

## ESPECIES ARBÓREAS CON POTENCIAL PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES, REPÚBLICA DOMINICANA

### Tree species with potential for adaptation to climate change in silvopastoral systems, Dominican Republic

Carolina Guatusmal-Gelpud<sup>1</sup>, Guillermo Detlefsen-Rivera<sup>2</sup>, Pedro Antonio Núñez-Ramos<sup>3</sup>, Alejandro Carlos Imbach-Hermida<sup>4</sup>

#### RESUMEN

Los sistemas ganaderos tienden a ser susceptibles a los efectos del cambio climático. Esto requiere la búsqueda de alternativas sostenibles de producción, como los sistemas silvopastoriles. El objetivo fue Identificar especies arbóreas en sistemas silvopastoriles con potencial para la adaptación al cambio climático en la provincia Santiago Rodríguez, República Dominicana. El estudio se desarrolló entre octubre de 2020 a febrero 2021. Se realizó un muestreo en 85 fincas dedicadas a ganadería lechera. Se hicieron recorridos de campo, toma de variables dasométricas y se aplicaron entrevistas semiestructuradas a productores. Se registraron seis tipos de sistemas silvopastoriles, donde destacan los árboles dispersos y las cercas vivas. Se encontraron 942 individuos, 47 especies arbóreas y 18 familias botánicas, prevaleció la familia Fabaceae y especies como: *Prosopis juliflora*, *Gliricida sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Azadiractha indica*, con un 50 % de los individuos encontrados en la provincia. Se identificaron diversos usos ofrecidos por las especies arbóreas (forraje, sombra, leña y madera). En las prácticas de manejo destacó la poda para obtener leña y postes para cercas muertas. Dentro de los aspectos negativos se mencionó la invasión de algunas especies y como aspectos positivos, se destacó que la mayoría de los productores desean sembrar árboles en sus fincas. En la localidad de Santiago Rodríguez, existe una variedad de especies arbóreas multipropósito que cumplen un rol importante en los sistemas ganaderos tradicionales, ya que están adaptadas a condiciones de sequía. Las principales especies forestales son: *P. juliflora*, *G. sepium*, *G. ulmifolia* y *A. indica* y frutales: *Mangifera indica* y *Persea americana*. Estas tienen potencial para adaptarse al cambio climático y pueden implementarse en sistemas silvopastoriles de uso frecuente en la región como árboles dispersos y cercas vivas.

**Palabras clave:** ganadería, mediciones dasométricas, usos de los árboles, percepción de los ganaderos.

#### ABSTRACT

Livestock systems tend to be susceptible to the effects of climate change. This requires the search for sustainable production alternatives, such as silvopastoral systems. The objective of identify tree species in silvopastoral systems with potential for adaptation to climate change in the province of Santiago Rodríguez, Dominican Republic. The study was conducted from October 2020 to February 2021. A sampling was carried out in 85 farms dedicated to dairy cattle raising. Field visits were made, dasometric variables were collected and semi-structured interviews were conducted with producers. Six types of silvopastoral systems were recorded, where dispersed trees and live fences stand out. The Fabaceae family and species such as *Prosopis juliflora*, *Gliricida sepium*, *Guazuma ulmifolia* and *Azadiractha indica* prevailed, with 50 % of the individuals found in the province. Various uses offered by tree species (forage, shade, firewood and wood) were identified. Management practices included pruning for firewood and posts for dead fences. Among the negative aspects, the invasion of some species was mentioned, while the positive aspects were that most of the producers wanted to plant trees on their farms. In the town of Santiago Rodríguez, there is a variety of multipurpose tree species that play an important role in traditional livestock systems, since they are adapted to drought conditions. The main tree species are *P. juliflora*, *G. sepium*, *G. ulmifolia* and *A. indica* and fruit trees: *Mangifera indica* and *Persea americana*. These have the potential to adapt to climate change and can be implemented in silvopastoral systems frequently used in the region as scattered trees and live fences.

**Keywords:** livestock, dasometric measurements, tree uses, livestock farmers' perception.

<sup>1</sup> ✉ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2304-7720>. [carolina.guatusmal@catie.ac.cr](mailto:carolina.guatusmal@catie.ac.cr)

<sup>2</sup> Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0519-8605>. [gdetlef@catie.ac.cr](mailto:gdetlef@catie.ac.cr)

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo, docente e investigador. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, investigador. República Dominicana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-7931>. [pnunez25@uas.edu.do](mailto:pnunez25@uas.edu.do)

<sup>4</sup> Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1920-2131>. [alejandrobach@catie.ac.cr](mailto:alejandrobach@catie.ac.cr)

## INTRODUCCIÓN

La ganadería en República Dominicana está distribuida por todo el territorio, las principales regiones son Este y Noroeste, con un fuerte impacto en los ingresos de las familias (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018). En la región Noroeste, los sistemas pecuarios se caracterizan por poseer gramíneas de baja calidad y producción limitada de forraje. Esto afecta los rendimientos de la actividad ganadera, siendo inferiores a su potencial; incluso en épocas de sequía prolongada, los animales mueren por falta de agua y forraje. Ante esta situación algunos productores recurren al uso de insumos externos como pacas, alimentos balanceados y otros para alimentar los animales (Valerio et al., 2006). Sin embargo, los productores de ganado requieren una reorientación de sus unidades productivas, hacia sistemas más sostenibles.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una alternativa viable y se basan en la interacción de plantas leñosas perennes como árboles o arbustos, pastos en diferentes arreglos y estratos usados para la alimentación de bovinos, con el fin de incrementar la productividad de la finca con una menor dependencia de insumos externos (Zepeda-Cancino et al., 2021). Entre los tipos de SSP se citan las cercas vivas, bosques riparios, árboles dispersos, árboles en linderos y bancos forrajeros, entre otros. Los SSP son una herramienta para mantener la oferta forrajera con calidad en épocas críticas; contribuir a la protección de recursos naturales como suelo, agua y biodiversidad; brindar un hábitat adecuado; mejorar el bienestar animal a través de la reducción del estrés calórico en animales y las zonas de bosque seco (Arciniegas-Torres y Flórez-Delgado, 2018).

La ganadería contribuye al cambio climático (CC) y a la contaminación atmosférica debido a la transformación de los ecosistemas naturales y a su contribución de gases efecto invernadero (GEI), como CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> (Gerber et al., 2013). Además, los sistemas ganaderos bajo pastoreo en el mundo son en su totalidad dependientes de los recursos naturales y afectados por los efectos adversos del CC. Por estas razones, la ciencia busca alternativas de producción sostenibles, como los SSP, los cuales favorecen de una manera holística la mitigación y adaptación al CC

(Buitrago-Guillen et al., 2018). Una posible solución es registrar el conocimiento de los productores sobre el uso y manejo de sus recursos naturales (Gonzales-Gómez et al., 2006).

En ese sentido, Arboleda et al. (2013), enfatizan la caracterización de especies arbóreas en sistemas ganaderos del trópico alto colombiano, identificaron 17 especies leñosas nativas con potencial para implementar modelos silvopastoriles en la región. Mientras Solís et al. (2019), determinaron que la composición florística de la cubierta arbórea en fincas ganaderas tuvo un total de 4 678 árboles, pertenecientes a 37 familias y 83 especies en el sureste de Guatemala. Es un hecho demostrable que, en América Central, México y Panamá, los árboles dispersos se presentan como elementos comunes del paisaje (Chacón-León y Harvey, 2013), en adición a los beneficios generados para los ganaderos, el ambiente y la región.

En base a los antecedentes mostrados en otros países en relación con los SSP (Gonzales-Gómez et al., 2006; Arboleda et al., 2013; Chacón-León y Harvey, 2013; Solís et al., 2019), se evidencia avances en la identificación de especies arbóreas, y su manejo en fincas ganaderas. Mientras, en República Dominicana existe un amplio desconocimiento sobre estas especies presentes en fincas ganaderas y sus diferentes usos. En ese sentido, se realizó la investigación con el objetivo de identificar especies arbóreas presentes en SSP con potencial para la adaptación al cambio climático en la provincia Santiago Rodríguez, República Dominicana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

La investigación se desarrolló en la provincia de Santiago Rodríguez, República Dominicana, en los municipios San Ignacio de Sabaneta, Villa Los Almácigos y Monción (Figura 1). La zona está ubicada a una altitud promedio de 243 m s.n.m., en el Noreste del país, con una superficie de 1 150 km<sup>2</sup>, una temperatura media entre 23 y 25°C y pluviometría anual entre 1267-1371 mm. Posee una vegetación tipo bosque húmedo tropical y bosque seco (Monegro y Liz, 2018).

