature.

¹Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Calle Higos Urco, N.° 342-350-356, 01001, Amanzonas, Perú. Correo electrónico: soliva@indes-ces.edu.pe

INTRODUCCIÓN

En el Perú la crianza de ganado bovino tiene relevancia económica, aunque presenta un deficiente nivel tecnológico. Esto se ve reflejado en la necesidad de emplear grandes áreas del territorio nacional para su desarrollo bajo el modelo de sistema a campo abierto (SCA). El establecimiento de nuevos pastizales tiene como característica la pérdida de componente arbóreo (deforestación), la cual origina que el ganado bovino se desarrolle a expensas de una gran variabilidad climática. Las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos) particulares de cada zona agroecológica pueden afectar negativamente el desarrollo del componente forrajero así como también al desempeño de los animales que no están adaptados a estas condiciones (Navas, 2010).

La falta de cobertura arbórea causa varios problemas ecológicos (fenómenos climáticos extremos, erosión del suelo, contaminación del agua, disminución de la biodiversidad, entre otros) que resultan en problemas económicos y sociales. El modelo extensivo en el que se basa la ganadería, la mala calidad de las pasturas naturales producto de la poca inversión en mejorar los potreros y las restricciones tecnológicas originan que el ganadero le otorgue poco valor a la existencia de árboles en su sistema productivo (García-Barrios y González-Espinosa, 2017). Sin embargo, frente a esta problemática existen alternativas como los sistemas silvopastoriles (árbol + pasto), agroforestales (cultivos agrícolas + árboles) y agrosilvopastoriles (cultivos agrícolas + árboles + pasto) que mejoran los potreros sin afectar la biodiversidad, por lo que es una opción para cubrir los pastizales (Vilchez *et al.*, 2004; Navas, 2007; Nair *et al.*, 2009).

Asimismo, existen los arreglos silvopastoriles (ASP) como las cercas vivas (CV) en la que árboles y arbustos son instalados principalmente para delimitar potreros (Galindo y Murgueitio, 2003), árboles dispersos en potreros (ADP) con especies arbóreas multiestrato y multipropósito que se encuentran dentro de los potreros en diferentes arreglos y distanciamientos (Beer *et al.*, 2003) y árboles en callejones (AEC) donde la siembra de forrajes se realiza entre las hileras de árboles o arbustos (Ibrahim y Camargo, 2001). Estos arreglos contribuyen en la mejora del balance hídrico, reduciendo la evaporación y el estrés calórico en los animales, fijan el CO₂ en los árboles y diversifican la producción (madera, leña, frutos y semillas), de manera que se incrementen los ingresos económicos (Ojeda *et al.*, 2003).

Según mencionan Wilson y Ludlow (1991) y Reynolds (1995), bajo la copa de árboles de un ASP se reduce la temperatura entre 2 °C a 9°C, lo que permite lograr valores de temperatura cercanos o dentro de la zona de confort de los animales; ello representa una regulación en la temperatura corporal del animal y consecuentemente un ahorro de energía en el requerimiento del vacuno productor de leche (Navas, 2010), incrementando su producción entre un 15 y 20% respecto de los animales establecidos en sistemas sin componente arbóreo (Villanueva *et al.*, 2018).

En el distrito de Molinopampa, región Amazonas (norte de Perú), los ASP con *Alnus acuminata* han ido tomando

mayor relevancia; los más comunes son CV (51%), ADP (41%) y AEC (8%) (Oliva, 2016). Aunque son múltiples los beneficios otorgados por la presencia de árboles dentro de los potreros, en nuestras regiones ganaderas se carece de estudios que den a conocer sus bondades para la producción de ganado bovino. Por lo tanto, el presente estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto de los ASP con *Alnus acuminata* (AEC, ADP y CV) sobre los factores ambientales (temperatura y humedad relativa) de sistemas de producción ganadera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ejecutó entre los meses de noviembre del 2016 a octubre del 2017, en cuatro localidades (Molinopampa (6° 11' 45" S, 77° 38' 15" O), Santa Cruz del Tingo (6° 13' 25" S, 77° 37' 15" O), Pumahermana (6° 11' 45" S, 77° 38' 15" O), Santa Cruz del Tingo (6° 13' 25" S, 77° 37' 15" O), Pumahermana (6° 14' 27" S, 77° 34' 36" O) y Ocol (6° 16' 1" S, 77° 34' 4" O)) pertenecientes al distrito de Molinopampa, región Amazonas (Perú). Estas localidades presentan un clima ligeramente húmedo y templado cálido, con temperatura promedio anual de 14,5 °C y precipitación promedio anual 1200 mm (IIAP, 2007).

