

# Abundancia y diversidad de la mesofauna del suelo en seis municipios de Norte de Santander, Colombia

## Abundance and diversity of soil mesofauna in six municipalities of Norte de Santander, Colombia

DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.22>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 22/09/2020. Fecha de Aceptación: 24/02/2021

**Leónides Castellanos González** 

Universidad de Pamplona. Norte de Santander (Colombia)  
lclcastell@gmail.com

**Alfonso Eugenio Capacho Mogollón** 

Universidad de Pamplona. Norte de Santander (Colombia)  
aecapacho@unipamplona.edu.co

**Leónides Castellanos Hernández** 

Universidad de Pamplona. Norte de Santander (Colombia)  
lievcostan@gmail.com

Para citar este artículo:

L. Castellanos González, A. Capacho Mogollón & L. Castellanos Hernández, “Abundancia y diversidad de la mesofauna del suelo en seis municipios de Norte de Santander, Colombia”, *INGECUC*, vol. 17. no. 1, pp. 303–314. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.22>

### Resumen

**Introducción**— La mesofauna edáfica interviene en los procesos de descomposición de la materia orgánica constituyendo una característica importante de la calidad del suelo.

**Objetivo**— Caracterizar la mesofauna del suelo en seis municipios de Norte de Santander (Colombia).

**Metodología**— El presente estudio se desarrolló en 15 fincas de los municipios; Arboledas, Convención, La Playa, La Esperanza, Ocaña y Mutiscua del departamento de Norte de Santander donde se establecerían 18 modelos agroecológicos (3/municipio). Se caracterizaron la abundancia y diversidad de la mesofauna antes de establecer los cultivos comparando la situación de los principales grupos por municipios.

**Resultados**— En Arboledas se observó la mayor abundancia de la mesofauna con la presencia de seis clases, con hábitos detritívoros Crustacea, Collembola, Anelida, Symphyla y Arachnia:Oribatida, mientras que en Esperanza y Mutiscua se presentaron cuatro clases; Insecta, Collembola, Symphyla y Arachnida y en el resto las tres últimas, lo que da una medida de los procesos de descomposición de materia orgánica y de reciclaje de nutrientes en esas fincas.

**Conclusiones**— En cinco municipios la mayor abundancia de la mesofauna correspondió a la clase Collembola, mientras que Insecta, fue más abundante en Esperanza y ocupó el segundo en Mutiscua, Symphyla fue la segunda en Convención y La Playa y Arachnida en Ocaña y Arboledas. La riqueza específica varió desde 5,0 para Convención y Ocaña hasta 28 para Arboledas y la diversidad de especies desde 0.91 en Convención hasta 3.54 en Arboledas, municipio que se separó estadísticamente del resto, quedando Mutiscua y Esperanza intermedias con respecto al resto.

**Palabras clave**— Sistemas agroforestales; Collembola; Insecta; Arachnida; Symphyla; abundancia; riqueza: equidad

### Abstract

**Introduction**— The edaphic mesofauna intervenes in the decomposition processes of organic matter, constituting an important characteristic of soil quality.

**Objective**— Characterize the soil mesofauna in six municipalities of Norte de Santander (Colombia).

**Methodology**— The present study was developed in 15 farms of the municipalities; Arboledas, Convención, La Playa, La Esperanza, Ocaña and Mutiscua in the department of Norte de Santander where 18 agroecological models would be established (3 / municipality). The abundance and diversity of the mesofauna were characterized before establishing the crops, comparing the situation of the main groups by municipalities.

**Results**— In Arboledas the highest abundance of mesofauna was observed, with the presence of six classes, with detritive habits Crustacea, Collembola, Anelida, Symphyla and Arachnia: Oribatida, while in Esperanza and Mutiscua there were four classes; Insecta, Collembola, Symphyla and Arachnida and in the rest, the last three, which gives a measure of the processes of decomposition of organic matter and recycling of nutrients in these farms.

**Conclusions**— In five municipalities, the highest abundance of mesofauna corresponded to the Collembola class, while Insecta was more abundant in Esperanza and ranked second in Mutiscua, Symphyla was second in Convención, and La Playa and Arachnida in Ocaña and Arboledas. The specific richness varied from 5.0 for Convención and Ocaña to 28 for Arboledas and the diversity of species from 0.91 in Convención to 3.54 in Arboledas, a municipality that was statistically separated from the rest, leaving Mutiscua and Esperanza intermediate with respect to the rest.

**Keywords**— Agroforestry systems; Collembola; Insecta; Arachnida; Symphyla; abundance; wealth; equity

## I. INTRODUCCIÓN

La implementación de sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles han sido recomendados ampliamente [1], ya que estos ofrecen servicios ambientales, entre ellos alelopatías, protección de polinizadores y biorreguladores naturales de plagas, así como mejoras de la biología del suelo que favorecen la nutrición de las plantas y por tanto los hace más sostenibles y resilientes al cambio climático.

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza y uno de los hábitats de mayor diversidad en el planeta: alberga una infinidad de organismos diferentes que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida, sirviendo de indicadores de la calidad del suelo. De acuerdo a la talla del animal adulto y su forma de vida, existe una clasificación primaria de la fauna del suelo que la divide en microfauna, mesofauna y macrofauna. La microfauna contempla organismos acuáticos menores de 0.2 mm de longitud y 0.1 mm de diámetro, La mesofauna agrupa a individuos microscópicos, de 4 mm de longitud y entre 0.2 mm a 2 mm de diámetro. Vive en la hojarasca y/o en el interior del suelo y entre sus integrantes se pueden señalar a los ácaros del suelo, colémbolos, proturos, dipluros, psocópteros, tisanópteros o trips, paurópodos, sínfilos y enquitreido [2].