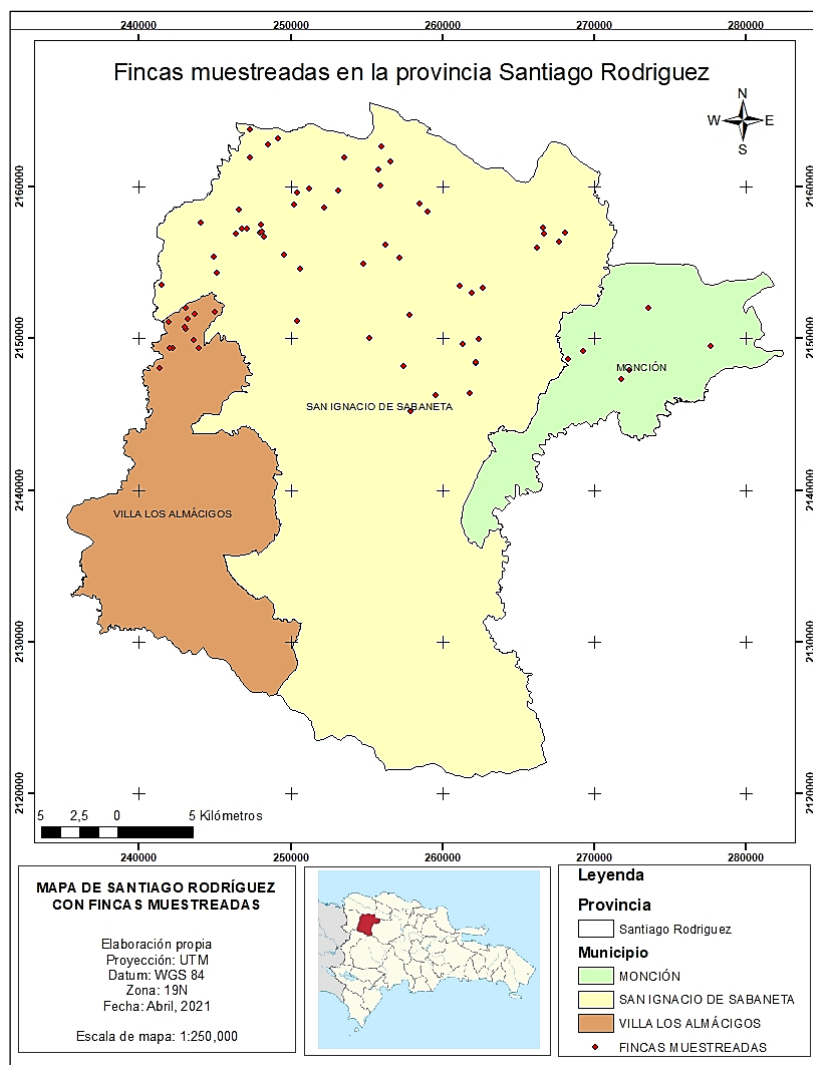


Figura 1. Mapa con fincas muestreadas en los municipios de San Ignacio de Sabaneta, Villa Los Almácigos y Monción, Provincia de Santiago Rodríguez, República Dominicana.

## Metodología

### Diseño muestral

La población en estudio se definió a partir de la información suministrada por entidades del sector agropecuario presentes en Santiago Rodríguez (Oficina Nacional de Estadística, 2015; Gomes y Odone, 2017;). Se identificó una población total de 721 productores de leche, distribuidos en los tres municipios de la provincia. Para la selección de la muestra se utilizó un diseño de muestreo aleatorio estratificado por municipio con asignación proporcional (Otzen y Manterola, 2017).

El tamaño de la muestra se calculó con la fórmula propuesta por Fisher et al. (1941), para poblaciones finitas, a un nivel de confianza del 95 % y error del 10 % (Ecuación 1).

$$n = \frac{Z^2 N p q}{(N - 1) e^2 + Z^2 p q} \quad (1)$$

Dónde: N = universo (721); Z = 1.96 (nivel de confianza 95 %); p = probabilidad de éxito (0.50); q = probabilidad de fracaso (0.50); e = error de estimación (0.10); n = muestra (85).

De acuerdo con lo anterior, se muestrearon al azar 85 explotaciones dedicadas a la ganadería de leche, con base en las proporciones de cantidad de productores por municipio. La distribución por municipio fue del 77 % de productores en Sabaneta (65), 13 % en Monción (once productores) y el 10 % restante en el Villa Los Almácigos (nueve productores).

### Tamaño y forma de las parcelas

El tamaño de la parcela para muestrear la cobertura arbórea en los arreglos silvopastoriles dependió de la

densidad de la vegetación. Si estaba muy esparcida, se consideró de 1 000 m<sup>2</sup>; si la vegetación estaba concentrada en una zona específica, se tomó un tamaño de parcela menor de 250 m<sup>2</sup> de acuerdo con lo planteado por Andrade e Ibrahim (2003). Para árboles dispersos en potreros, las parcelas se establecieron de forma circular con un radio de 18 m. En los parches de bosques, las parcelas rectangulares fueron de 20 x 50 m. En los arreglos lineales (cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles en lindero y bosques riparios), el segmento de muestreo fue de 25 m con un metro a cada lado de la cerca, y la ubicación fue en el punto medio de la cerca viva (Detlefsen et al., 2012; Solís et al., 2019). Además, se seleccionaron las 15 especies más frecuentes (con más de quince individuos) y se analizó la relación con los arreglos silvopastoriles de la región.

#### *Recolección de datos*

La fase de campo se realizó de octubre 2020 a febrero 2021. Durante este período se desarrolló la recolección de datos en sistemas silvopastoriles de 85 productores de ganado por medio de la realización de dos visitas a sus fincas. En la primera visita se realizó una entrevista semiestructurada con preguntas abiertas y cerradas, con el fin de conocer las características de los productores de ganado y sus unidades productivas, SSP, especies y otros detalles. Se citan datos generales, área, producción, cabezas de ganado, información de especies arbóreas presentes, nombre común, número de especies, distribución, bienes y servicios, valor cultural, objetivo de la especie en la finca, prácticas de manejo, presencia de sistemas silvopastoriles, tipo de arreglos, manejo silvicultural y beneficios. Se indagó sobre los planes a futuro de los productores con relación a las especies arbóreas presentes en sus fincas, aplicando la metodología desarrollada por Imbach (2016); López-Roldán y Fachelli (2015).

En la segunda visita se georreferenciaron y recorrieron las fincas, y se recopilaban las informaciones sobre los arreglos silvopastoriles y las especies arbóreas presentes, usando los protocolos definidos por Andrade e Ibrahim (2003) y Detlefsen et al. (2012). Además, se registraron los árboles con dap > 10 cm, de latizal en adelante.

#### *Variables en estudio*

A continuación, se presentan las variables consideradas y la forma en la que se midieron:

- Número de arreglos/finca por observación visual en campo y conteo.
- Tipo de arreglo silvopastoril por observación visual en campo.
- Número de especies arbóreas por observación visual en campo y conteo.
- Nombre común suministrado por el productor o habitantes de la región y ratificación con diccionario botánico.
- Nombre científico, por consulta en literatura (Liogier, 2000).
- Diámetro a la altura del pecho (dap), medido a 1.30 m de la base del árbol con cinta métrica; los valores obtenidos de la circunferencia, luego se transformaron a diámetro.
- Altura comercial y total, medida con clinómetro SUUNTO PM-5/360 y expresada en metros.
- Variables de la entrevista como: área total, cabezas de ganado, producción de leche, manejo de los sistemas silvopastoriles, usos de las especies arbóreas, aspectos negativos de los árboles en sus fincas, planes a futuro de la cobertura arbórea, entre otras.