Se evaluaron tres ASP con *Alnus acuminata* (AEC, ADP y CV) y un SCA, con árboles de una edad aproximada de 6 años. La densidad del componente arbóreo por hectárea en AEC osciló entre 250 a 330 árboles y en ADP entre los 80 a 120 árboles, mientras en CV se encontraron distanciadadas a 2 m entre plantas. Las características edáficas presentes en las zonas de influencia fueron textura franca, rango de pH entre 5,4 a 6,3 y materia orgánica entre 4,01% a 6,28%.

Las variables analizadas fueron temperatura y humedad relativa. Para esto se instaló un termohigrómetro data logger automatico (TENMARS TM 305U) de precisión ±5% para humedad y ±0,6 °C para temperatura por cada unidad experimental. En los ASP el equipo se instaló entre árboles y en SCA en el centro del potrero, todos a una altura de 1,50 m, considerando que es la altura promedio hasta la cruz de los vacunos; finalmente se programaron para registrar medidas cada cuatro horas (12:00, 16:00, 20:00, 00:00, 04:00 y 08:00).

El estudio se dirigió bajo un diseño experimental de bloques completos al azar conformado por cuatro tratamientos (AEC, ADP, CV y SCA) y cuatro repeticiones (localidades). Los resultados obtenidos se procesaron mediante el software estadístico SPSS 15.0 y como los datos no se ajustaron a una distribución normal se realizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney por pares ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Comportamiento de la temperatura

Por un lado, las temperaturas promedio registradas a las 12:00, 16:00, 20:00, 00:00, 04:00 y 08:00 evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el SCA y los arreglos

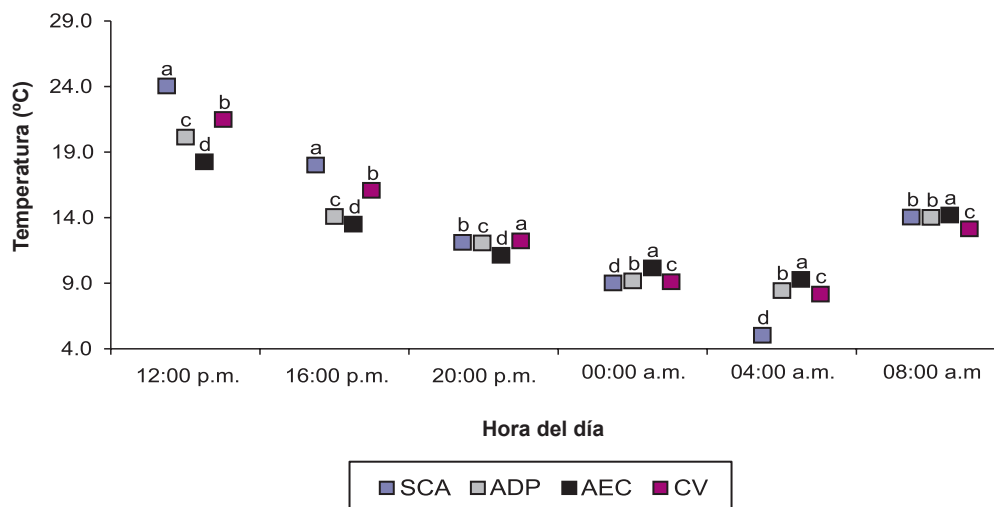


Figura 1. Variación de temperatura promedio en arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto. ADP: árboles dispersos en potreros, AEC: árboles en callejones, CV: cercas vivas y SCA: sistema a campo abierto. Letras diferentes en barras indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según Prueba U de Mann-Whitney.

con CV, ADP y AEC (figura 1); en los resultados registrados a las 12:00 se observan diferencias de 2,57 °C, 3,93 °C y 5,79 °C respectivamente con relación al SCA. En ese sentido, las mayores temperaturas para los registros realizados entre las 12:00 y 16:00 se obtuvieron en los SCA, aunque entre las 00:00 y las 08:00 se evidenció una mayor temperatura en el arreglo con AEC. Por otro lado, los registros realizados indican que el arreglo con AEC fue el sistema donde se presentaron las temperaturas más bajas entre las 12:00 y 20:00; en tanto, entre las 00:00 y 04:00 fue en el SCA donde se registraron temperaturas inferiores (tabla 1).