La variabilidad de la biota del suelo ocurre debido a la interacción de factores de formación, clima, temperatura y manejo [3]-[4], que pueden afectar directamente a la productividad agrícola [5]. Los diferentes sistemas de plantación pueden alterar la calidad de la vida del suelo, donde intervienen la constante fertilización, el encalado y la aplicación de enmiendas, lo que se refleja en cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo [6]-[7].

La mesofauna edáfica interviene en los procesos de descomposición de la materia orgánica, de aceleración y reciclaje de los nutrientes [8], y en particular, en el de mineralización del fósforo y el nitrógeno [9]. En los sistemas tropicales, está demostrado que la mesofauna desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la conservación y fertilidad del suelo, al regular la disponibilidad de minerales asimilables por las plantas y favorecer la estructura del suelo, influyendo en las condiciones de vida, la abundancia y composición de otras comunidades del suelo [10].

Los invertebrados edáficos (mayores de 2 mm de diámetro) actúan como agentes determinantes en la fertilidad del suelo y, por ende, en el funcionamiento global del sistema edáfico. Esta fauna puede ser afectada por diferentes usos y manejos de la tierra. Debido a su susceptibilidad y rápida respuesta ante los cambios en la cobertura, la transformación de la vegetación, el comportamiento ante distintas variables ambientales y la actividad ecológica que desempeñan, muchos autores proponen su uso como indicadores de calidad o alteración ambiental [11].

El sistema de labranza cero juega un papel importante en la conservación y mantenimiento de la biota del suelo [12]-[13], debido a la reducción de la perturbación del suelo, acumulación de residuos [14] y también la rotación de cultivos [15], que permite estabilizar los hábitats y el suministro de alimentos [16]. En términos de beneficios del suelo, el sistema de labranza cero, minimiza la evaporación y la erosión y puede aumentar la infiltración de agua en el suelo y tasas de actividad microbiana, favoreciendo la incorporación de nutrientes en el suelo y mejorando la calidad física, química y biológica.

El proyecto Plantar (Desarrollo estratégico agroecológico con uso de TIC para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el Departamento de Norte de Santander) [17] tuvo como objetivo establecer sistemas agroforestales con la finalidad de hacer más sostenible y competitivos los agroecosistemas.

A partir de los antecedentes anteriores y la escasez relativa de resultados de estudios realizados a nivel mundial sobre la influencia de la microfauna sobre la calidad del suelo en diferentes ecosistemas agrícolas y particularmente en sistemas agroforestales [18], particularmente en el Departamento en Norte de Santander en Colombia, el objetivo de la presente investigación fue caracterizar la mesofauna del suelo en seis municipios de Norte de Santander.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en seis municipios de Norte de Santander (Colombia); Arboledas, Convención, La Playa, La Esperanza, Ocaña y Mutiscua entre marzo y abril de 2018.

En cada municipio se seleccionaron 15 fincas en las cuales posteriormente se establecerían tres modelos agroecológicos y donde predominaban las siguientes condiciones (Tabla 1):

TABLA 1. MODELOS AGROECOLÓGICOS Y CONDICIONES.

Municipio	Condiciones predominantes en las fincas:			Modelos agroecológicos a establecer
	Uso de suelo	Textura	Clima	
Arboledas	Potreros y áreas de frutales abandonadas con herbazales y árboles.	Franco arenosa	Medio	1 - Cedro-Limón-Maíz (CE-L-M)
				2 - Cedro-Aguacate-Maíz (CE-A-M)
				3 - Cedro-Aguacate-Frijol (CE-A-F)
Convención	Cultivos transitorios con restos de caña, plátano y frutales.	Franca	Cálido	1 -Cedro-Limón-Maíz (CE-L-M)
				2 -Cedro-Limón-Maíz/frijo (CE-L-M/F)l
				3 -Cedro-Cacao-plátano (CE-C-P)
La Esperanza	Cultivos variados, áreas en reposo, herbazales y potreros.	Franco arenosa	Cálido	1 -Abarco-Aguacate- Maíz/frijol (AB-A-M/F)
				2 -Abarco-Limón-Maíz (AB-L-M)
				3 -Abarco-Cacao-Plátano (AB-C-P)
La Playa	Cultivos variados, áreas en reposo y potreros.	Franco arenosa	Cálido	1 -Roble-Aguacate-Frijol (R-A-F)
				2 -Roble-Aguacate-Maíz (R-A-M)
				3 - Roble-Brevo-Maíz (R-B-M)
Mutiscua	Áreas en rotación con hortalizas, potreros y herbazales.	Franco limoso	Frio	1 - Aliso-Ciruelo-maíz (AL-Ci-M)
				2 - Aliso-Ciruelo-zanahoria (AL-Ci-Z)
				3 - Aliso- Mora- Tomate de árbol (AL-Mo-TA)
Ocaña	Cultivos transitorios, y áreas en rotación o en descanso.	Franco arenosa	Cálido	1.- Nogal cafetero-Aguacate-Frijol (NC-A-F)
				2- Nogal cafetero-Cacao-Plátano (NC-C P)
				3- Nogal cafetero-Aguacate-Maíz (NC-A-M))

Para la selección de las fincas se tuvo en cuenta la existencia de una población de 1500 familias agricultoras en Norte de Santander, determinándose según las recomendaciones de [19] que era representativa una muestra de 90 familias considerando un margen error de 10%, un nivel de confianza de 95.