#### *Análisis de datos*

Los datos fueron registrados en el *software* Excel y se procesaron en el programa InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020), a través de estadística descriptiva. Para algunas variables cualitativas se aplicó la prueba del chi-cuadrado y análisis de correspondencia.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Características de las fincas ganaderas**

Las unidades ganaderas evaluadas en Santiago Rodríguez variaron entre 1.01 a 94 ha (Tabla 1). La tenencia de la tierra es propia en un 95 % y el 5 % restante reportó utilizar tierras prestadas. El tipo de sistema ganadero dominante en la provincia es lechería especializada en un 63 % y el 37 % restante se dedica

a los sistemas doble propósito (carne y leche). La provincia se caracteriza por poseer un 75 % de las fincas bajo la modalidad semiestabulado, un 19 % con pastoreo permanente y un 6 % estabulado, con presencia de especies arbóreas en la periferia de los corrales.

Tabla 1. Principales características de los sistemas de producción ganaderos en tres municipios de Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Variables	Municipios		
	Monción	Sabaneta	Villa Los Almácigos
Área total de la finca (ha)	14.06	19.85	12.3
Área en producción ganadera (ha)	12.34	19.29	12.16
Número de cabezas de ganado	58.88	59.10	35.05
Vacas en producción (#)	26.82	35.05	16.67
Vacas en producción (%)	45.54	60.19	47.55
Producción de leche/animal (litros)	13.92	10.50	11.65
Carga animal	4.77	3.06	2.88
Operarios (#)	2.55	2.98	1.67
Productores (N)	11	65	9

El tipo de ordeño más utilizado fue el manual con el 82 % y el mecanizado en un 18 %. El porcentaje de vacas en producción se registró entre 45 - 60 %, la producción promedio de leche fue entre 10.50 - 13.92 L/animal. Esta se destina a la venta directa a empresas en un 70 % y venta a intermediarios en un 30 %. Las razas de bovinos predominantes fueron Holstein (89 %), Pardo Suizo (7 %), Jersey (3 %) y Cebú (1 %).

Las principales características de los sistemas ganaderos de la provincia Santiago Rodríguez, se presentaron en la Tabla 1, como se puede observar, la carga animal fue alta, pero las áreas de producción pueden ser consideradas como medianas (12-20 ha), variando con los municipios, siendo menor en Villa de Los Almácigos y mayor en Sabaneta. La carga animal encontrada en los tres municipios es alta en relación con el área de producción y la cantidad de ganado. En ese sentido, Menéndez-Buxadera et al. (2004), señalan que una carga animal superior a 1.5 animales ha<sup>-1</sup> es alta, esto es consistente con los datos obtenidos a nivel de campo. Esto puede ser explicado en base a la baja disponibilidad de forraje en las pasturas y al mal manejo de los potreros, y posteriormente esto genera la degradación de las praderas a causa del sobrepastoreo. Por otra parte, el porcentaje de vacas en ordeño fluctuó entre 45 - 60 %, lo cual representa valores inferiores a lo recomendado

por Menéndez-Buxadera et al. (2004), quienes sugieren una cantidad de vacas en ordeño de entre 80 - 85 % para mantener un equilibrio en el hato ganadero. Lo anterior refleja una baja tecnificación de las fincas y una problemática de manejo grave, que ocasiona una producción de leche por debajo del potencial estimado para las vacas Holstein y Jersey. Lo que indica una tendencia a poseer razas típicas de lechería especializada.

Al comparar los resultados encontrados con los reportados por González-Blanco y WingChing-Jones (2018), en la región centroamericana, se observa una producción de leche muy baja, estos autores reportan una producción sobre los 20 L animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, la baja producción podría ser atribuida la alta carga animal y baja disponibilidad de forraje. En este caso Álvarez y Cruz (2017), asocian la disminución de la producción al mal manejo de los ecosistemas de pastizales, lo que coincide con lo reportado con este estudio. El estudio realizado en México por Chalate-Molina et al. (2010), reportan el uso de 15 cabezas de ganado bovino en una superficie de 3.4 ha, lo que se ajusta a los resultados obtenidos. Sin embargo, en Venezuela, Páez et al. (2003), reportan una baja a mediana intensidad productiva (136.5 ha y 55 vacas), donde la superficie útil dedicada a la actividad ganadera es alta (116.5 ha), representando una alta proporción con relación al total (85 %). La intensificación y uso de la finca para la producción ganadera, depende mucho de la cobertura y de la cantidad de pasto disponible para el consumo animal y esto afectará la carga, así lo plantea Viillacís et al. (2003), en estudio realizado en Costa Rica, en el caso de la ganadería de Santiago Rodríguez, esta es muy intensa y los potreros son sobre explotados y el ganado requiere una gran área de terreno para satisfacer las necesidades del animal. Las características de las fincas y sus niveles de productividad corresponden a una zona seca, por lo tanto, tienen limitaciones de manejo y un uso deficiente del área y las especies existentes, que es caso contrario a la ganadería en zonas húmedas en la región tropical.

Los resultados mostrados en la Tabla 1, evidencian una grave problemática de sobrepastoreo, ya que la carga animal es alta (2-5). Además, los animales permanecen largos periodos de tiempo en el mismo potrero, esto asociado a una baja disponibilidad de forraje y espacio reducido. Se observó que en muchas fincas evaluadas el uso del recurso hídrico no es el más adecuado, ya que los animales ingresan a las fuentes hídricas (ríos, quebradas, lagunas artificiales y naturales) y las contaminan con sus heces, orina y movimientos que

alteran los sedimentos del fondo. En República Dominicana, no se dispone de muchos estudios donde se reporten las causas de la baja productividad de leche y carne, lo que limita la discusión de los resultados obtenidos con base en la información local; sin embargo, se realizan comparaciones con resultados obtenidos en otros países con condiciones similares.

### Tipos de sistemas silvopastoriles presentes en las fincas

Se evidenciaron seis tipos de sistemas silvopastoriles (Figura 2) y se identificaron 132 arreglos en las fincas muestreadas. El arreglo predominante es el de árboles dispersos, presente en 77 explotaciones, seguido de las cercas vivas y el de menor presencia es el de las cortinas rompeviento reportado en dos fincas. Cabe señalar que el número de arreglos silvopastoriles (132) es mayor que el total de las fincas muestreadas (85), lo cual indica que algunas fincas cuentan con más de un arreglo silvopastoril. Además, la distribución de cada sistema silvopastoril fue diferente pues los árboles dispersos se encontraron, en su mayoría, en densidades bajas. En gran parte de las fincas muestreadas no existe división de potreros, por lo cual las parcelas de muestreo fueron en su mayoría de 1 000 m<sup>2</sup>. Por otra parte, sistemas como parches de bosques y plantaciones lineales, mostraron alta densidad arbórea, por lo tanto, las parcelas de

muestreo fueron más pequeñas (250 m<sup>2</sup> - 25 m, respectivamente).

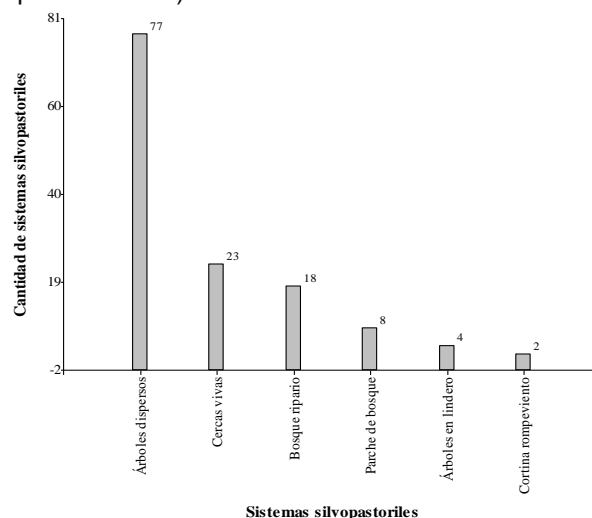


Figura 2. Tipos y cantidad de sistemas silvopastoriles presentes en las fincas ganaderas en Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Según la prueba de chi-cuadrado aplicada (Figura 3), se evidenció que los sistemas silvopastoriles y los municipios están asociados en la provincia de Santiago Rodríguez. El municipio de Sabaneta presenta una fuerte asociación con los árboles dispersos y cortinas rompeviento; mientras que el municipio de Villa Los Almácigos tiene una mayor presencia de cercas vivas y bosques riparios y Monción está asociado con árboles en linderos y tiene cierta asociación con árboles dispersos.

