



Conductancia estomática, diversidad florística y mesofauna edáfica en un bosque y sistema agroforestal, Hacienda Majavita.

Lilian Astrith Chaparro Granados¹,

Chirley Daly Gordillo Benavides² Lucia Fernanda Luna Larrota³, Juan Sebastian Marín Suarez⁴

¹Ing. Forestal. MSc. Agroforestería Tropical. Docente Universidad Libre Socorro. liliana.chaparro@unilibre.edu.co.

^{2,3,4}Estudiantes de ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro. Campus Universitario Majavita. schydaly.17@gmail.com²; luciaflunal@hotmail.com³; haronms@gmail.com⁴

INNOVANDO EN LA U ISSN 2216 - 1236

RESUMEN

En la Hacienda Majavita se encuentran las coberturas de bosque (conformado por vegetación secundaria baja según CORINE Land Cover (IDEAM, 2010) y sistema agroforestal (árboles con café), en las cuales se desconoce el estado de la diversidad florística, conductancia estomática y mesofauna edáfica en época de lluvia. Para esta investigación, se implementó un diseño experimental de dos factores para cada una de las variables estudiadas. El análisis ANOVA, reveló con un 99% de confianza diferencias significativas entre la conductancia estomática del bosque (192,6 mmol/m²s) y sistema agroforestal (299,0 mmol/m²s), siendo ésta última la mayor. La conductancia estomática de las especies en orden descendente fue, *Cedrela odorata* L., *Inga edulis* Mart, *Coffea arabica*, *Inga vera* subsp. spuria (Willd)J. Leon, *Zanthoxylum rhoifolium* Lam, *Nectandra turbacensis* (Kunth) Nees (sistema agroforestal), *Nectandra turbacensis* (Kunth) Nees (del Bosque) y *Anacardium excelsum* (Bertero ex Kunth) Skeels. Los índices de diversidad Shannon-Weaver, Simpson, McIntosh, Bulla y Kempton, indicaron mayor diversidad, distribución y menor dominancia florística en el sistema agroforestal; en esta cobertura se evidenció más variedad de organismos edáficos, los cuales conforman los grupos; quilópodos, oligoquetas, isópteras y coleóptera; a diferencia del bosque donde sólo se encontró el grupo quilópodo.

Palabras clave: Agroforestal, bosque, conductancia estomática, florística, mesofauna.

Figura 1. Coberturas del suelo (Bosque, sistema agroforestal), presente en la Hacienda Majavita, Universidad Libre Socorro, Colombia.



ABSTRACT

At Hacienda Majavita there are forest covers (made up of low secondary vegetation according to CORINE Land Cover (IDEAM, 2010) and agroforestry system (trees with coffee), in which the state of floristic diversity, stomatal conductance and mesofauna is unknown. For this research, a two-factor experimental design was implemented for each of the variables studied. The ANOVA analysis revealed 99% confidence significant differences between the stomatal conductance of the forest (192.6 mmol / m²s) and agroforestry system (299.0 mmol / m²s), being the last one the highest. The stomatal conductance of the species in descending order was, *Cedrela odorata* L., *Inga edulis* Mart, *Coffea arabica*,

Inga vera subsp. spuria (Willd) J. Leon, *Zanthoxylum rhoifolium* Lam, *Nectandra turbacensis* (Kunth) Nees (agroforestry system), *Nectandra turbacensis* (Kunth) Nees (of Forest) and *Anacardium excelsum* (Bertero ex Kunth) Skeels. The Shannon-Weaver, Simpson, McIntosh, Bulla and Kempton diversity indices indicated greater diversity, distribution and less floristic dominance in the agroforestry system; In this coverage, a more variety of edaphic organisms was evidenced, which make up the groups; chilopods, oligochetes, isoptera and coleoptera; unlike the forest where only the chilopod group was found.

Keywords

Agroforestry, forest, stomatal conductance, biodiversity indices, mesofauna, optimization of water.

1. INTRODUCCIÓN

La conductancia estomática en las coberturas vegetales (Bosque y sistema agroforestal) dependen de las especies que lo conforman y de las condiciones ambientales, los responsables del intercambio gaseoso en cada una de las especies son los estomas, estos son pequeños poros por los cuales se absorbe, libera dióxido de carbono y agua; en la mayoría de las especies vegetales se abren al amanecer y se cierran en la oscuridad, esta apertura requiere de aproximadamente de una hora y se presentan cierres graduales en la jornada de la tarde. La respuesta estomática a la luz es directa y está condicionada por la concentración de CO₂ en el interior de las hojas. (Salisbury & Ross, 1994).

