

Editorial:**Avances de investigación en agroforestería pecuaria para una ganadería ecoamigable**

Jairo Mora-Delgado. PhD.

Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, Universidad del Tolima
jrmora@ut.edu.co

Este manuscrito constituye una síntesis de los aportes de investigación desarrollados por el Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, en la Universidad del Tolima, a los 10 años de haberse inscrito en Colciencias.

Hay que reconocer y dar el mérito al M.Sc Francisco Segura Cañizares (q.e.p.d.) quien junto a los profesores de la Universidad del Tolima, Héctor Fabio Libreros y Jesús Hemberg Duarte, dieron los primeros alientos al grupo, bajo la denominación original de Sistemas Agroforestales con Animales. Desde sus orígenes, el escenario principal de trabajo ha sido la zona de Bosque seco tropical (Bs-T), principalmente en la cuenca alta del río Magdalena. Esto en virtud del papel importante de la ganadería en la economía de esta región y de la necesidad de generar conocimiento tendiente a propiciar una armonía entre la producción y la conservación de los recursos naturales, a la par que propiciar el bienestar y la salud de los animales en estos sistemas integrados.

Cabe recordar, que el Bs-T es uno de los ecosistemas más amenazados del mundo debido al gran impacto antrópico que existe sobre él. En Colombia, los relictos de Bs-T se encuentran en su mayor parte de los valles interandinos. Es allí donde se encuentra una alta biodiversidad (IAVH, 1998). En el valle medio del río Magdalena en el departamento del Tolima, se encuentra una gran actividad de ganadería y agricultura además de ser un corredor biológico importante en la migración de aves de otras latitudes, de ahí que es importante estudiar y proponer diseños de sistemas de producción más amigables con el ambiente, en la medida en que contribuyan a la conservación de especies (Altieri y Nicholls, 2000).

Los sistemas agroforestales, y en especial los arreglos silvopastoriles, constituyen una alternativa de producción en la cual se conservan los recursos genéticos vegetales y animales, al tiempo que se produce carne, leche y servicios ecosistémicos. Nuestra misión se orienta a consolidar un grupo de investigación de importancia estratégica para el desarrollo del país, para contribuir a la conservación de los recursos naturales, la equidad social, la seguridad alimentaria y la reconversión de la ganadería hacia sistemas pecuarios ecoamigables. Así, nuestra actividad investigativa busca entender las interacciones biofísicas en los sistemas silvopastoriles, desde las diferentes relaciones en el *continuum* suelo-planta-animal; a indagar sobre la biodiversidad funcional contenida en estos sistemas; a entender la lógica de las comunidades que manejan sistemas agroforestales, para con ello mejorar los procesos de comunicación y educación para el desarrollo, y avanzar en las innovaciones alimentarias, basadas en el manejo de materias primas o residuos generados en estos sistemas. Éstas constituyen nuestras líneas de investigación.

El objetivo de este manuscrito es realizar una revisión sistemática de los aportes que el Grupo SAFP ha realizado en estos 10 años, con el concurso de sus investigadores y sus estudiantes de

pregrado y posgrado, en los diferentes componentes de un sistema agroforestal pecuario, en particular y en diferentes temas de la producción pecuaria. Diferentes componentes de un sistema agroforestal pecuario, en sus dinámicas biofísicas y sociales, han sido abordados en estos 10 años; así, temas relacionados con pasturas, silvopasturas, dinámica de los sistemas de producción, nutrición de rumiantes, biodiversidad funcional, manejo de residuos orgánicos, bienestar animal, etología, desarrollo rural y manejo de cuencas, se han desarrollado como tesis de doctorado (seis tesis), maestría (24), pregrado (14) para un total de 44 trabajos finalizados hasta la fecha.

El componente leñoso

Una vez que el ecosistema de Bs-T es intervenido, genera una sucesión secundaria conocida como barbecho, con alto potencial de usos agropecuarios. En un inventario realizado en una zona de Bs-T del sur de Colombia se identificaron alrededor de 108 especies de las cuales, 36 fueron altamente consumidos por el ganado (10 hierbas; 26 hierbas y arbustos) (Alvear et al., 2015). Este aporte demuestra la importancia de los barbechos como un sistema agroforestal susceptible de un manejo racional que contribuye al sostenimiento de animales y la conservación de la biodiversidad, tal como lo han documentado diferentes autores (Kass, 1998; Kass y Somarriba, 1999).