Para conocer la mesofauna de cada uno de las fincas, se tomaron de manera aleatoria dos monolitos de 10 cm de largo, por 10 cm de ancho y 10 cm de profundidad en cada finca para un total de 30 monolitos en el municipio. Cada muestra se depositó en una bolsa ziplock, marcada y etiquetada con los datos correspondientes del predio, posterior a esto se colocó cada una de las muestras en un embudo de Berlese-Tyllgren por 72 h, permitiendo que los artrópodos presentes en la muestra migrando al fondo del embudo a causa de la elevación de la temperatura y luz en la parte superior, producida por bombillos de 40W, los artrópodos cayeron a un frasco de vidrio tapa rosca con alcohol al 70%, pasadas las 72 h cada frasco se etiquetó con los datos correspondiente al predio.

La identificación se realizó con ayuda de claves dicotómicas para ácaros [20], se llegó a nivel taxonómico de orden como: Cryptostigmata u Oribatida, Astigmata, Prostigmata y Mesostigmata, mientras que para la identificación de Collembola se usó otra clave [21].

### III. ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos de la abundancia poblacional de cada taxa obtenida por fincas se calcularon los siguientes índices de biodiversidad y ampliamente utilizados en estudios de diversidad y composición de especies [22]:

- Índice de Riqueza: S.
- Índice de diversidad de Margalef =  $DMg = (S-1)/ \ln (N)$ .
- Índice de equidad de abundancia: (Shannon-Wiener)  $H' = - \sum (pi) \ln (pi)$ .
- Índice de dominancia de Simpson (D) =  $\sum pi^2$ .

Donde:

$N$  = Número total de individuos de cada taxa.

$S$  = Número de familias o clases de cada taxa identificados.

$p_i$  = Proporción de la abundancia de taxa de las especies, familias ordenes o clases  $i$ , en relación al total de individuos de todas las taxa (género, familia, orden o clase).

Se obtuvieron los indicadores de biodiversidad dentro de cada municipio y a nivel municipal y se realizó un análisis de clóster o clasificación automática para los municipios utilizando el método de la media euclidiana para lo cual se empleó el paquete estadístico SPSS v 21.

#### IV. RESULTADOS

En las fincas el municipio Convención estaban presentes miembros de la mesofauna del suelo pertenecientes a las clases Symphyla, Collembola y Arachnida. La mayor abundancia relativa (64,66%) se presentó para Collembola, seguida por Symphyla (26,1%). De Arachnida se presentaron ejemplares de los órdenes Acari y Arachbida y de otros grupos no precisados (Fig. 1).

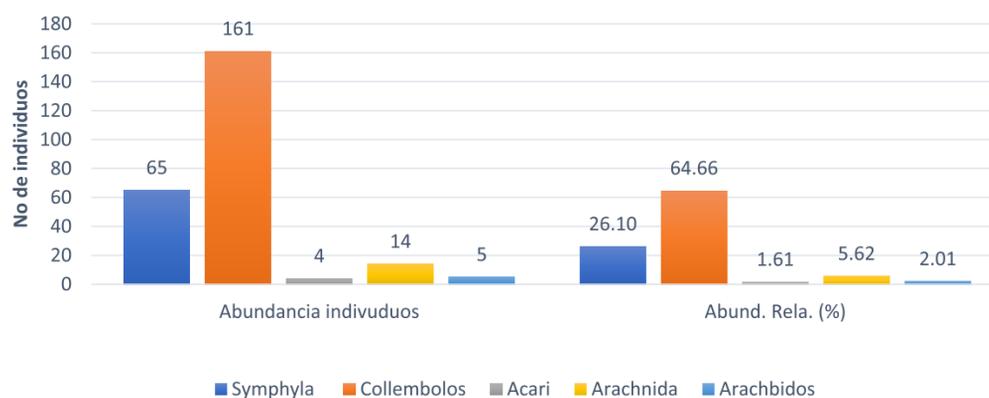


Fig. 1. Número de individuos y abundancia relativa de Symphyla, Collembola y Arachnidos presentes en el municipio Convención.  
Fuente: Autores.

En las fincas el municipio Esperanza estaban presentes miembros de la mesofauna del suelo pertenecientes a las clases Symphyla, Collembola, Arachnida e Insecta. La mayor abundancia relativa se presentó para la clase Insecta, con las familia Formicidae (30.73%) y Termitidae (9.38%), seguida de la clase Arachnida con los órdenes Acari (25.0%) y Oribatida (4.69%). Los ejemplares de Collembola y Symphyla se presentaron en menor proporción (Fig. 2).