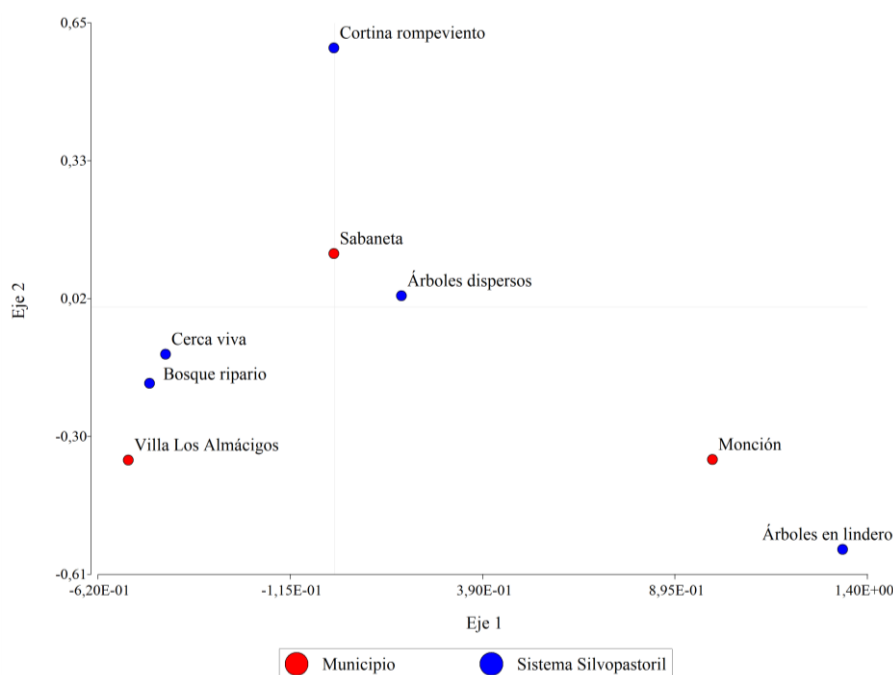


Figura 3. Análisis de correspondencia entre municipios y tipo de sistema silvopastoril en Santiago Rodríguez, República Dominicana. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Los resultados mostrados en la Figura 2, evidencian la presencia de seis tipos de SSP, pero con gran variabilidad de arreglos. Sin embargo, hubo predominancia del arreglo de árboles dispersos, seguido de cercas vivas y el de menor presencia cortinas rompeviento. Es evidente que las actividades de manejo y posible eliminación de la regeneración natural para aumentar las áreas de pastos sea la causa principal del incremento de los árboles dispersos en estos sistemas y en el caso de las cercas vivas la explicación es el uso de la especie para delimitar las áreas de pastoreo, además es una especie común y de fácil adaptación en la provincia. El estudio realizado por Zepeda-Cancino et al. (2021), en Mezcalapa, Chiapas, indica que los sistemas tradicionales, como pastizales con árboles y arbustos dispersos, ocupó la mayor superficie de todas las modalidades silvopastoriles presentes en las unidades ganaderas, seguido de las cercas vivas, las cuales se conforman por *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp. Estos resultados son similares a lo encontrado en el presente estudio, donde los árboles dispersos y las cercas vivas fueron los sistemas silvopastoriles más abundantes. Además, en ambos estudios se reporta una alta diversidad de especies en el arreglo de árboles dispersos y la presencia mayoritaria de *G. sepium*, en el arreglo de cercas vivas. Esto, coincide con lo reportado por Bautista-Tolentino et al. (2011), en SSP de Veracruz, México, reportaron árboles dispersos de distintas especies, seguido del sistema de cercas vivas es lo más común en el sistema integrado por bovinos a base *Panicum maximum* Jacq. La inclusión de árboles en las pasturas, ya sea en forma de cercas vivas o árboles dispersos, puede contribuir a la conservación de la agrobiodiversidad, y funcionan como corredores biológicos para la fauna local (Congo et al., 2018), mejoran la productividad animal y proporcionan forraje en época seca (Villanueva et al., 2006).

Es importante destacar que las especies arbóreas frutales registradas en este estudio, tales como *P. americana* y *M. indica*, se encuentran, como árboles dispersos. Este arreglo silvopastoril presentó la mayor diversidad de especies arbóreas, al igual que en el

estudio de Bautista-Tolentino et al. (2011), mencionado anteriormente, y en el de Cerrud et al. (2004), quienes registraron mayor diversidad de frutales (40 % de las especies totales) por sus usos. Mediante un uso apropiado, estas especies pueden incidir en la productividad y rentabilidad de los sistemas y convertirse en promisorias en los sistemas ganaderos de la región (Montiel-Aguirre et al., 2006). La especie neem (*Azadiractha indica*), se encontró en el arreglo de cortinas rompeviento, ya que esta especie puede brindar productos adicionales a los ganaderos, tales como semillas y hojas para la elaboración de insecticidas naturales (Bouza-Miranda et al., 2007), madera, etc.

Las diferencias entre el tipo de sistema silvopastoril encontrados en cada uno de los municipios, se deben a las diferencias edafoclimáticas de cada uno de ellos, ya que, a pesar de pertenecer a la misma provincia, estas condiciones son particulares en cada zona.

### Principales prácticas de manejo silvopastoriles usadas por los ganaderos

La Figura 4, muestra una gran variabilidad de prácticas, donde el 87 % de los productores de ganado de Santiago Rodríguez en el estudio realizan la poda de árboles en sus fincas. En los pastos de corte realizan fertilización química, riegan y realizan limpieza o eliminación de malezas. Concuere con Chavarría et al. (2011), quien señala que las prácticas más comunes en los sistemas ganaderos son el deshierre, el riego y la fertilización, que son utilizadas principalmente en bancos forrajeros de pastos para corte, ya que representan una de las principales fuentes de forraje en épocas críticas. Cabe resaltar que, la efectividad de los sistemas silvopastoriles depende de prácticas de manejo como la frecuencia e intensidad de la poda, los periodos de rotación, la aplicación de agroquímicos y la distribución espacial de la vegetación leñosa, entre otros factores que afectan directamente la complejidad estructural y composicional de estos sistemas (Chará-Serna y Chará, 2020).

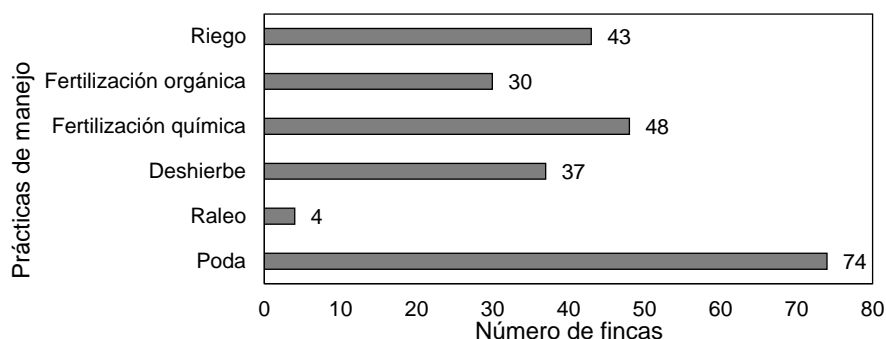


Figura 4. Principales prácticas de manejo silvopastoril presentes en las fincas ganaderas de Santiago Rodríguez, República Dominicana.

### Especies arbóreas utilizadas y sus características

Se identificaron y caracterizaron un total de 47 especies arbóreas. Del total de especies, 32 alcanzaron más de cinco individuos (Tabla 2), que

representaron 18 familias botánicas, entre las que destacan: Fabaceae (9), Anacardiaceae (4), Meliaceae (3), Bignoniaceae (2); las demás familias están representadas por sólo una especie.