Comportamiento de la humedad relativa del aire

En relación con la humedad relativa (HR) registrada a las 12:00, 16:00, 20:00, 00:00, 04:00 y 08:00, los ASP y el SCA presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) (figura 2). El resultado obtenido a las 12:00 fue

superior en el arreglo con ADP, pero entre las 16:00 y las 00:00 fue el arreglo con AEC el sistema en el cual se registraron los niveles más altos de HR. En horas de la mañana el mayor porcentaje de HR se registró en el SCA (04:00) y en el arreglo con AEC (08:00). Por su parte, en cuanto a los niveles más bajos de HR estos se registraron en los SCA y el arreglo con CV, a excepción del registro realizado a las 04:00 donde fue el SCA quien presentó el porcentaje más elevado de HR en comparación con los demás sistemas evaluados (tabla 2).

DISCUSIÓN

Comportamiento de la temperatura

Los ASP tienen efecto positivo sobre las condiciones climáticas de los sistemas ganaderos, que a través del uso de árboles permiten mantener un mejor equilibrio en la

Sistema	Hora del día											
	00:00 a.m.		04:00 a.m.		08:00 a.m.		12:00 p.m.		16:00 p.m.		20:00 p.m.	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
SCA	8,98	9,09	4,91	5,17	13,95	14,15	23,89	24,21	17,89	18,15	11,96	12,28
ADP	9,04	9,34	8,29	8,61	13,81	14,25	19,98	20,30	13,96	14,22	11,97	12,17
AEC	10,04	10,31	9,14	9,46	14,08	14,31	18,09	18,46	13,19	13,83	11,02	11,24
CV	8,98	9,24	7,98	8,37	13,00	13,33	21,28	21,70	16,00	16,19	12,08	12,39

Tabla 1. Límites máximos y mínimos de temperatura ambiente tomada a seis horas del día, en arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto.

Sistema	Hora del día											
	00:00 a.m.		04:00 a.m.		08:00 a.m.		12:00 p.m.		16:00 p.m.		20:00 p.m.	
	Mín	Máx.	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
SCA	97.92	98.23	99.99	100.00	77.81	78.16	44.88	45.43	74.79	75.74	94.18	96.32
ADP	97.93	98.25	99.68	99.95	73.00	77.38	61.85	62.47	81.62	82.80	95.69	96.51
AEC	99.48	99.86	99.42	99.68	78.04	78.78	55.17	57.85	86.17	86.74	97.40	98.69
CV	98.02	98.26	99.11	99.61	75.99	76.27	57.98	58.32	64.00	64.45	94.07	94.52

Tabla 2. Límites máximos y mínimos de humedad relativa tomada a seis horas del día, en arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto.

temperatura ambiental y generar microclimas favorables para los animales y las especies herbáceas (Ibrahim *et al.*, 2005). Asimismo, a comparación de los SCA, la presencia de cobertura arbórea previene y disminuye los efectos ocasionados por las heladas (Pachas, 2011) derivando en una producción más estable de ganado vacuno, ya que se reduce el estrés por frío y calor (Avendaño-Reyes *et al.*, 2010; Anzures-Olvera *et al.*, 2015). Las diferencias a favor de los ASP además pueden manifestarse en una ganancia de peso del ganado, pues el microclima generado permite al animal ampliar su horario de pastoreo (Pérez *et al.*, 2008).