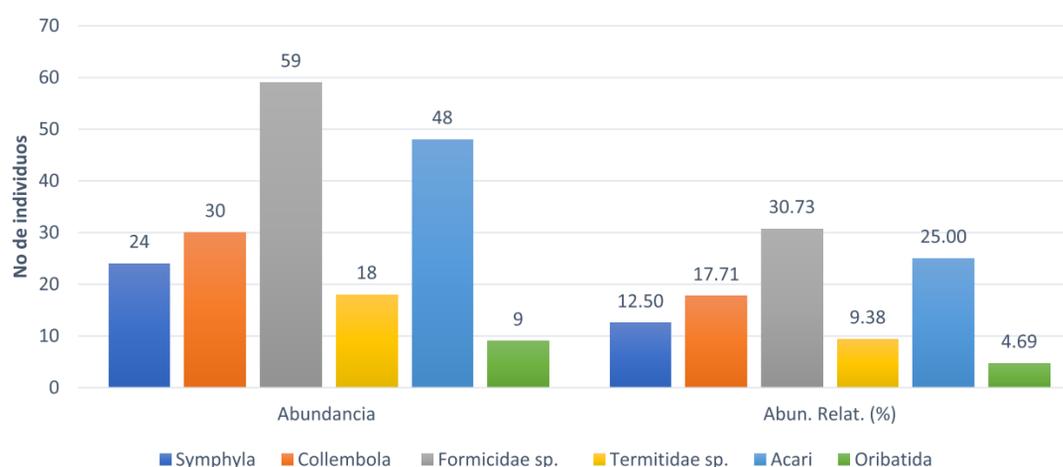


Fig. 2. Número de individuos y abundancia relativa de de las diferentes clases, órdenes y/o familia encontradas en la mesofauna del Municipio Esperanza.  
Fuente: Autores.

Entre las especies de insectos predominaron las hormigas como *Camponotos* sp. y otras dentro de la familia Formicidae y la subfamilia Myrmicidae casi siempre depredadoras, y tal vez en menor medida algunas cortadoras (Fig. 3).

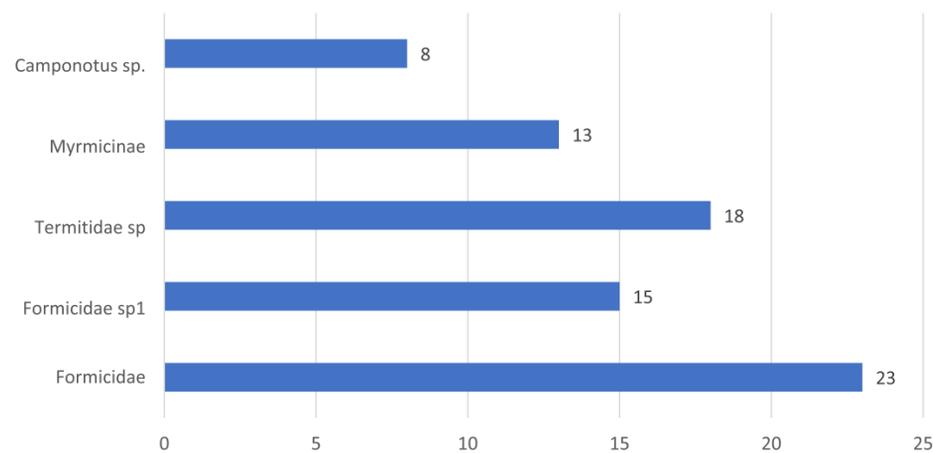


Fig. 3. Especies de insectos presentes en las muestras de suelo del Municipio La Esperanza.  
 Fuente: Autores.

En las fincas del municipio La Playa estaban presentes miembros de la mesofauna del suelo pertenecientes a las clases Symphyla, Collembola y Arachnida. La mayor abundancia relativa (69.85%) se presentó para Collembola, seguida por Symphyla (17.65%). De Arachnida se presentaron ejemplares de los órdenes Acari y Araneae y otras familias no identificadas (Fig. 4).

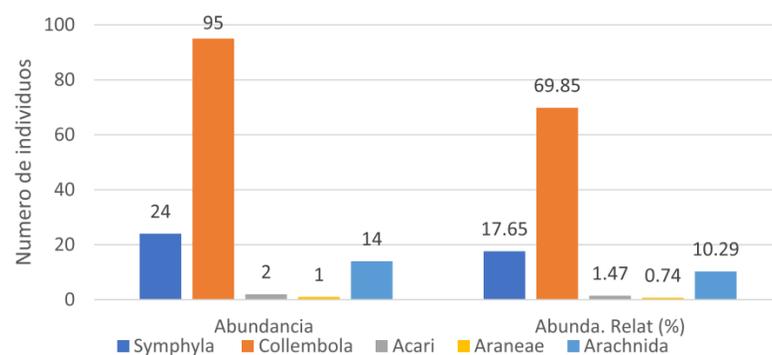


Fig. 4. Número de individuos y abundancia relativa de Symphyla, Colenmbola y Arachnidos encontradas en la mesofauna del Municipio La Playa.  
 Fuente: Autores.

En el municipio Mutiscua las muestras colectadas arrojaron la presencia de las clases Symphyla, Collembola Insecta y Arachnida. La mayor abundancia relativa (62.41%) se presentó para Collembola con predominancia del orden Poduromorpha, seguida por Insecta (18.07%). De Arachnida se presentaron ejemplares del orden Acari, pero de Insecta se presentaron miembros de varias familias (Fig. 5).