1.1. Descripción del problema

La pérdida de coberturas vegetales, procesos de fragmentación y los cambios del uso del suelo, han ocasionado que los bosques y sistemas agroforestales disminuyan los servicios ecosistémicos que estos proporcionan. Esta pérdida, se ve influenciada por el desconocimiento de la fisiología de las especies florísticas, en cuánto a conductancia estomática, además de la calidad de los suelos que puede ser influenciada por las épocas de lluvia y/o estiaje en la presencia o ausencia de mesofauna edáfica. La importancia de estas variables es fundamental para comprender la dinámica del ecosistema, en relación al ciclo hidrológico (interacción agua-suelo-planta-atmósfera) y el reciclaje de nutrientes. Por esto, la investigación se fundamenta en el comportamiento de

la conductancia estomática de especies arbóreas presentes en un bosque de vegetación secundaria, altamente intervenido y un sistema agroforestal conformado por árboles con café, además de la evaluación de la mesofauna edáfica y el estado de las coberturas, en cuanto a diversidad florística.

Figura 2: Vista general Hacienda Majavita



Fuente: Obtenida de Google Earth, 2014

1.2. Antecedentes

En 2009 se realizó un estudio en un sistema agroforestal (árboles y cacao) en Venezuela en la Finca La Judibana de la Universidad de Los Andes, localizada en el Municipio Alberto Adriani, con la finalidad de relacionar la estructura anatómica foliar con las características ecofisiológicas de cuatro (4) especies forestales *Cordia thaisiana*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, encontrándose una mayor tasa de asimilación de CO₂ y conductancia estomática en la especie *Cedrela odorata*. (Araque, Jaimez, Azócar, Espinoza, & Tezara, 2009).

1.3. Preguntas problema

¿Cómo es el comportamiento de la conductancia estomática de las especies arbóreas de un bosque y sistema agroforestal en época de lluvia y su relación con la diversidad de especies, en cuánto a diversidad florística y mesofauna edáfica, en la Hacienda Majavita?

1.4. Justificación

El conocimiento del comportamiento fisiológico de las especies forestales presentes en las coberturas de bosque y sistema agroforestal, proporcionará información acerca de las especies arbóreas de mayor

aporte al ecosistema, en cuanto a recurso hídrico y a las condiciones del suelo. Además, permitirá tener una base para llevar a cabo procesos de restauración en zonas fragmentadas.

1.5. Objetivo general

Evaluar la conductancia estomática, diversidad florística y mesofauna edáfica en un bosque y sistema agroforestal en época de lluvia, en la Hacienda Majavita.

1.6. Objetivos específicos

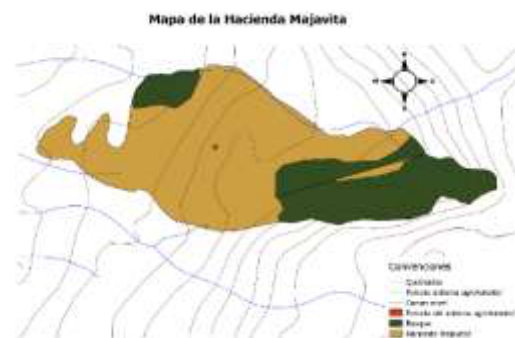
- Determinar el número y tipo de especies vegetales en cada parcela de monitoreo.
- Determinar los índices de Shannon-Weaver, Simpson, McIntosh, Bulla y Kempton.
- Determinar la conductancia estomática y mesofauna en las diferentes coberturas del suelo.
- Comparar la conductancia entre las coberturas.
- Comparar la conductancia entre especies en el bosque y el sistema agroforestal.

2. METODOLOGÍA

2.1. Localización

La investigación se llevó a cabo en la Hacienda Majavita, ubicada en el municipio del Socorro Santander, ésta cuenta con una extensión de 54 ha de las cuales 15.98 ha son de Bosque, 18.21 ha corresponde al sistema agroforestal (conformado por árboles con café), 9.96 ha a sistemas silvopastoriles, según (García G. B., 2019), como se muestra en la Figura 3. Mapa Hacienda Majavita. Las parcelas de monitoreo se ubicaron en la zona de bosque y el sistema agroforestal, cada una con un área de 40m². La zona de vida corresponde a bosque húmedo premontano (bh-PM), de 1.350 m.s.n.m., una temperatura de 24°C, precipitación media anual de 1.630 mm y humedad relativa de un 72%. (Holdridge, 1982).