Tabla 2. Especies arbóreas encontradas en las fincas muestreadas según variables dasométricas, Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Nombre común	Nombre científico	Familia	n	dap (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
Cambrón	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	Fabaceae	217	26.45	2.05	5.75
Piñón cubano	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Fabaceae	113	15.84	1.07	3.48
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	90	32.44	2.22	6.86
Neem	<i>Azadiractha indica</i> A. Juss.	Meliaceae	69	28.32	2.41	6.25
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	51	41.13	1.61	6.12
Campeche	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Caesalpiniaceae	51	24.49	2.69	7.88
Caoba	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	Meliaceae	34	36.29	2.27	7.66
Jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	30	19.80	1.04	3.17
Brucón	<i>Cassia fistula</i> L.	Fabaceae	21	44.59	3.29	8.24
Pino patula	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. et Cham.	Pinaceae	19	30.62	1.56	3.59
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	19	30.86	3.09	9.67
Samán	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Fabaceae	18	48.84	2.58	8.92
Candelón	<i>Acacia skleroxyla</i> Tuss.	Fabaceae	16	23.29	1.63	6.03
Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	15	29.45	1.41	4.87
Mara	<i>Calophyllum calaba</i> L.	Clusiaceae	15	27.14	1.19	4.50
Guao	<i>Comocladia dentata</i> Jacq.	Anacardiaceae	15	11.67	0.88	2.31
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	13	22.94	2.88	7.72
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	13	32.13	2.77	7.52
Laurel	<i>Cordia alliodora</i> R. & P.	Boraginaceae	10	21.96	2.18	9.66
Jabilla	<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae	9	33.30	3.88	10.11
Juanprimero	<i>Simarouba glauca</i> DC.	Simaroubaceae	9	29.04	1.18	3.87
Almácigo	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	9	27.96	3.01	6.80
Cajuil	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	9	22.28	1	4.09
Anón	<i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae	8	14.96	1.19	2.86
Aroma	<i>Acacia aroma</i> Hook. & Arn.	Fabaceae	8	14.95	1.72	5.68
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Sapotaceae	8	15.48	1.85	3.92
Pomo	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Myrtaceae	7	29.28	1.18	5.03
Roble	<i>Catalpa longissima</i> (Jacq.) Dum-Cours.	Bignoniaceae	7	26.57	3.06	8.38
Capa	<i>Spirotecoma rubriflora</i> (Leon) Alain	Bignoniaceae	6	40.74	3.06	8.93
Penda	<i>Citharexylum fruticosum</i> L.	Verbenaceae	5	19.48	1.04	2.62
Limoncillo	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Sapindaceae	5	44.31	1.43	5.59
Guama	<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	5	20.20	3.87	5.90
Otras			28			
Total			942			



Entre las especies registradas destacan *Prosopis juliflora*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Azadiractha indica*, las cuales, de acuerdo con su frecuencia, representan el 50 % de los individuos encontrados. Las especies que presentaron menos de cinco individuos se incluyeron en el grupo de otras (quince especies), ya que se consideró que no eran representativas de la región (0.0001 %).

Hubo una fuerte asociación entre especies y sistemas silvopastoriles (Figura 5), explicada a través de los ejes en un 82.74 %. Las cercas vivas se relacionan con la especie piñón cubano (*G. sepium*); es decir, la mayoría de las cercas vivas de la región se caracterizan por la presencia de esta especie, la cual es la segunda más frecuente en la provincia. Por su parte, los árboles en linderos son en su mayoría de jobo (*Spondias mombin*).

En el cuadrante opuesto inferior de la Figura 5, de acuerdo con su proximidad, se evidenció que los parches de bosques y bosques riparios comparten las mismas especies: guácimo (*Guazuma ulmifolia*), campeche (*Haematoxylum campechianum*) y neem (*Azadiractha indica*); esta última especie también resulta común en cortinas rompeviento, en donde además se presenta la especie mara (*Calophyllum calaba*). En el cuadrante superior izquierdo, se evidencia que el arreglo de árboles dispersos posee una amplia variedad de especies, entre las cuales se pueden citar el cambrón (*Prosopis juliflora*), aguacate (*Persea americana*), leucaena (*Leucaena leucocephala*) y mango (*Mangifera indica*), entre otros. Esta característica era de esperar, ya que este tipo de sistemas provienen de una modificación de los bosques secundarios.

Los resultados presentados en el Tabla 2, muestran una gran variabilidad de especies arbóreas, pero una reducida cantidad de familias de plantas presentes en las fincas ganaderas en estudio. Reportes de Gómez et al. (2006), en Michoacán, México, señalan una diversidad superior a la encontrada en este estudio (veintiocho familias), donde se resalta la familia Fabaceae y 70 especies como *Guazuma ulmifolia* y *Mangifera indica*, abundantes también en la presente investigación. La diferencia en cuanto a diversidad entre ambos estudios puede deberse a la altitud (800 a 1 900 m s.n.m.) y al clima más húmedo en la

región michoacana con respecto a la zona Noroeste, la cual se caracteriza como una de las regiones más secas de República Dominicana. Sosa-Rubio et al. (2004) reportaron la presencia de 30 especies forrajeras pertenecientes a 14 familias botánicas en la región seca de Quintana Roo, hallazgos que son consistentes con los resultados del presente estudio. Entre estas familias, Fabaceae destaca por su frecuente presencia en sistemas ganaderos debido a su importancia en la alimentación del ganado y sus múltiples usos. La abundancia de especies de esta familia sugiere que representan una alternativa clave para la adaptación al cambio climático, ya que prosperan en condiciones de sequía prolongada. De acuerdo con Medeiros et al. (2012), algunas especies de Fabaceae, como *Prosopis juliflora* y *Leucaena leucocephala*, pueden ser un suplemento alimenticio alternativo prometedor para rumiantes. Asimismo, *Guazuma ulmifolia* ha sido identificada como una especie con alto potencial forrajero en sistemas silvopastoriles (Aguirre, 2013) y fue una de las más utilizadas en las fincas evaluadas. Por su parte, *Gliricidia sepium* fue abundante en las cercas vivas de las fincas ganaderas de Santiago Rodríguez, República Dominicana, debido a su amplia variedad de usos (Ramos-Trejo et al., 2020).

En este contexto, las especies arbóreas desempeñan un papel fundamental en la mejora de los sistemas ganaderos dentro de los sistemas silvopastoriles (SSP), proporcionando beneficios ecológicos y productivos (Casanova-Lugo et al., 2014; Cediell-Devia et al., 2020). Estos resultados refuerzan la importancia de integrar especies forrajeras adaptadas a condiciones adversas en la planificación y manejo sostenible de la ganadería.

En relación con las variables dasométricas, los valores más altos de DAP (diámetro a la altura del pecho) (Tabla 2), correspondieron a *Samanea saman*, *Cassia fistula* y *Mangifera indica*, las cuales fueron comunes en sistemas de árboles dispersos, donde la mayoría de las especies se diseminaron de forma natural en los potreros (Figura 5). *Hura crepitans*, *Cordia alliodora* y *Catalpa longissima* fueron las que alcanzaron alturas mayores. Además, la especie *Leucaena leucocephala* corresponde a una especie multipropósito, utilizada para alimentar el ganado, producción de leña y mejorar el microclima en los sistemas ganaderos.

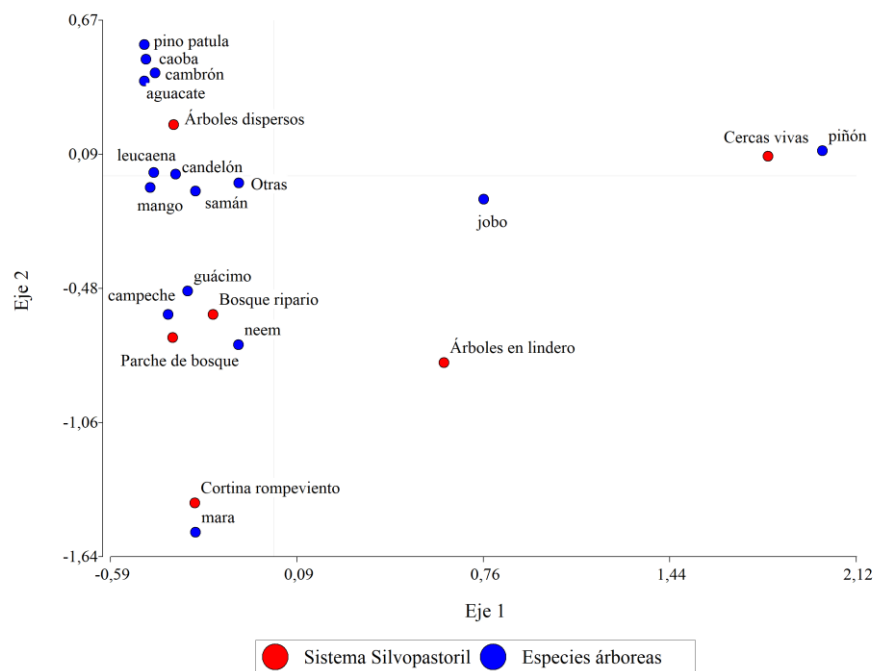


Figura 5. Análisis de correspondencia entre sistemas silvopastoriles y las especies arbóreas más frecuentes de Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Las especies maderables caoba (*Swietenia mahagoni*), pino (*Pinus patula*), samán (*Samanea saman*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y roble (*Catalpa longissima*), presentaron una frecuencia alta y destacan por su alto valor comercial. El piñón cubano (*G. sepium*) y el jobo (*Spondias mombin*), destacan en la producción de postes para el establecimiento o reparación de cercas vivas y muertas en las fincas.