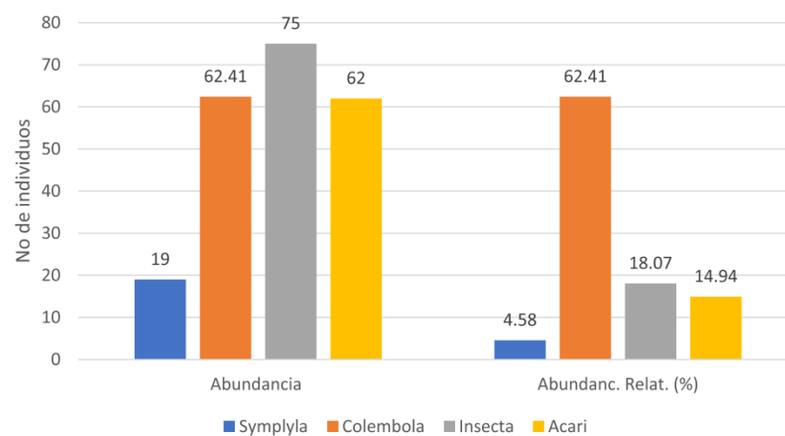


Fig. 5. Abundancia absoluta y abundancia relativa de Symphyla, Colenmbola, Insecta y Arachnidos encontrados como parte de la mesofauna en el Municipio Mutiscua.  
 Fuente: Autores.

En el municipio Mutiscua se presentaron varios tipos de insectos predominando las hormigas pertenecientes al género *Labidus*, *Linepitema* y otras especies que se ubicaron en general en la familia Formicidae y en la subfamilia Myrmicinae dentro de esta, casi todas de hábitos depredadores, no obstante se presentaron ejemplares de la familia Aphidae y de *Epitrix* sp que son insectos fitófagos, los primeros muchas veces asociados con las hormigas (Fig. 6).

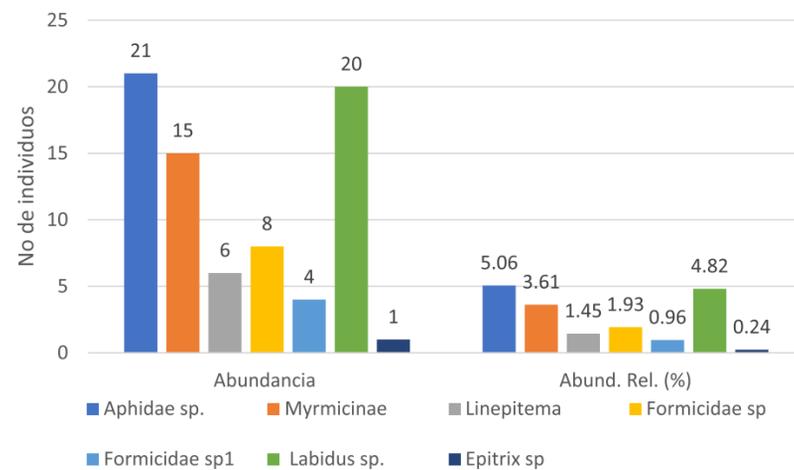


Fig. 6. Abundancia absoluta y abundancia relativa contra los individuos Insecta encontrados en la mesofauna del Municipio Mutiscua. Fuente: Autores.

En el municipio Ocaña las muestras colectadas arrojaron la presencia de las clases Symphyla, Collembola y Arachnida. La mayor abundancia relativa (47.01%) también se presentó para Collembola, seguida por Arachnida (22.39%) y por último Symphyla (17.91%). De Arachnida se presentaron ejemplares del orden Acari, Araneae, así como otros no ubicados en órdenes acumulando un 35.8% de la abundancia relativa (Fig. 7).

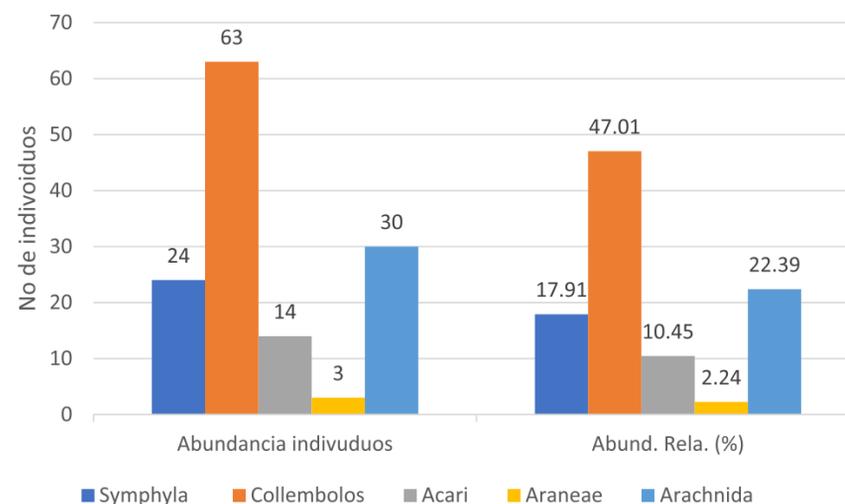


Fig. 7. Abundancia absoluta y abundancia relativa contra los individuos de las diferentes clases encontradas en la mesofauna del Municipio Ocaña. Fuente: Autores.

En el municipio Arboledas en las muestras colectadas se observó presencia de ejemplares de la mesofauna de seis clases Crustacea, Symphyla, Collembola, Anelida, Insecta y Arachnida. La mayor abundancia relativa (45.6%) se presentó para Collembola, seguida Arachnida (32.6%) y en tercer lugar Insecta (10.8%) (Fig. 8).