Figura 3: Mapa Hacienda Majavita, Universidad Libre, Socorro



Fuente: (García G. B., 2019)

2.2. Tipo de investigación

El estudio es exploratorio, explicativo y correlacional al investigar como varía la conductancia estomática en función de la especie y la cobertura vegetal (bosque y un sistema agroforestal), además de determinar, cual de las especies favorece la conservación del recurso hídrico y cual cobertura posee mayor riqueza de mesofauna edáfica.

2.3. Definición de variables e indicadores

Las variables establecidas a partir de los objetivos son las descritas en la tabla 1, para determinar el comportamiento de la conductancia y mesofauna de las áreas de investigación del bosque y sistema agroforestal en época de lluvia.

Tabla 1: Variables y su clasificación

Tipo de variable	Variable	Unidad
Dependiente	Conductancia	mmol/m ² s
	Mesofauna	n/m ²
Independiente	Cobertura del suelo	-
	Precipitación	mm
	Velocidad del viento	m/s
Intervinientes	Iluminancia	Lum/m ²
	Humedad suelo	%
	Humedad relativa	%

2.4. Técnicas de investigación

La investigación se realizó por medio de mediciones en campo de las variables mencionadas en el numeral 2.3, en las áreas de bosque y sistema agroforestal.

2.5. Análisis estadístico

La información recopilada fue sometida a análisis de varianza de Duncan, se determinaron los índices de diversidad biológica, herramientas proporcionadas por el paquete estadístico de *Info Stat Installer* (versión 2017.1.2). Las correlaciones se realizaron en Excel.

2.6. Equipos de medición

En la Figura 4 se presenta el equipo utilizado para las mediciones de las variables conductancia, fue el porómetro de hoja (usa la técnica del estado estacionario, es decir, mide la presión de vapor y el flujo de vapor sobre la superficie de la hoja).

Figura 4. Porómetro de hoja (DECAGON Modelo SC-1; precisión: 10% de la medición)



Fuente: Autores

2.7. Procedimiento.

2.7.1. Procedimiento en los monitoreos

Las mediciones de conductancia estomática se realizaron cada ocho días en la jornada de la mañana (7 a.m.-10 a.m.). Para la cuantificación de mesofauna se realizaron tres monitoreos por cobertura vegetal.

2.7.2. Estimación de conductancia estomática

En la Figura 5, se muestra el procedimiento realizado y el diseño experimental para la comparación de conductancia estomática entre coberturas del suelo y especies.

Figura 5. Esquema metodológico para la medición de la conductancia estomática



Fuente: Autores

2.7.3. Muestreo de mesofauna

Para el muestreo de la mesofauna se utilizó la metodología publicada en el manual *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF), aunque con algunas modificaciones, como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Esquema metodológico para la determinación de la mesofauna edáfica.



Fuente: Autores

2.8. Población y muestra

La parcela de bosque ubicada de 40m² cuenta con tres especies forestales, *Anacardium excelsum* (caracolí):1; *Inga spuria* (Guamo macho):25; *Nectrandra turbacensis*: 23. De los cuales se tomaron 3 individuos por especie a excepción del *Anacardium excelsum*, para la evaluación de la conductancia estomática. En el sistema agroforestal en la parcela existen plantas de café variedad castilla (16), *Nectandra turbacensis* (1); *Cedrela odorata* (2); *Inga edulis* (1); *Bursera simaruba* (1), en este se tomó como referencia 1 individuo por especie. La especie *Bursera simaruba* no se evaluó.

En cada una de las parcelas de (40 m²), se ubicaron 10 subparcelas de 0.0625 m², para la determinación de la mesofauna edáfica.

3. RESULTADOS

3.1. Especies presentes en las parcelas de monitoreo.

Para la identificación de las especies se utilizaron los fundamentos técnicos y metodológicos indicados por el dendrólogo (Mahecha Vega, 1997), aplicaciones *on line* como: *Pl@ntNet*. Además, se consultaron sitios web como: *Kew Science* y *The plant list* (programa para consultar los nombres aceptados de las especies vegetales). En las Figuras 7 y 8 se pueden observar algunas de las características dendrológicas de las especies evaluadas en el SAF y el Bosque.