En este sentido, la temperatura registrada en el arreglo con AEC a horas de la mañana (00:00, 04:00 y 08:00) fue significativamente superior, lo cual se relaciona con la existencia de una mayor capacidad de conservación de temperatura debido a la disposición de los árboles. Asimismo, en el ASP antes indicado, entre las 12:00 y las 20:00 la

temperatura presentó un menor incremento, por lo que este fue el sistema en el cual se registró un menor rango de variación creando un mejor microclima para el ganado. Por una parte, el bajo rango de variación permite que el ganado se encuentre en ambientes cuya temperatura está dentro de su zona de confort o zona de termoneutralidad, el cual varía según la raza o composición racial del animal (Navas, 2010). Por otra parte, el efecto de la menor variación de temperatura ambiental también influye en el desarrollo de las especies herbáceas, reflejándose en una mayor productividad forrajera (Sánchez, 2014), esto como consecuencia del impacto sobre el balance hídrico del sistema, pues la presencia de árboles disminuye la tasa de transpiración del componente forrajero (Villanueva *et al.*, 2018). En tal sentido, una mayor amplitud en la variación de la temperatura podría provocar estrés en las especies herbáceas, originando que el componente forrajero experi-

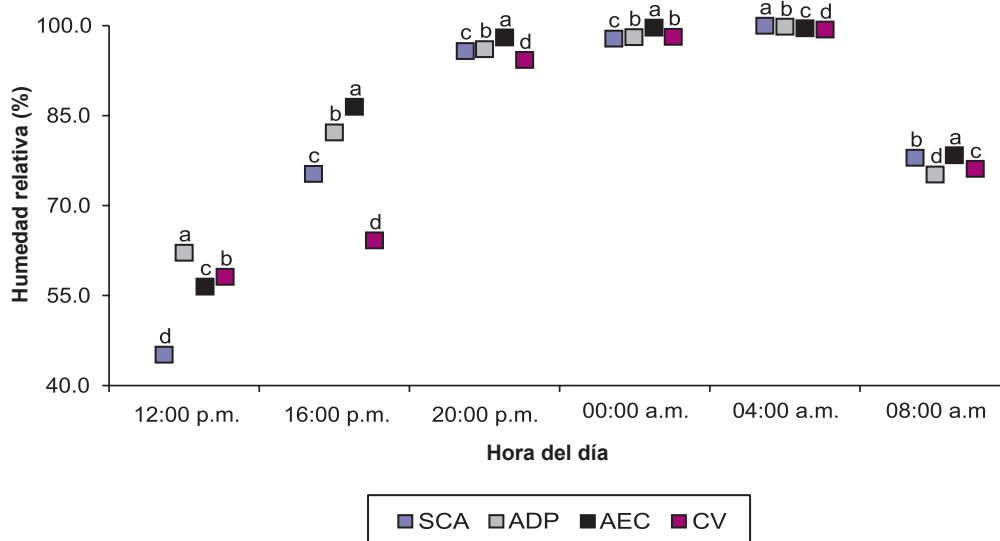


Figura 2. Variación de humedad relativa promedio en arreglos silvopastoriles y sistema a campo abierto. ADP: árboles dispersos en potreros, AEC: árboles en callejones, CV: cercas vivas y SCA: sistema a campo abierto. Letras diferentes en barras indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según Prueba U de Mann-Whitney.

mente modificaciones morfológicas (Reilly *et al.*, 1996; Del Pozo, 2002), afectando la cantidad y calidad de los pastizales y forrajes (Sankaran *et al.*, 2005; Seo *et al.*, 2010).

Los resultados presentan tendencia similar a lo descrito por Navas (2003), quien para ASP (árboles en grupo, árboles individuales y cerca viva) y SCA de ecosistemas tropicales de Costa Rica reportó temperaturas promedio superiores a los 28,0 °C, aunque la menor temperatura ambiental se observó en los diferentes ASP. Por su parte, en México, Pérez *et al.* (2008) registraron que tanto en horas de la mañana (23,9 °C) como en la tarde (26,6 °C) la temperatura promedio es menor en SSP con árboles forrajeros, comparado con SCA (26,4 y 28,1 °C, respectivamente). La variación de temperatura entre los estudios puede estar referido al uso de distintas especies arbóreas y a la altitud donde se desarrollaron las evaluaciones; no obstante, es preciso resaltar que a excepción de las mediciones realizadas a las 04:00, las temperaturas más bajas tanto en horas de la mañana como en horas de la tarde se presentaron en los ASP. Por un lado, es posible asumir que la ausencia de cobertura arbórea (SCA) permite la incidencia directa de los rayos solares, favoreciendo al incremento de la temperatura del sistema durante el intervalo entre las 08:00 y las 12:00; por otro lado, permiten una mayor circulación de las corrientes de aire, ocasionando una drástica disminución de temperatura entre las 00:00 y 04:00. Sin embargo, a estas horas también es probable que la reducción de temperatura se deba al balance energético de la tierra que ante la ausencia de árboles se pierde más energía hacia la atmósfera.