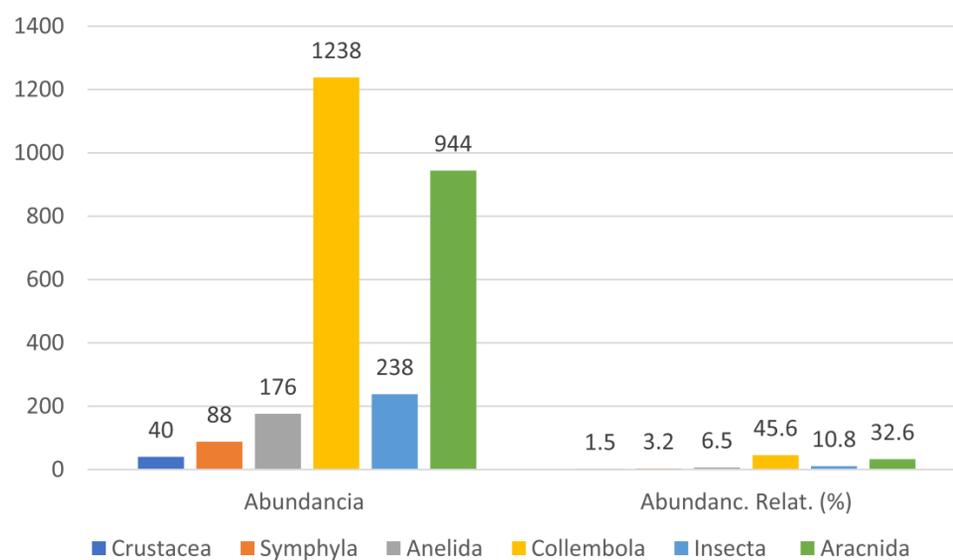


Fig. 8. Abundancia absoluta y relativa de las clases de la mesofauna presentes en el municipio Arboledas.  
 Fuente: Autores.

Dentro de Collembola se presentaron ejemplares de tres órdenes, resultando más abundantes dos morfoespecies del orden Poduromorpha, seguido de ejemplares de Entomobryomorpha con dos morfoespecies sin definir, familia y miembros de la familia Entomobryidae e Isotomidae, y en menor abundancia los miembros del orden Symphypleona (Fig. 9).

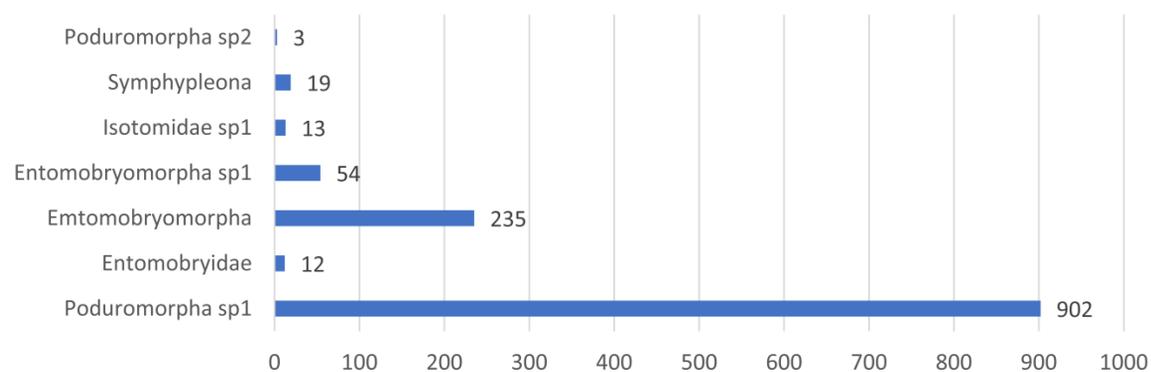


Fig. 9. Abundancia de subclases y familias de Collembola presentes en el municipio Arboledas.  
 Fuente: Autores.

En el municipio Arboledas también se presentaron varios órdenes de insectos predominando las hormigas Hymenoptera: Formicidae de los géneros *Megalomyrmex*, *Cephalotes*, *Pseudomyrmex*, *Solenopsis* y otros sin determinación de género, pero se presentaron especies de Hymenoptera: Braconidae, Coleoptera: Chrysomelidae, Coleoptera: Elateridae, Coleoptera: Scarabidae, así como pertenecientes a Thysanoptera: Tripinae que quedaron en segundo lugar en abundancia (Fig. 10).