Figura 7. Especies de Bosque



Figura 8. Especies del Sistema Agroforestal



Fuente: Autores

3.2. Índices de diversidad biológica para cada sistema.

Para la determinación de los índices de diversidad se recopiló información acerca del tipo y número de especies presentes en cada una de las parcelas de monitoreo, de cada cobertura. En la parcela de bosque (40m²), se encontraron las siguientes especies *Anacardium excelsum* (1); *Inga spuria* (25); *Nectandra turbacensis* (23) y la parcela del sistema agroforestal está conformada por *Coffea arabica* variedad castillo (16), *Nectandra turbacensis* (1); *Cedrela odorata* (2); *Inga edulis* (1); *Bursera simaruba* (1). A partir de esta información se generaron los siguientes índices que se describen en la siguiente Tabla 2.

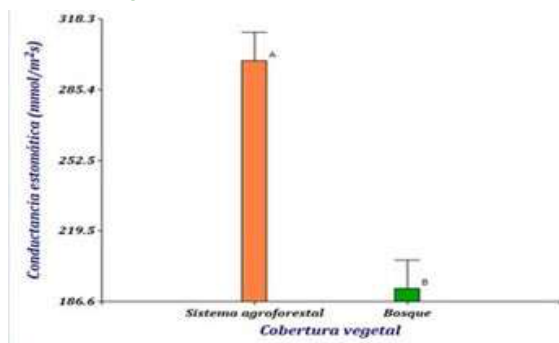
Tabla 2. Índices de diversidad biológica para cada cobertura.

Cobertura	Índices de diversidad biológica					
	Riqueza	Shannon Weaber	Simpson	McIntosh	Bulla	Kempton
Bosque	3	0.81	0.48	0.35	0.56	1.14
Sistema Agroforestal	6	1.2	0.41	0.43	0.44	7.93

Según la Tabla 2, el sistema agroforestal presenta una riqueza mayor a la del bosque, la conforman 6 especies vegetales, según su índice de Shannon de 1.2 la parcela cuenta diversidad de especies dado su tamaño, el índice de Simpson, McIntosh, Bulla; indica presencia de menor dominancia y mayor distribución de especies en relación al bosque. El índice de Kempton del sistema agroforestal de 7.93 en comparación al del bosque de 1.14, establece una distribución más homogénea de la abundancia de las especies.

3.3. Comparación de la conductancia estomática entre las coberturas del suelo.

Figura 9. Comparación de conductancia entre dos coberturas vegetales



La comparación se realizó por medio del análisis de varianza de Duncan con un 99% de confianza, para ello se tomaron 90 repeticiones por cada cobertura. En la figura 9 se muestra que existe una diferencia significativa entre la conductancia estomática del Bosque y el sistema agroforestal, siendo en este mayor. Evidenciado lo anterior en sus valores medios de conductancia de 192.6 mmol/m²s y 299 mmol/m²s respectivamente, como se presenta en la siguiente Tabla

Tabla 3. Resultado Análisis de varianza de Duncan.

Cobertura	Test de Duncan: Alfa 0.01		Error:0.10		gl=1
	Media	n	E.E	CV	
SAF	299.0	90	13.27	51.22	A
Bosque	192.6	90	13.27		B

Nota: Comparaciones con diferentes letras indican diferencias significativas.

En la Tabla 3, se tienen las medidas estadísticas del Test de Duncan, en esta se evidencia un coeficiente de variación de 51.22 %, ello se debe al complejo comportamiento de las especies, las cuales son altamente sensibles a cualquier manipulación.

3.4. Comparación de la conductancia estomática entre las especies presentes en cada cobertura.

3.4.1. Comparación de la conductancia estomática entre las especies presentes del bosque.

Figura 10. Comparación de conductancia entre las especies forestales presentes en el Bosque.