Otros espacios, que antaño fueron bosque seco tropical y que después de la expansión de actividades agrícolas, que pasaron por tabaco, granos y arroz, terminaron en pasturas para sostener una ganadería extensiva, en gran parte aún conservan relictos de bosques, en un diseño de parches o de árboles dispersos en potreros. En un inventario forestal realizado mediante el establecimiento de parcelas temporales de muestreo en una pastura de la cuenca alta del Magdalena, se encontraron 21 especies leñosas perennes, con una densidad de 45 árboles/ha, lo que configura un sistema silvopastoril con gran potencial para la producción pecuaria y la generación de servicios eco sistémicos. Un importante número de especies se caracterizó mediante la determinación de indicadores dasométricos, como área basal, diámetro a altura de pecho, oclusión de la copa, entre otros, lo cual representa un aporte al conocimiento de la diversidad de especies leñosas, con potencial para ser introducidas o preservadas en pasturas, sin perjudicar la producción de materia seca comestible para el ganado. En dicha caracterización, la estimación del porcentaje de oclusión de la copa de los árboles constituye un indicador importante, el cual puede estimarse mediante fotografías digitales al cénit y su análisis en el software libre Gap Light Analyzer.

De hecho, algunos de nuestros estudios han identificado doseles con baja oclusión, como *Pseudosamanea guachapele* (64%) y *Prosopis juliflora* (63%), lo que sugiere que son especies útiles para incluirlas en el diseño de sistemas silvopastoriles (Serrano et al., 2014). Igualmente la radicación fotosintéticamente activa (RAFA) transmitida por la copa medida con un ceptómetro (Accupar LP-80), constituye otro importante indicador para la toma de decisiones sobre las especies a conservar en las pasturas, entre ellas, cabe destacar los árboles como Dormilón (*Pentaclethra macroloba*) (57%), Cují (*Prosopis juliflora*) (48%), Algarrobo hediondo (*Anagris foetida*) (47%).

El componente herbáceo

Aunque los sistemas silvopastoriles son en la actualidad la mejor opción para la producción bovina, tanto a nivel nutricional como desde la perspectiva del bienestar animal, existen pocas gramíneas adaptadas a la sombra proyectada por el dosel de los árboles. En el estudio de (Serrano et al 2015) en el valle cálido del Magdalena, se estimó un promedio de materia seca comestible de 2008,67±302,1 kg en cobertura arbórea escasa y de 2270,92±375,7 kg/ha/corte en cobertura baja. Esta biomasa fue diferente estadísticamente respecto a las coberturas mayores a 40%. Un análisis de correlación de Pearson sugiere que existe una relación

positiva entre la cobertura arbórea y la producción de biomasa comestible, pero el R^2 indica que solo la cobertura no es un criterio robusto para predecir la producción de biomasa (Serrano et al 2015).

Por otra parte, dentro del abanico de especies que se puede establecer dentro de los sistemas agroforestales se encuentra el pasto Vidal (*Bothriochloa saccharoides*); esta es una de las gramíneas poco estudiada en Colombia, pero con un gran potencial en pasturas sometidas con alta densidad de árboles en potreros. Estudios realizados con *Bothriochloa saccharoides* bajos diferentes niveles de sombra simulada (30%; 50% y 0%) obtuvieron una producción de materia seca en época húmeda de 3.47, 3.0 y 5.56 y, para la época seca, de 2.33, 2.44 y 2.5 ton/ha para las coberturas de 50%, 30% y 0%, respectivamente, sin encontrar diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las coberturas, lo cual sugiere un potencial del pasto para su uso en sistemas con cobertura arbórea (Piñeros et al. 2009). No obstante, manteniendo niveles altos de materia seca bajo las dos coberturas (50% y 49%) exposición, en el periodo de lluvias es notorio un ligero aumento de la proteína en los sistemas bajo sombra (11,4% y 10, 5%) respecto a la libre exposición en donde solo se alcanzó un 8%; cabe reconocer que los niveles de FDN y FDA son altos, sobrepasando el 69% para el primer paramera y el 46% para el segundo (Piñeros et al 2009)