Los productores ganaderos indicaron que, dentro de los usos más importantes de los árboles en las condiciones de la región, se encuentran la sombra, forraje y madera/leña para extraer postes y material para pequeñas construcciones rurales. Estos usos son esenciales para contribuir a la alimentación, bienestar animal y mejoramiento de la finca. Hubo una gran proporción de especies con estos usos, como *P. juliflora*, *G. sepium* y *G. ulmifolia* (Tabla 2). Los productores también expusieron que estas especies contribuyen a la producción de servicios ecosistémicos, tales como regulación del agua y el microclima, mejoramiento del suelo, hábitat para la fauna; ningún productor señaló que las especies arbóreas contribuyen a la biodiversidad, lo cual puede deberse al desconocimiento de este concepto en el contexto ganadero.

De acuerdo con su proximidad, el 100 % de los productores del municipio Sabaneta identificaron

varios aspectos negativos de los árboles en sus fincas, como la presencia de especies arbóreas clasificadas como invasoras (*P. juliflora* y *H. campechianum*) (Figura 6). Además, indicaron que, en época de sequía, algunos árboles que no están adaptados a condiciones adversas pierden sus hojas y se secan. Otro inconveniente identificado fue la presencia de espinas en especies como *P. juliflora* y *Acacia aroma*. Tanto los productores de Villa Los Almácigos como de Sabaneta expresaron que la sombra de algunos árboles limita el crecimiento del pasto, esta es una de las principales causas de eliminación de especies arbóreas en sus sistemas de producción. En Monción, los productores consideraron que estas especies no tienen ningún aspecto negativo en sus fincas y, al contrario, valoran algunos aspectos positivos de las mismas.

Otro hallazgo importante es que el 83.5 % de los productores señalaron que desean continuar la siembra de árboles en sus fincas y aumentar la cobertura arbórea, mientras que el 16.5 % expresó no tener ningún plan para establecer especies arbóreas. En el primer caso, los productores no tienen claro el concepto de arreglo silvopastoril, razón por la cual la mayoría no respondió a la pregunta sobre el tipo de arreglo que les gustaría establecer. Sin embargo, expresaron que entre las especies a sembrar prefieren *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *P. juliflora*, *S. saman*, *A. indica* y cítricos.

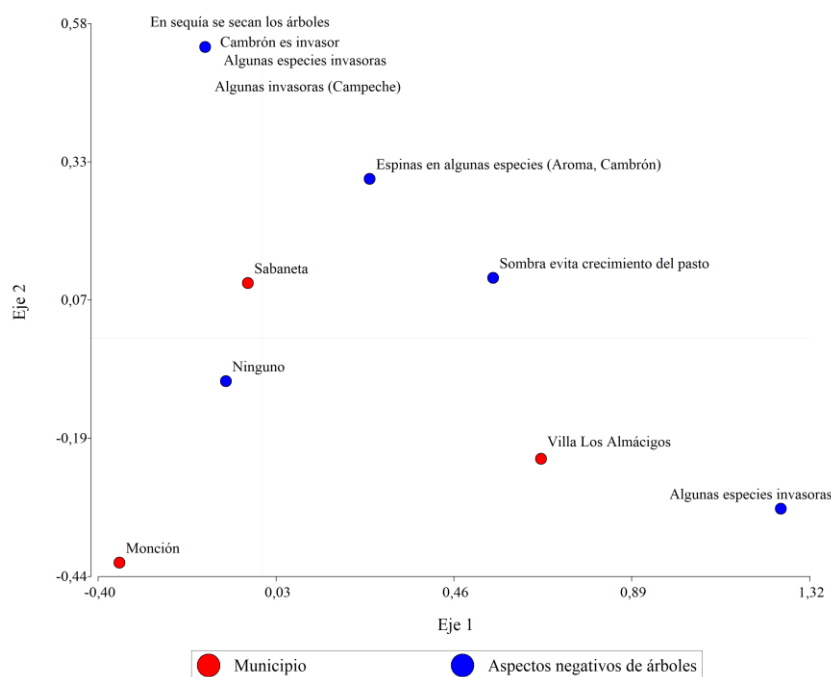


Figura 6. Análisis de correspondencia entre aspectos negativos de especies arbóreas en los municipios de la provincia Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Galindo et al. (2014), recomiendan las especies arbóreas como *S. saman*, *A. indica*, *L. leucocephala*, *G. sepium* y *G. ulmifolia*, para mitigación del CC y mejorar las dietas de los animales, mediante la reducción de las emisiones. Las especies arbóreas son claves para mejorar los sistemas ganaderos y contribuir a optimizar la productividad de la finca (Buitrago-Guillén et al., 2018). Además, son potenciales para ser implementadas en SSP (López-Vigosa et al., 2017). El valor de las especies arbóreas se mide por los usos que ofrecen. De esta forma se identificó que los productores reconocen los diversos usos que pueden obtener de ellas.

Con relación a los usos de las especies y sus aspectos negativos (Figura 6), uno de los aspectos negativos indicados por los productores, fue la invasión de las pasturas de algunas especies como *P. juliflora*, la cual tiene esta característica en regiones donde no es nativa, y afecta la diversidad del ecosistema a través de la disminución de otras especies leñosas. Dichos efectos negativos pueden ser explicados su alta adaptación a zonas áridas, de acuerdo con lo reportado por Shaik y Mehar (2015) y beneficios para el ganadero (Patnaik et al., 2017), ya que es una especie competitiva, registró la mayor frecuencia en el presente estudio. Sin embargo, los productores de ganado la consideran como una amenaza, ya que Especies como *P. juliflora* y *A. aroma* presentan espinas y, por lo tanto, causan inconvenientes a los

productores, siendo un efecto negativo para los productores (Walter y Armstrong, 2014). Sin embargo, Funes et al. (2007), señalan que *A. aroma*, es un buen recurso forrajero.

El 83.5 % de los productores expresaron que los árboles limitan el crecimiento del pasto, aunque no en todos los casos, pues depende de la tolerancia del pasto, lo cual puede deberse a la presencia de algunas especies leñosas, y limitan el proceso de fotosíntesis de las pasturas. Esta situación se ve más afectada cuando son expuestas al sobrepastoreo y/o sequías. Si se considera solo la intersección de la radiación solar que producen los árboles, la producción de biomasa de la pastura es reducida. Sin embargo, cuando se considera el sistema silvopastoril en forma integral, bajo un manejo adecuado, se espera una biomasa superior (Pedreira et al., 2013). En ese sentido, Gonzales-Gómez et al. (2006), sugieren que se requiere expandir el conocimiento sobre manejo y uso de las especies arbóreas a otros productores, para concienciar a la población de la necesidad de conocer y cuidar los árboles que son de utilidad y evitar la pérdida del material nativo que tiene importancia económica y social.

## CONCLUSIONES

Las especies y arreglos SSP identificados en fincas ganaderas de la provincia Santiago Rodríguez, República Dominicana, evidenciaron una gran

variabilidad de arreglos y especies, pero limitado número familias de arbóreas con posible potencial para la adaptación al CC en relación con otros estudios realizados en regiones tropicales y mostrados en esta publicación. El número de variables analizadas con relación al potencial de estas especies al CC fueron mínimas y por eso se concluye como especies potenciales. En base a resultados de otras investigaciones y referencias bibliográficas, se concluye que, los sistemas identificados podrían solucionar la problemática de la degradación de pasturas en la región, debido al sobrepastoreo y al incremento de la oferta forrajera de calidad en la zona de estudio.