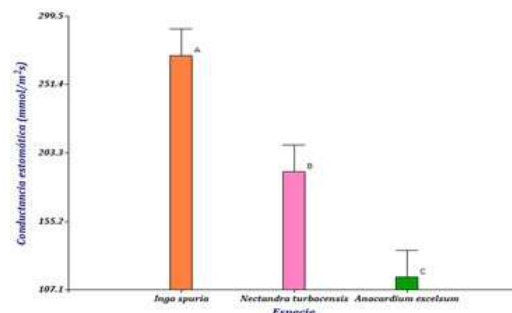


Tabla 4. Resultados test de Duncan de comparación entre conductancia y especie para el Bosque. Comparaciones con diferentes letras indican diferencias significativas.

Test de Duncan: Alfa 0.01 Error:0.10 gl=1					
Especie	Media	n	E.E	CV	Comparación
<i>A. excelsum</i>	115.9	30	18.78		A
<i>N. turbacensis</i>	190.06	30	18.78	53.4	B
<i>Inga spuria</i>	272.0	30	18.78		C

Como se muestra en la Figura 10 y en la Tabla 4, las tres especies forestales del Bosque presentan un comportamiento diferente en cuanto a la conductancia estomática, la especie *Anacardium excelsum* y *Inga spuria*, muestran la menor y mayor conductancia estomática con valores promedios de 115.9 mmol/m²s y 272.0 mmol/m²s, respectivamente.

3.4.2. Comparación de la conductancia estomática entre las especies presentes en el sistema agroforestal.

Para la realización del Test de comparación se tomaron 20 repeticiones para cada especie, como se muestra en la Figura 11 y Tabla 5.

Figura 11. Comparación de conductancia entre las especies forestales presentes en el sistema agroforestal.

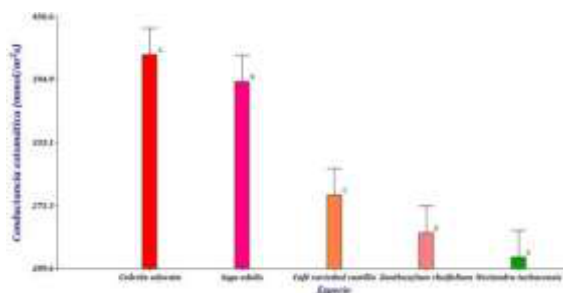


Tabla 5. Resultados test de Duncan de comparación entre conductancia y especie del sistema agroforestal. Comparaciones con diferentes letras indican diferencias significativas.

Test de Duncan: Alfa 0.01 Error:0.10 gl=1					
Especie	Media	n	E.E	CV	Comparación
<i>C. odorata</i>	419.3	20			A
<i>Inga edulis</i>	392.9	20		37.4	B
<i>C. arabica</i>	281.9	20	26.1		C
<i>Z. rhoifolium</i>	244.8	20			D
<i>N. turbacensis</i>	220.8	20			E

En la Figura 11, se muestra el análisis de la comparación entre especies en el sistema agroforestal, indicando diferencias entre todas las especies, para esta cobertura se resalta la conductancia estomática de la especie *Cedrela odorata* y *Nectandra turbacensis*, las cuales presentan el máximo y mínimo valor de intercambio gaseoso (asimilación de CO₂ y transpiración). *Coffea arabica* (variedad castillo) presenta una conductancia mayor a especies forestales como el Tachuelo (*Zanthoxylum rhoifolium*) y *Nectandra turbacensis*.

3.4.3. Comparación de la conductancia estomática entre las especies de la misma familia.

El Test de comparación se realizó con 20 repeticiones para cada especie, a continuación, en la Figura 12, Figura 13 y la Tabla 6, se presenta que la conductancia estomática entre especies de la misma familia es diferente, además se indica la influencia de la cobertura donde se encuentra la especie, es decir, en un bosque especies de la misma familia e incluso de la misma especie presentarán una menor conductancia que las del Sistema agroforestal.

Figura 12. Comparación de conductancia entre las especies forestales de la misma familia.