El microclima en los sistemas silvopastoriles

Los sistemas orgánicos de plantas y animales, como los sistemas de producción ubicados en regiones tropicales, están expuestos a condiciones ambientales, especialmente climáticas, que algunas veces pueden llegar a afectar la productividad primaria. Dentro de los principales factores medioambientales que afectan directamente los organismos vivos se encuentran la radiación solar, la humedad relativa y temperatura, los cuales pueden estar regulados por la sombra de los árboles. Un índice que sirve como indicador medioambiental es el Índice de Temperatura-Humedad (ITH), el cual estima las condiciones climáticas que puede llegar a generar estrés, especialmente en animales. El estudio de Piñeros y Mora-Delgado (2015) para estimar el Índice Temperatura-Humedad en un sistema agroforestal con cítricos comparado con una pastura convencional, en la zona de vida de bosque seco tropical (bs-T), muestra que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sitios de muestreo, siendo el sistema convencional el que presentó un ITH menor a las 12 y 16 horas. Sin embargo los valores de ITH de todos sitios de muestreo superan el valor límite crítico que puede generar estrés calórico en animales. La mayor humedad presente en el sistema silvopastoril, derivada de una mayor evapotranspiración de los árboles, además de crearse una barrera que impide que el flujo de aire arrastre excesos de humedad, juegan un papel desencadenante en el aumento del índice de temperatura y humedad. Posiblemente, bajo las condiciones de trópico bajo, tal situación pueda incidir en el desempeño animal, no obstante, esto constituye una hipótesis de trabajo para el futuro.

La influencia sobre la respuesta animal

En el sistema silvopastoril los animales presentaron una temperatura corporal más baja durante las diferentes horas del día, encontrando una disminución de la temperatura corporal en 0,5 °C en comparación al sistema convencional. En el mismo sentido, la frecuencia respiratoria solo se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para las frecuencias respiratorias medidas a las 12 m, donde los animales que se encontraban pastoreando en el sistema silvopastoril, presentaron una tasa respiratoria más baja que los ovinos que se encontraban en el sistema convencional (Piñeros 2014). Este estado de estrés calórico posiblemente afecte el rendimiento de los animales, tema que está en proceso de verificación.

Un estudio en un sistema silvopastoril establecido en el trópico alto (2800 msnm) demuestra que la respuesta animal medida en producción de leche fue positiva en un sistema silvopastoril

de *Sambucus nigra* sembrado en surcos sobre una pastura de *Pennisetum clandestinum* y *Holcus lanatus*. La producción de leche mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, presentando un mayor promedio dentro del SSP (9 L/vaca/día) que en el control (7.5 L/vaca/día). La producción de forraje fue de 775 kg de MS/ha. La biomasa seca del *Pennisetum clandestinum* fue mayor en el lote control (3.545 gr/m) mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) respecto al SSP (1676, 1758 y 2001 a 50, 100 y 150 cm de distancia del sauco, respectivamente). La PC en *Pennisetum clandestinum* mostró valores entre 13 y 17%, con tendencia al incremento en muestras más cercanas al Sauco; en el lote control fue 14%. El forraje de Sauco obtuvo PC de 25.2%. La FDN y FDA fueron notablemente menores en Sauco respecto a la gramínea. El consumo de forraje de los animales fue bajo en los primeros días, pero aumentó con el tiempo, aunque es notoria la preferencia por la gramínea, con un promedio de 24.68 bocados/minuto de gramínea y 2.03 de sauco (Cárdenas, Rocha y Mora- Delgado, 2011).