Comportamiento de la humedad relativa del aire

Los ASP mostraron una mayor capacidad para conservar la HR durante horas de la tarde, lo cual puede relacionarse con la presencia de los árboles que por medio de sus copas generan sombra y evitan la insolación directa. Estos resultados coinciden con el reporte realizado por Peri *et al.* (2005) y Bahamonde *et al.* (2009), quienes afirman que en horas del día los ASP registran valores de HR más altos respecto a SCA. Según Murgueitio *et al.* (2014), la presencia de árboles dentro de los potreros puede incrementar la HR entre 10 y 20%.

Los arreglos con AEC y ADP, a partir de las 12:00 hasta 00:00 registraron un incremento de la humedad relativa respecto a los SCA y arreglos con CV, variación que está relacionada con una menor remoción del aire producto de la presencia de árboles dentro del sistema (Xia *et al.*, 1999). El efecto de los árboles para reducir la velocidad de los vientos puede tener un efecto indirecto sobre la productividad del componente forrajero debido a que mejoraría el estatus hídrico del suelo (Bahamonde *et al.*, 2009). Asimismo, la sombra generada por la copa del componente arbóreo restringe el paso directo de los rayos solares, disminuyendo la evaporación (Pezo e Ibrahim, 1998).

CONCLUSIONES

El establecimiento de arreglos silvopastoriles contribuye a mantener un mejor equilibrio de la temperatura y hume-

dad relativa dentro de los sistemas ganaderos conllevando a la generación de microclimas que mejoran la comodidad de los animales y permiten un mejor desarrollo del componente forrajero. De los sistemas en estudio, los arreglos con árboles en callejones y árboles dispersos registraron menor variabilidad en los parámetros ambientales, reflejando que las bondades que ofrece el componente arbóreo guarda relación con la densidad de árboles y la cobertura que se logra a través de su copa. En términos generales, los arreglos silvopastoriles son una alternativa para adaptar la producción ganadera actual al impacto ocasionado por el cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC CIENCIACTIVA) por el financiamiento mediante el Programa de Maestrías en Universidades Públicas Peruanas del Ministerio de Educación MINEDU.

BIBLIOGRAFÍA

- ANZURES-OLVERA, F.; MACÍAS-CRUZ, U.; ÁLVAREZ-VALENZUELA, F.D.; CORREA-CALDERÓN, A.; DÍAZ-MOLINA, R.; HERNÁNDEZ-RIVERA, J.A.; AVENDAÑO-REYES, L. 2015. Efecto de época del año (verano vs. invierno) en variables fisiológicas, producción de leche y capacidad antioxidante de vacas Holstein en una zona árida del noroeste de México. Archivos de medicina veterinaria 47 (1), 15-20.
- AVENDAÑO-REYES, L.; ÁLVAREZ-VALENZUELA, F.D.; CORREA-CALDERÓN, A.; ALGÁNDAR-SANDOVAL, A.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, E.; PÉREZ-VELÁZQUEZ, R.; MACÍAS-CRUZ, U.; DÍAZ-MOLINA, R.; ROBINSON, P.H.; FADEL, J.G. 2010. Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. Livestock Science 132 (1-3), 48-52.
- BAHAMONDE, H.A.; PERI, P.L.; MARTÍNEZ-PASTUR, G.; LENCINAS, M.V. 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de Nothofagus antarctica en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. I congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestal. Posadas, Misiones, Argentina.
- BEER, J.; IBRAHIM, M.; SOMARRIBA, E.; BARRANCE, A.; LEAKEY, R. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. En: CORDERO, J.; BOSHIER, D.H. (Eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford, Reino Unido, OFI/CATIE. 197-242 pp.
- DEL POZO, P.P. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Pastos 32 (2), 109-137.
- GALINDO, W.; MURGUEITIO, E. 2003. 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 pp.
- 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 (1), 129-140.