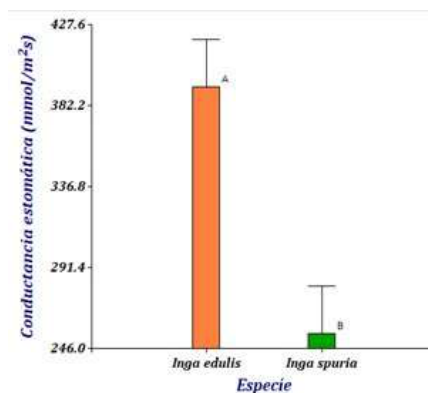
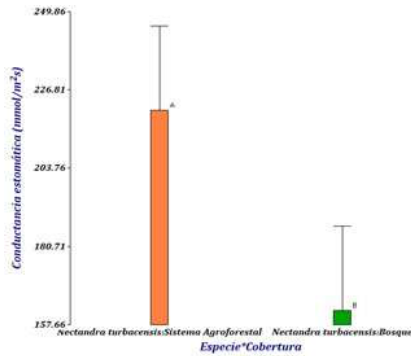


Tabla 6 Resultados test de Duncan de comparación entre conductancia y especie del sistema agroforestal (SAF). Comparaciones con diferentes letras indican diferencias significativas.

Test de Duncan: Alfa 0.01 Error:0.10 gl=1						
Especie	Cobertura	Media	n	E.E	CV	Comparación
<i>Inga edulis</i>	SAF	392.9	20	26.5		A
<i>Inga spuria</i>	Bosque	254.2	20	26.5	36.7	B
<i>N. turbacensis</i>	SAF	220.8	20	24.8		A
<i>N. turbacensis</i>	Bosque	161.9	20	24.8	58.2	B

Figura 13. Comparación de conductancia entre las especies forestales de la misma familia.



3.4.4. Comparación de conductancia entre las especies forestales de las coberturas del suelo (Bosque y SAF)

En la Figura 14 y Tabla 7, se muestran las comparaciones de la conductancia entre especies, en donde se evidencia mayor conductancia en la especie *Cedrela Odorata* con 419.3 mmol/m²s y menor conductancia en la especie *Anacardium excelsum* con 150.33 mmol/m²s.

Figura 14. Comparación de la conductancia estomática entre las especies estudiadas.

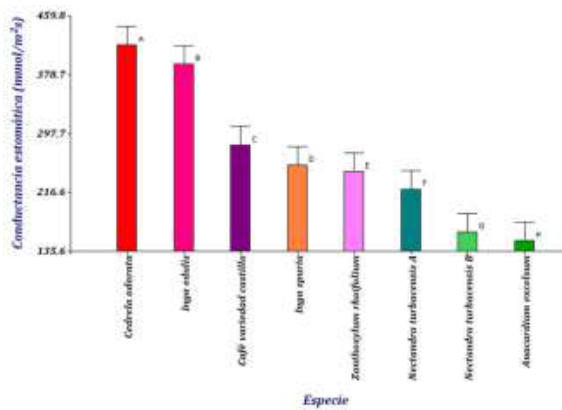


Tabla 7. Resultados test de Duncan de comparación entre conductancia y especie de las coberturas Comparaciones con diferentes letras indican diferencias significativas.

Especies	Media	n	Test de Duncan: Alfa 0.01		Comparación
			E.E	CV	
<i>C. odorata</i>	419.3	20			A
<i>Inga edulis</i>	392.88	20			B
<i>Coffea arabica</i>	281.88	20			C
<i>Inga spuria</i>	254.28	20	25.75	43.32	D
<i>Z. rhoifolium</i>	244.84	20			E
<i>N. turbacensis (SAF)</i>	220.79	20			F
<i>N. turbacensis (Bosque)</i>	161.85	20			G
<i>Anacardium excelsum</i>	150.33	20			H

3.4.5. Resultados del monitoreo de la mesofauna edáfica en cada una de las coberturas (Bosque y SAF)

En cada parcela de monitoreo se realizaron 10 monolitos cada uno con un área de 0.0625m², para un área total de 0.625 m². En los monitoreos realizados en las parcelas de bosque sólo se encontraron 3 especímenes del grupo quilópodo (ciempiés). El sistema agroforestal presentó mayor diversidad de especies, en éste se encontraron 4 grupos de mesofauna edáfica como quilópodos (2), oligoquetas (2), isópteras y coleóptera (14).

A partir de la información anterior se establece que en un metro cuadrado de suelo de bosque se pueden encontrar 3 especímenes del grupo quilópodo. El sistema agroforestal cuenta por metro cuadrado con 3 individuos del grupo quilópodo, 22 del grupo coleóptera (*M. melolonta*) y 3 oligoquetas. A continuación, en la Figura 15, se presentan imágenes de la mesofauna encontrada en el SAF y el Bosque.