No obstante, es importante realizar estudios de balance nutricional en sistemas silvopastoriles intensivos. Si los forrajes contienen altas cantidades de proteína degradable en rumen, el MUN puede estar "alto" (Ferguson, 2005). Así, los resultados obtenidos por (Menjura y Castañeda, 2015) sugieren un desbalance de la relación PC:EM en sistemas silvopastoriles intensivos de *Leucaena leucocephala*, evidenciados en los altos índices (15,2 y 15,4 mg/dL) de Nitrógeno ureico en sangre (BUN) y leche (MUN), respectivamente. Tal situación se detectó en sistemas con alta oferta proteica en el forraje como lo constituyen los sistemas silvopastoriles intensivos de 10000 plantas/ha de *Leucaena* (Menjura 2015). Sin embargo, hay que resaltar que esos resultados se obtuvieron en una época de lluvias.

Finalmente, cabe mencionar los estudios de calidad nutricional de forrajes provenientes de especies leñosas. El estudio de Holguín et al. (2015) permitió valorar cuatro introducciones de *Tithonia diversifolia* de una colección de 44 provenientes de diferentes sitios del eje cafetero y región suroccidente de Colombia. Tales introducciones fueron valoradas con base en la aplicación de un índice integral que incluye variables de rendimiento y calidad bromatológica de las plantas. Se concluye que el uso de índices integrales multicriterio facilita la selección de materiales rendidores, con base en diferentes criterios de adaptabilidad, productividad y calidad de las especies. Un estudio sobre la inclusión de *T. diversifolia* en el ensilaje de *Pennisetum purpureum* indica que ensilajes preparados con mayor inclusión de *T. diversifolia*, independiente de la inoculación de LAB, produce una menor cantidad de gas (166,2 y 169,7 ml), lo cual podría incidir en una disminución de gases de efecto invernadero. Por otra parte, el estudio de Castañeda et al. (2015) sugiere las bondades de la inclusión de forraje de leñosas en dietas para ovinos de pelo, dada su alta digestibilidad en comparación con el pasto *Dichanthium aristatum*, así, los tratamientos que incluían un 25% de *Guazuma Ulmifolia*, *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* mostraron valores de digestibilidad aparente 56%; 61%; 62%, respectivamente, comparado con la digestibilidad aparente del pasto que solo fue del 45%. Al evaluar la respuesta animal, con dietas que incluyen forrajes leñosos los resultados de Díaz et al. (2014) indican que el desempeño animal y la calidad de la carne responde a diferentes dietas de pasto colosuaña (*Bothriocloa pertusa*) versus mezclas de esta gramínea con *Leucaena leucocephala*; *Gliricidia sepium*; *Guazuma ulmifolia* y *Senna spectabilis* mas un suplemento energético. Los resultados obtenidos mostraron que los corderos de los tratamientos con forraje de leñosas obtuvieron una mayor ganancia diaria de peso concluyendo que la suplementación con *S. spectabilis* y *G. sepium* permite mejorar los parámetros productivos de las producciones ovinas campesinas del BsT y generar un mayor rendimiento económico.

La biodiversidad en sistemas silvopastoriles

Los resultados obtenidos por Gómez et al. (2013) en diferentes sitios del valle cálido de Magdalena, indican que el sistema Silvopastoril Intensivo (SSPI) es un uso de suelo muy biodiverso, seguido del Bosque Seco tropical, mientras que las pasturas sin árboles presentan menor diversidad y mayor dominancia de especies generalistas. En este estudio se capturaron 719 individuos y censaron 4850 aves, pertenecientes a 28 familias y 112 especies. En el mismo sentido, en los sistemas silvopastoriles de la Hacienda El Chaco (Tolima) se reportaron ocho de las 17 especies de colibríes reportadas para el Bs-T (Garavito et al. 2013). Hay que destacar la importancia de estas zonas de estudio como hábitat invernal de 11 especies migratorias continentales, lo cual evidencia la importancia de implementar sistemas ganaderos que sean amigables con la conservación de las aves, a partir de la implementación de sistemas silvopastoriles y la urgente restauración ecológica de los bosques secos tropicales (Gómez et al 2013).