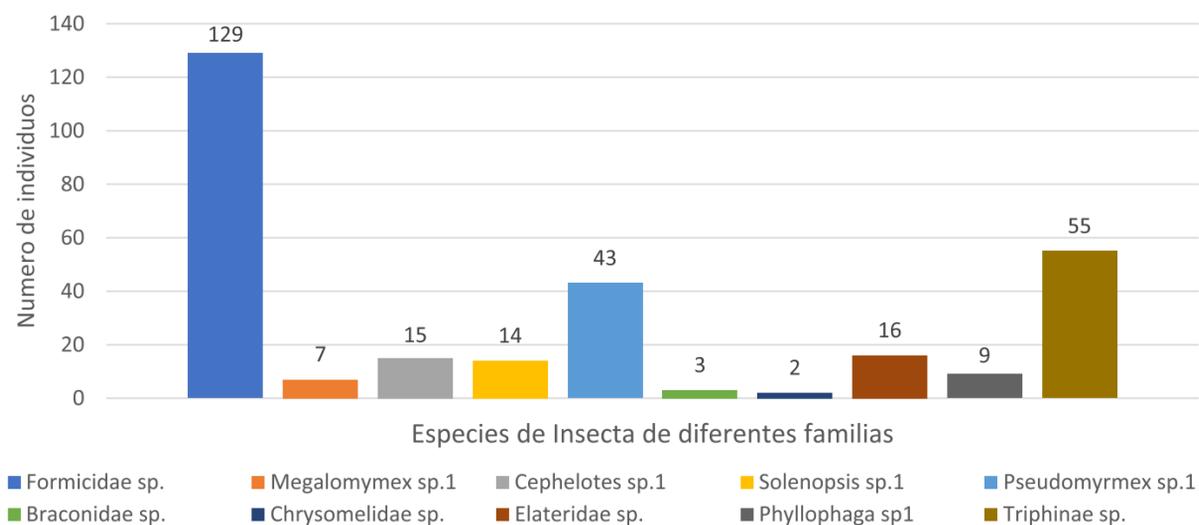


Fig. 10. Abundancia de géneros y familias de Insecta presentes en el municipio Arboledas.  
 Fuente: Autores.

Los arácnidos resultaron diversos en Arboledas que estuvieron representados por cuatro órdenes y algunos sin ubicación dentro de la clase, siendo muy abundante Acari: Oribatida, seguida del orden Acari: Mesostigmata, aunque también estuvieron presentes Acari: Galumnidae, y miembros de Acari: Tetranychoidae (Fig. 11).

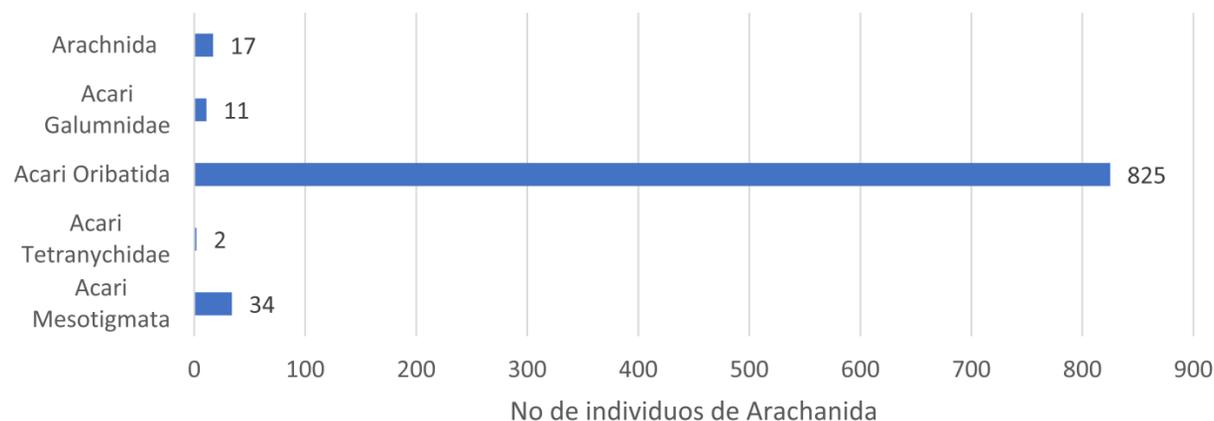


Fig. 11. Abundancia de órdenes y/o familias de Arachnida presentes en el municipio Arboledas.  
Fuente: Autores.

Con relación a otras clases que formaban parte de la mesofauna en las muestras de suelos de Arboledas se observaron de Crustacea solo dos morfoespecies en bajas poblaciones, de Anelida (clase de mayor abundancia) dos morfoespecies de *Lumbricus*, así como varios ejemplares Miriapoda, (segunda clase en abundancia) de la subclase Symphyla (Fig. 12).