Las especies identificadas están adaptadas a la zona, soportan largos periodos de sequía, brindan forraje de calidad en épocas críticas y contribuyen al bienestar animal; reducen el estrés calórico en los animales. El estudio reporta a las especies de *P. juliflora*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala*, *S. saman* y frutales como *M. indica* y *P. americana* como las especies más frecuentes y adaptadas a las condiciones climáticas de la zona de estudio. Estas especies representan una alternativa de mitigación, por medio de la inclusión en la dieta animal que provoca la disminución de metano entérico.

En la investigación se concluye que a pesar de los beneficios que brindan algunas especies arbóreas forrajeras, aún existe un desconocimiento por parte de los productores sobre el uso de estas en la dieta del ganado, así como de su aprovechamiento adecuado y oportuno.

La gran mayoría de los productores de ganado en el estudio tiene interés en incrementar la cobertura arbórea bajo arreglos silvopastoriles. Esto es una fortaleza para la región a fin de poder expandir las especies y mejorar las condiciones de los animales mediante los SSP. Además, se recomienda buscar estrategias de manejo de las especies de regeneración natural, ya que a través de estas se puede ampliar la cobertura arbórea de forma factible y simple.

### Agradecimientos

Los autores de esta investigación agradecen al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), por el financiamiento de los estudios de maestría a través de la cual fue posible la misma. De igual forma, a los

estudiantes de último semestre de Agronomía de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), por su colaboración en la toma de datos. Agradecemos al Ingeniero Agrónomo Jairo Antonio Durán, por su soporte técnico en campo y redacción del documento. Esta investigación corresponde a los estudios de Maestría en Agroforestería y Agricultura Sostenible que realizó el primer autor, en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) con sede en Costa Rica.

### BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, OJ. 2013. Características nutricionales de algunas leñosas forrajeras (en línea). Abanico Veterinario 3(3): 42-51. Disponible en <https://www.medigraphic.com/pdfs/abanico/av-2013/av133f.pdf>
- Álvarez, C; Cruz, W. 2017. Manejo de pastizales en sistemas de producción ganaderos de Nueva Guinea, Costa Caribe Sur de Nicaragua (en línea). Revista Ciencia e Interculturalidad 20(1):122-139. Disponible en <http://dx.doi.org/10.5377/rci.v20i1.4858>
- Andrade, H; Ibrahim, M. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? (en línea). Agroforestería de las Américas 10(1):39-40. Disponible en <https://openknowledge.fao.org/items/70ea6d00-1998-4823-b7f6-b3292bb4832f>
- Arboleda, D; Tombe, A; Morales-Velazco, S; Vivas-Quila, N. 2013. Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero: en sistemas de producción ganadera del Trópico Alto Colombiano (en línea). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 11(1):154-163. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612013000100019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000100019)
- Arciniegas-Torres, SP; Flórez-Delgado DF. 2018. Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería (en línea). Ciencia y Agricultura 15(2):107-116. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/5600/560064389006/html/>
- Bautista-Tolentino, M; López-Ortíz, S; Pérez-Hernández, P; Vargas-Mendoza, M; Gallardo-López, F; Gómez-Merino, F. 2011. Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad el Limón, municipio de paso de Ovejas, Veracruz, México (en línea). Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales 14(1):63-76. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703005>
- Bouza Miranda, Y; Martínez Rodríguez, A; Mederos L; Pérez Barroso, P. 2007. Determinación de propiedades físicomecánicas de los frutos del Nim relacionados con la cosecha mecanizada por vibración (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 16(3):37-42. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93216309>

- Buitrago-Guillen, ME; Ospina-Daza, LA; Narváez-Solarte, W. 2018. Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático (en línea). Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.U. de Caldas 22(1):31-42. Disponible en <https://doi.org/10.17151/bccm.2018.22.1.2>
- Casanova-Lugo, F; Petit-Aldana, J; Solorio-Sánchez, FJ. 2014. Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico (en línea). Agrofor Syst 88:29-39. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10457-013-9652-7>
- Cediel-Devia, D; Sandoval-Lozano, E; Castañeda-Serrano, R. 2020. Effects of different regrowth ages and cutting heights on biomass production, bromatological composition and in vitro digestibility of *Guazuma ulmifolia* foliage (en línea). Agroforest Syst. 94:1199-1208. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00354-y>
- Cerrud, R; Villanueva, C; Ibrahim, M; Stoian, D; Esquivel, H. 2004. Caracterización de los sistemas silvopastoriles tradicionales del distrito de Bugaba, Provincia de Chiriquí, Panamá (en línea). Agroforestería en las Américas 41-42:43-49. Disponible en [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5866/Caracterizacion\\_de\\_los\\_sistemas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5866/Caracterizacion_de_los_sistemas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chacón-León, M; Harvey, C. 2013. Reservas de biomasa de árboles dispersos en potreros y mitigación al cambio climático (en línea). Revista Agronomía Mesoamericana 24(1):17-26. Disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v24n01\\_017.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_017.pdf)
- Chalate-Molina, H; Gallardo-López, F; Pérez-Hernández, P; Paul Lang-Ovalle, F; Ortega-Jiménez, E; Vilaboa Arroniz, J. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México (en línea). Zootecnia tropical 28(3):329-339. Disponible en [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692010000300004](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000300004)
- Chará-Serna, AM; Chará, J. 2020. Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos en agropaisajes tropicales (en línea). Livestock Research for Rural Development 32(11):184. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd32/11/ana32184.html>
- Chavarría, A; Detlefsen, G; Ibrahim, M; Galloway, R; Camino, R. 2011. Análisis de la productividad y la contribución financiera del componente arbóreo en pequeñas y medianas fincas ganaderas de la subcuenca del río Copán, Honduras (en línea). Agroforestería de las Américas 48:146-156. Disponible en [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7956/Analisis\\_de\\_la\\_productividad.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7956/Analisis_de_la_productividad.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Congo, C; Velástegui, F; Caicedo, C; Rodríguez, L; Vera, A; Montero, O. 2018. Árboles dispersos y su efecto en la productividad de los potreros en la Amazonia Colombiana (en línea). La Granja: Revista de Ciencias de la Vida 27(1):64-76. Disponible en <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.05>
- Detlefsen, G; Marmillod, D; Scheelje, M; Ibrahim, M. 2012. Protocolo para la instalación de parcelas permanentes de medición de la Producción maderable en sistemas agroforestales de Centroamérica (en línea). Turrialba, Costa Rica. Disponible en <https://docplayer.es/63774410-Protocolo-para-la-instalacion-de-parcelas-permanentes-de-medicion-de-la-produccion-maderable-en-sistemas-agroforestales-de-centroamerica.html>
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2020. InfoStat versión 2020 (Computer software) (en línea). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2018. Modelo Ganadero para zonas secas de la República Dominicana (en línea). FAO. Disponible en <http://www.fao.org/3/i9125es/i9125ES.pdf>
- Fisher, A; Laing, J; Stoeckel, J. 1941. Manual para el diseño de investigaciones operacionales en planificación familiar (en línea). 2° ed. The Population Council. Disponible en [https://www.popcouncil.org/uploads/pdfs/1991\\_HandbookFP-ORDesign\\_es.pdf](https://www.popcouncil.org/uploads/pdfs/1991_HandbookFP-ORDesign_es.pdf)
- Funes, G; Vnier, P; Galetto, L; Urcelay, C. 2007. Acacia aroma Gillies ex Hook. & Arn (en línea). Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. 33(2):55-65. Disponible en [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/36530/CONICET\\_Digital\\_Nro.ab0a4324-4e8f-49b8-aa0c-18cb1b3b1a3a\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/36530/CONICET_Digital_Nro.ab0a4324-4e8f-49b8-aa0c-18cb1b3b1a3a_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Galindo, J; González, N; Marrero, Y; Sosa, A; Ruiz, T; Febles, G; Torres, V; Aldana, AI; Achang, G; Moreira, O; Sarduy, L; Noda, AC. 2014. Efecto del follaje de plantas tropicales en el control de la producción de metano y la población de protozoos ruminales in vitro (en línea). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 48(4): 359-364. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193033033009>
- Gerber, PJ; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A; Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación (en línea). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Disponible en <http://www.fao.org/3/i3437s/i3437s.pdf>
- Gomes, C; Oddone, N. 2017. Fortalecimiento de la cadena de valor de los lácteos en la República Dominicana (en línea). Ciudad de México, México. CEPAL. Documento de proyectos. Disponible en [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41746/1/S1700564\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41746/1/S1700564_es.pdf)
- Gómez, F; Rounsard, O; le Maire, G; Taugourdeau, S; Pérez, A; van Oijen, M; Vaast, P; Rapidel, B; Harmand, JM; Voltz, M; Bonnefond, JM; Imbach, P; Moussa, R. 2006. Modelling the hydrological behaviour of a coffee agroforestry basin in Costa Rica (en línea). Hydrology