Sistema silvopastoril de árboles dispersos en potreros en Alvarado (Tolima). Foto: Piñeros (2015)

Referencias

- Alvear, C; Mora-Delgado, J& Díaz, G. 2015. Cattle grazing on fallows from Andean area at south of Colombia. 68Th Annual SMR Meeting. Sacramento. USA.
- Cárdenas, C; Rocha, C; Mora-Delgado, J. 2011. Productividad y respuesta animal en un sistema silvopastoril de Bosque Húmedo Montano Bajo en Roncesvalles (Tolima). RCCP. Vol 24, No 3.
- Castañeda, R; Piñeros-varón, R; Sánchez, MI; Huertas, MA. 2015. Tropical tree fodder and hay of *Dichanthium aristatum* for hair lambs: nutrients digestibility. Universidad del Tolima.
- Ferguson, JD. 2005. Nitrógeno de urea en leche. Sitio Argentino de Producción Animal. 1 – 4 p. www.produccion-animal.com.ar
- Garavito, I., Certuche-Cubillos, K, Gómez, M.J y Llano-Mejía, J. 2013. ¿Los arreglos de los sistemas silvopastoriles favorecen a las comunidades de aves? Estudio de caso de la muda en colibríes en la hacienda El Chaco, Piedras, Tolima. En: Kattan, G, M. A. Echeverry-Galvis & M. López-Victoria (Eds.). Libro de resúmenes del IV Congreso Colombiano de Ornitología. Sello Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Cali. 95 p.

- Gómez, M.J., Certuche-Cubillos, K. y Llano-Mejía, J. 2013. La avifauna de sistemas ganaderos y bosque seco tropical en el trópico seco del departamento del Tolima – Colombia. SOCLA, IV Congreso Latinoamericano De Agroecología. Memorias. La Molina. 158.
- Holguín, VA; Ortiz, S; Velazco, A y Mora-Delgado, J Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* en Candelaria, Valle del Cauca. Revista FMVZ-UN vol. 62 nro. 2 mayo – agosto 2015.
- Holguín, VA; Cuchillo, M; Mazabe, J and Martens, S. 2015. In vitro gas production kinetics of *Tithonia diversifolia* and *Pennisetum purpureum*. Proceedings of the XVII International Silage Conference. Brazil
- Kass, D. Barbechos mejorados, Capítulo 10. In (Jiménez, F. y Vargas, A. (Eds.) Apuntes del curso corto Sistemas Agroforestales. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico N° 32. Turrialba. 239-256 p
- Kass, D y Somarriba, E. 1999. Traditional Fallows in Latin America. In *Agroforestry Systems* 47(1):13-36
- Menjura, RM. 2015. Producción de materia seca, fraccionamiento de la proteína y selectividad animal en sistemas silvopastoriles con base forrajera *Cynodon nlemfluenis* y diferentes densidades de siembra de *Leucaena leucocephala*. Tesis Maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad del Tolima (en preparación)
- Serrano, JR; Andrade, H y Mora-Delgado, J. 2014. Caracterización de la cobertura arbórea en una Pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA* (1):99-110.
- Piñeros, R; Silva, K; Sánchez, MI; Mora- Delgado, J & Holguín, V. 2009. Indicadores agronómicos del pasto Vidal (*Bothriochloa saccharoides*) bajo sombra simulada en el valle cálido del Magdalena, Tolima (Colombia). *Revista Luna Azul*. V 29. p 32
- Piñeros, R y Mora Delgado, J. 2015. Índice de temperatura y humedad (ITH) en ambientes de pastura convencional y un sistema agroforestal bajo condiciones de trópico seco. *Revista Agronomía Mesoamericana* (En prensa)
- Piñeros, R 2015. Evaluación ecofisiológica de un sistema agroforestal frutales – pasturas – ovinos en el trópico seco del Tolima. Tesis Maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad del Tolima. 60 p.
- Serrano, JR; Mora-Delgado, J. y Piñeros, R. 2015. Materia seca comestible en una pastura bajo diferentes coberturas de dosel arbóreo en una zona de Bosque seco Tropical (Bs-T) en el Tolima (Colombia). *Zootecnia Tropical* (En prensa).