- IBRAHIM, M.; CAMARGO, J.C. 2001. Produtividade e serviços ambientais de sistemas silvopastoris: experiências do Catie. En: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Eds.). *Sistemas Agroflorestais Pecuários: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília. 331-347 pp.
- IBRAHIM, M.; VILLANUEVA, C.; MORA, J. 2005. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. En: MOSQUERA, M.R.; RIGUERIO, A.; MCADAM, J. (Eds.). *Silvopastoralism and sustainable land management*. CAB. Wallingford, UK. 13-18 pp.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA. 2007. Zonificación ecológica y económica del Departamento de Amazonas. IIAP. 1.ª edición, Lima, Perú. 199 p.
- MURGUEITIO, E.; CHARÁ, J.; BARAHONA, R.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17 (3), 501-507.
- NAIR, P.K.R.; KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172, 10-23.
- NAVAS, A. 2007. Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. *Revista ACOVEZ* 37, 1-3.
- NAVAS, A. 2003. Influencia de la cobertura arbórea de sistemas silvopastoriles en la distribución de garrapatas en fincas ganaderas en el bosque seco tropical (Tesis de Maestría). CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- 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.; GALLEGU, J. 2003. *Sistemas Silvopastoriles, una opción para el manejo sustentable de la ganadería*. Fidar. Santiago de Cali, Valle del cauca, Colombia. 52 p.
- OLIVA, M. 2016. 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. Lima, Perú.
- PACHAS, A.N. 2012. Los sistemas silvopastoriles, socios estratégicos de la lechería misionera. *Revista Producir* XXI 242, 64-66.
- PÉREZ, E.; SOCA, M.; DÍAZ, L.; CORZO, M. 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes* 31, 161-172.
- PERI, P.L.; STURZENBAUM, M.V.; MONELLOS, 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. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Comisión Nuevas Tendencias Forestales. Argentina. 10 p.
- REILLY, J.; BAETHGEN, W.; CHEGE, F.E.; VAN DE GEIJN, S.C.; ERDA, L.; IGLESIAS, A.; KENNY, G.; PATTERSON, D.; RO-GASIK, J.; RÖTTER, R.; ROSENZWEIG, C.; SOMBROEK, W.; WESTBROOK, J. 1996. Agriculture in a changing climate: impacts and adaptations. En: 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. 427-469 pp.
- REYNOLDS, S.G. 1995. Pasture-cattle-coconut systems. Bangkok, Thailand. FAO, Regional Office for Asia and the Pacific. Roma, Italia. 664 p.
- SÁNCHEZ, B. 2014. *Sistemas silvopastoriles en Honduras: Una alternativa para mejorar la ganadería*. Tegucigalpa, Honduras. FAO. 36 p.
- SANKARAN, M.; HANAN, N.; SCHOLLES, 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, C.J.; FEBRUARY, E.C.; FROST, P.G.H.; HIERNAUX, P.; HRABAR, H.; METZGER, K.; PRINS, H.; RINGGROSE, S.; SEA, W.; TEWS, J.; WORDEN, J.; ZAMBATIS, N. 2005. Determinants of woody cover in African savannas. *Nature* 438, 846-849.
- SEO, S.N.; MCCARL, B.A.; MENDELSON, 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.
- VÍLCHEZ, 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.
- VILLANUEVA, C.; CASASOLA, F.; DETLEFSEN, G. 2018. Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica. 1.ª ed. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 60 p.
- WILSON, J.R.; LUDLOW, M.M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. En: SHELTON, H.M.; STUR, W.W. (Eds.). *Forages for Plantation Crops*. ACIAR Proceedings 32, 10-24.
- XIA, Y.; FABIAN, P.; STOHL, A.; WINTERHALTER, M. 1999. Forest climatology: reconstruction of mean climatological data for Bavaria, Germany. *Agricultural and Forest Meteorology* 96 (1-3), 117-129.