Figura 15. Mesofauna edáfica presente



Fuente: Autores

4. DISCUSIÓN

En un estudio realizado en el municipio de Buenos Aires en el departamento del Cauca, sobre estructura y diversidad florística de dos bosques naturales se evidenció la presencia de abundancia de *Nectandra sp*, *Inga sp6* y *sp4*, en el estrato medio y bajo arbóreo de los dos bosques evaluados (García, Suárez, & Daza, Junio 2010), en comparación a lo evidenciado en el bosque de la Hacienda Majavita, se tiene dominancia de especies de la familia de las mencionadas anteriormente como la *Nectandra turbacensis* e *Inga vera* [subsp.spuria\(Willd.\) J. Leon](#), indicando similitudes en cuanto a especies a pesar de estar en zonas diferentes, además se tratan de bosques secundarios en proceso de regeneración.

Comparando los índices de diversidad biológica de las dos coberturas correspondientes a bosque y sistema agroforestal se tiene mayor diversidad de especies, menor dominancia en el sistema agroforestal, ello refleja que el bosque sufrió transformaciones debido a la actividad antrópica, influyendo en su estructura y composición.

La ausencia de diversidad de la mesofauna en el bosque se debe a la sensibilidad de las especies a los cambios estacionales y las características del suelo; este comportamiento también se presentó en un estudio sobre las diferencias en la dinámica espaciotemporal entre las comunidades de macrofauna y mesofauna del suelo en cinco bosques y una pradera subalpina en elevaciones de 2.659 a 3.845 m.s.n.m. (Pengfei & Changting, 2019). A partir de lo anterior, se infiere que la mesofauna no está simplemente condicionada por la cantidad de biomasa presente en el suelo.

La presencia de mayor número de organismos edáficos en el sistema agroforestal de esta investigación, se debe a las técnicas de agricultura orgánica llevada en esta cobertura, según (Crossley & Muller, 1992), la aplicación de abonos orgánicos permite mejorar las características del suelo además de aportar riqueza microbiológica.

Las especies florísticas analizadas mostraron tasas de conductancia estomática variables, a causa de la influencia de las condiciones ambientales (como la incidencia de la luz solar, la velocidad del viento, la humedad relativa) y a la densidad de estomas en cada una de éstas. Según un estudio realizado por (Ritter & Regalado, 2017), en dos especies de bosque de árboles de laurel, la conductancia estomática cambia cuando

hay presencia de niebla.

La conductancia estomática de las diferentes especies está condicionada por la humedad de la hoja, aunque otros estudios revelan la influencia de variables como las condiciones de humedad del suelo, temperatura y radiación solar. (Bonilla, 2016).

5. CONCLUSIONES

La conductancia estomática del bosque y sistema agroforestal fue de 192.6 mmol/m²s y 299 mmol/m²s respectivamente, siendo menor en el bosque, indicando que, en esta cobertura, existe mayor conservación del recurso hídrico, por lo tanto, garantiza la retención de humedad en el suelo y se comporta como una zona de almacenamiento de agua.

El *Cedrela odorata*, presenta los valores más altos de conductancia estomática con 419.3 mmol/m²s, indicando que la especie tiene altos requerimientos hídricos y, por lo tanto, no debe ser utilizado de manera excesiva, en sistemas agroforestales porque la retención de agua en el suelo es baja. Esta especie, puede ser implementada en zonas donde se requiera alta asimilación de CO₂ y eficiencia en procesos de transpiración.

El *Anacardium excelsium*, se comportó como una especie optimizadora del recurso hídrico, presentando la conductancia más baja entre las especies evaluadas con un valor de 115.9 mmol/m²s. Esta especie retiene el agua en el suelo, por lo tanto, se puede establecer en las riberas de cuerpos de agua y en zonas de recargue hídrico.

Es importante, resaltar la alta tasa de intercambio gaseoso de la especie *Inga edulis* con 392.88 mmol/m²s, por lo tanto, debe analizarse en época de estiaje, para determinar su comportamiento cuando la condición de humedad en el suelo es menor y puede darse una competencia hídrica con el asocio del arreglo agroforestal con el café (*Coffea arabica*).

Las tasas de conductancia estomática están determinadas por factores como la humedad relativa y la cobertura vegetal, puesto que especies de la misma

familia o género en coberturas diferentes, experimentan comportamientos distintos en cuanto a intercambio gaseoso.