- and Earth System Sciences 15:369-392. Disponible en <https://hess.copernicus.org/articles/15/369/2011/hess-15-369-2011.html>
- González-Blanco, JP; WingChing-Jones, R. 2018. Producción y reproducción de vacas Holstein, Jersey y sus cruces en cinco localidades de Costa Rica (en línea). Cuadernos de Investigación UNED 10(2):422-427. Disponible en <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v10i2.2171>
- Gonzales-Gómez, JC; Madrigal-Sánchez, X; Ayala-Burgos, A; Juárez, C; Gutiérrez-Vásquez, E. 2006. Especies arbóreas de uso múltiple para la ganadería en la región de Tierra Caliente del Estado de Michoacán, México (en línea). Livestock Research for Rural Development 18(8):109. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd18/8/gonz18109.htm>
- Imbach, A. 2016. Estrategias de vida: analizando las conexiones entre la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales y los recursos de las comunidades rurales (en línea). Geolatina Ediciones. Disponible en [https://www.academia.edu/25974254/ESTRATEGIAS\\_DE\\_VIDA](https://www.academia.edu/25974254/ESTRATEGIAS_DE_VIDA)
- Liogier, A. 2000. Diccionario Botánico de Nombres Vulgares de La Española (en línea). (2° ed.). Disponible en <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/207>
- López-Roldán, P; Fachelli, S. 2015. Metodología de la investigación social cuantitativa (en línea). (1° ed.). Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en [https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163567/metinvsoocua\\_a2016\\_cap2-3.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163567/metinvsoocua_a2016_cap2-3.pdf)
- López-Vigao, O; Sánchez-Santana, T; Iglesias-Gómez, J; Lamela-López, L; Soca-Pérez, M; Arece-García, J; Milera-Rodríguez, M. 2017. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical (en línea). Pastos y Forrajes 40(2):83-95. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942017000200001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000200001&lng=es&tlng=es)
- Medeiros, MA; Riet-Correa, F; Pessoa, AF; Pessoa, CR; Batista, JA; Dantas, AF; Miranda, EG; Medeiros, RM. 2012. Uso de vainas de *Prosopis juliflora* como alimento para ganado y caballos (en línea). Pesquisa Veterinária Brasileira 32:1014-1016. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012001000012>
- Menéndez-Buxadera, A; Caunedo, J; Fernández, M. 2004. Relación entre el porcentaje de vacas en ordeño y la producción láctea total del rebaño (en línea). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 38(4):361-367. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017793003>
- Monegro, T; Liz, R. 2018. Plan para el desarrollo económico local Santiago Rodríguez.
- Montiel-Aguirre, G; Krishnamurthy, L; Vázquez-Alarcón, A; Uribe-Gómez, M. 2006. Opciones agroforestales para productores de mango (en línea). Terra Latinoamericana 24(3):409-416. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311103013>
- Oficina Nacional de Estadística (ONE). 2015. División Territorial 2015 (en línea). Santo Domingo, República Dominicana. Disponible en <https://www.one.gob.do/Multimedia/Download?ObjId=40953>
- Otzen, T; Manterola, C. 2017. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio (en línea). Revista International Journal of Morphology 35(1):227-232. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext)
- Páez, L; Tiburcio, L; Sayago, W; Pacheco, R. 2003. Caracterización estructural y funcional de fincas ganaderas de doble propósito en el municipio Páez del estado Apure, Venezuela (en línea). Zootecnia Tropical 21(3):301-320. Disponible en [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692003000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692003000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Patnaik, P; Abbasi, T; Abbasi, SA. 2017. *Prosopis juliflora*: blessing and bane (en línea). Tropical Ecology 58(3):455-483. Disponible en [http://216.10.241.130/pdf/open/PDF\\_58\\_3/1.%20Patnaik%20et%20al.%20455-483.pdf](http://216.10.241.130/pdf/open/PDF_58_3/1.%20Patnaik%20et%20al.%20455-483.pdf)
- Pedreira, CB; Behling, M; Wruck, FJ; Barbosa, DA. 2013. Integración Cultivos Ganadería-Bosque: experiencias en Mato Grosso, Brasil [Resumen de la presentación del congreso] (en línea). Congredo CEA Invernada y Administración Agropecuaria, Asunción, Paraguay. Disponible en <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96358/1/cpamt-pedreira-cea-2013.pdf>
- Ramos-Trejo, OS; Canul-Solís, JR; Alvarado-Canché, A; Castillo-Sánchez, LE; Sandoval-Gío, J; Campos-Navarrete, MJ; Piñero-Vázquez, AT; Chay-Canul, AJ; Casanova-Lugo, F. 2020. Growth, forage yield and quality of *Morus alba* L. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. in mixed and pure fodder bank systems in Yucatan, México (en línea). Agroforestry systems 94(1):151-157. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00378-4>
- Shaik, G; Mehar, SK. 2015. Evaluating the allelopathic influence of mesquite (*Prosopis juliflora* DC.) aqueous leaf extract on the germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds using different germination indices (en línea). International Journal of Pharma and Bio Sciences 6:B280-B287. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/282282250\\_Evaluating\\_the\\_allelopathic\\_influence\\_of\\_mesquite\\_Prosopis\\_juliflora\\_DC\\_aqueous\\_leaf\\_extract\\_on\\_the\\_germination\\_of\\_rice\\_Oryza\\_sativa\\_L\\_seeds\\_using\\_different\\_germination\\_indices](https://www.researchgate.net/publication/282282250_Evaluating_the_allelopathic_influence_of_mesquite_Prosopis_juliflora_DC_aqueous_leaf_extract_on_the_germination_of_rice_Oryza_sativa_L_seeds_using_different_germination_indices)
- Solís, J; Villanueva, C; Detlefsen, G; Brenes, C; Vilchez, S. 2019. Tree cover on cattle farms in the southeast region of Guatemala (en línea). American Journal of Agriculture and Forestry 7(2):66-77. Disponible en <https://sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.ajaf.20190702.14>
- Sosa-Rubio, E; Pérez-Rodríguez, D; Ortega-Reyes, L; Zapata-Buenfil, G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la

- alimentación de ovinos (en línea). *Técnica Pecuaria en México* 42(2):129-144. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61342201>
- Valerio, D; Soto, Y; Matos, F; Perea, J; Acero, R; García, A. 2006. Estudio técnico-económico de dos leguminosas forrajeras tropicales en la alimentación del vacuno lechero en la región NO de la República Dominicana (en línea). *Revista Archivos de Zootecnia* 55(211):263-272. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/495/49521104.pdf>
- Villacís, JE; Harvey, CA; Ibrahim, MA; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica (en línea). *Agroforestería en las Américas*, número 39-40. Disponible en <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5501e9d0-01b3-42a3-b733-43fa6d6033ff/content>
- Villanueva, C; Tobar, D; Ibrahim, M; Casasola, F. 2006. Árboles dispersos en potreros en fincas ganaderas del Pacífico Central de Costa Rica (en línea). *Agroforestería en las Américas* 45:12-20. Disponible en <https://www.biopasos.com/documentos/081.pdf>
- Walter, KJ; Armstrong, KV. 2014. Benefits, threats and potential of *Prosopis* in South India (en línea). *Forests, Trees and Livelihoods* 23:232-247. Disponible en <https://doi.org/10.1080/14728028.2014.919880>
- Zepeda-Cancino, R; Nahed-Toral, J; Velasco, ME. 2021. Evaluación de unidades ganaderas e índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles en el municipio de Mezcalapa, Chiapas (en línea). *Avances en Investigación Agropecuaria* 25(1):57-74. Disponible en <http://web.b.ebscohost.com/acceso.biblioteca.iica.int/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=91e0a140-7be3-4ed2-9b7a-b30b5663c239%40sessionmgr102>

Artículo recibido en: 09 de diciembre del 2024

Aceptado en: 11 de abril del 2025