La cobertura de bosque ha presentado unas características particulares que evidencian una fragmentación del mismo en años anteriores, la cual provocó cambios en el suelo y principalmente en la vegetación; cuenta con baja diversidad y dominancia de especies arbóreas, según su índice de Shannon de 0.8 comparado con el del sistema agroforestal de 1.2; además el sistema se encuentra en proceso de desarrollo, puesto que existen árboles muy jóvenes, con desarrollo fustal menores de 10 centímetros de D.A.P (Diámetro a la altura de pecho), caracterizándose como un bosque secundario altamente intervenido y/o definido como vegetación secundaria baja, según CORINE Land cover (IDEAM, 2010).

La presencia de mesofauna permitió establecer que el sistema agroforestal, cuenta con más variedad de mesofauna edáfica en comparación al bosque, donde solo se observó un grupo de fauna edáfica correspondiente al grupo quilópodo.

5.1. Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio aplicando un diseño experimental estratificado, incluyendo las variables de conductancia estomática, mesofauna edáfica, y calidad

de coberturas, con la finalidad de comprender las dinámicas ecosistémicas presentes en estas, que permitan estimar la diversidad, la composición y estructura, para poder valorar los servicios ecosistémicos que ofrecen y principalmente cómo pueden responder al cambio climático.

Es necesario complementar el estudio con el análisis de conductancia, humedad relativa, humedad de la hoja en época de estiaje para evidenciar el comportamiento bajo condiciones climáticas diferentes.

Se requiere establecer un análisis multitemporal de las características del suelo de cada una de las coberturas presentes en la Hacienda Majavita, realizando muestreos más significativos de mesofauna edáfica.

5.2. Planes para el trabajo futuro

Realizar una investigación donde se incluya la información de conductancia estomática para diferentes épocas (lluvia y estiaje).

5.3. Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Libre, por permitir realizar la investigación en las instalaciones y proporcionar los equipos necesarios para el desarrollo de la misma.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. M., & Ingram, J. I. (1994). *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. CA· B Infcr; nafional .
- Araque, O., Jaimez, R. E., Azócar, C., Espinoza, W., & Tezara, W. (2009). Relaciones entre anatomía foliar, intercambio de gases y crecimiento en juveniles en cuatro especies forestales. *INTERCIENCIA*. Vol. 34 N°10, 725-729.
- Bonilla, D. O. (2016). Respuesta de la fotosíntesis y la transpiración de la hoja a la humedad del suelo en plántulas de cuatro especies forestales. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias Medellín, Colombia .
- Crossley, D., & Muller, R. &. (1992). Biodiversity of macroarthropods in agricultural soil. Relations to processes Biotic

diversity in agroecosystem. Elsevier, Amsterdam, 37.

García, C., Suárez, C., & Daza, M. (Junio 2010). Estructura y diversidad florística de dos bosques naturales (Buenos Aires Dpto del Cauca, Colombia). Rev.Bio.Agro vol.8 no.1 Popayán , 74-82.

García, G. B. (2019). Análisis multitemporal y elaboración del mapa de coberturas y uso del suelo, utilizando la metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia (CLC, 2008), del municipio de Socorro, Santander. Socorro: Tesis de grado.

Holdridge, L. R. (1982). Ecología basada en zonas de vida. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, IICA. 216.

IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000.

Mahecha Vega, G. E. (1997). Fundamentos y metodología para la identificación de plantas. Santafé de Bogotá: Proyecto Biopacífico Ministerio del Medio Ambiente PNUD - GEF, 282.

Pengfei, W., & Changting, W. (2019). Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring. Geoderma. Volume 337,, 266-272.

Plantnet. (2014). Obtenido de <https://identify.plantnet.org/query/the-plant-list/>

Ritter , A., & Regalado, C. M. (2017). Tree stomata conductance estimates of a wax myrtle-tree heath (fayal-brezal) cloud forest as affected by fog. Agricultural and Forest Meteorology. Volumen 247, 116-130.

Salisbury, F., & Ross, C. (1994). Fisiología vegetal. En Fisiología vegetal. Mexico: Grupo Editorial Iberoamericana.

Science, K. (s.f.). Royal Botanic Gardens, Kew. Obtenido de <https://www.kew.org/science> *The Plant List (2013). Version 1.1. Published on the Internet; http://www.theplantlist.org/ (accessed 1st January).*