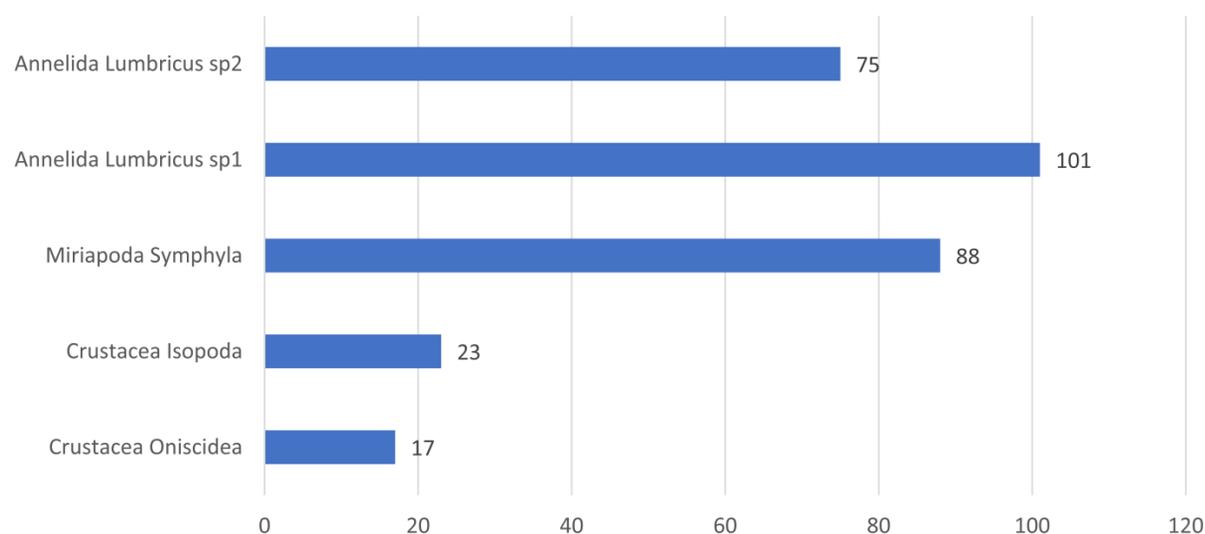


Fig. 12. Abundancia dentro de las clases Anelida, Miriapoda y Crustacea presentes en el municipio Arboledas.  
Fuente: Autores.

## V. DISCUSIÓN

En todos los municipios la clase de mayor abundancia de la mesofauna fue Collembola, excepto en la Esperanza donde predominó Insecta y esta ocupó el segundo lugar. Insecta fue la segunda clase en abundancia en Mutiscua, mientras que Symphyla fue la segunda en Convención y La Playa; y Arachnida en Ocaña y Arboledas (con Oribatida en una abundancia mayoritaria), resultados que corresponden con los obtenidos por otras investigaciones [23] las cuales observaron a Collembola como la clase más abundante seguida de Arachnida al estudiar la mesofauna del suelo en alfalfa.

A partir de estos niveles de abundancia y riqueza determinados, los indicadores de biodiversidad de la mesofauna fueron muy variables entre los municipios. La riqueza de grupos de especies varió desde 5.0 para Convención y Ocaña hasta 28 para Arboledas y en correspondencia con ello la diversidad de especies varió desde 0.91 en Convención hasta 3.54 en Arboledas (Tabla 2).

Arboledas sobresalió por sus valores relativos más altos de riqueza específica, diversidad y equidad, aunque La Esperanza, Arboledas y Mutiscua presentaron valores de equidad superior a 2 que es un indicador favorable.

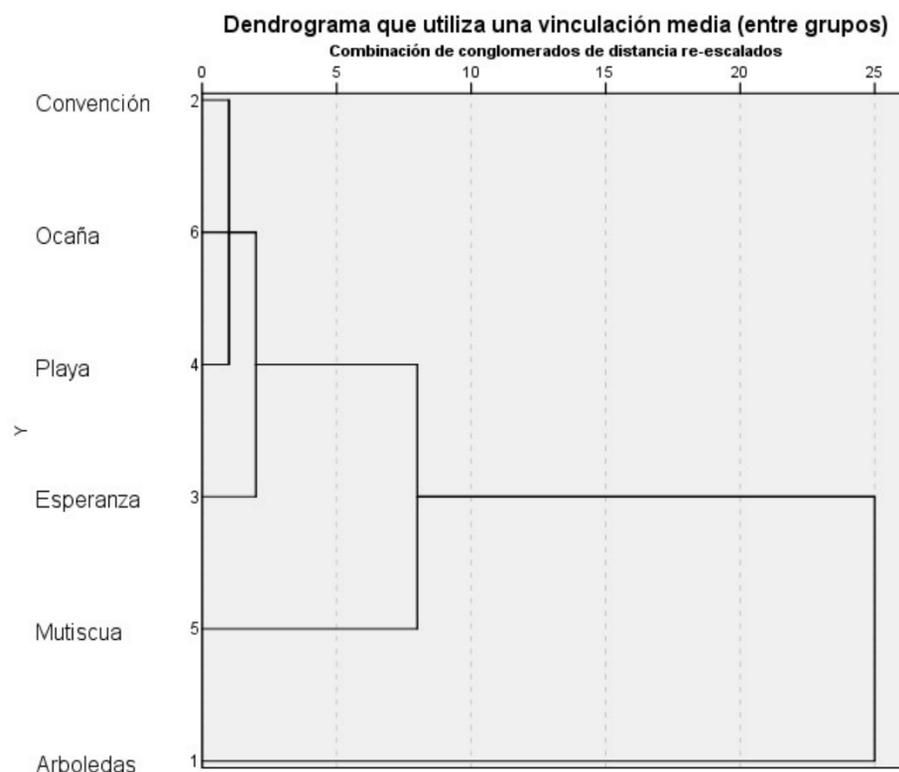
**TABLA 2.** INDICADORES DE BIODIVERSIDAD DE LA MESOFAUNA POR MUNICIPIO.

Indicadores mesofauna	Arboledas	Convención	Esperanza	La Playa	Mutiscua	Ocaña
Riqueza	28	5	10	6	17	5
Diversidad	3.54	0.91	1.90	1.22	2.82	1.02
Dominancia	0.22	0.49	0.13	0.53	0.17	0.31
Equidad	2.05	0.93	2.16	0.89	2.12	1.32

Fuente: Autores.

Las variaciones observadas entre municipios pudieran estar relacionado con los factores edáficos y de temperatura y humedad como han planteado otros estudios [25] y reafirmado [25] al comprobar que colémbolos y los ácaros son muy sensibles a la humedad y condiciones físico químicas del suelo ya que las características de los suelos de las fincas en estudio eran variables desde predominantes franco limosos en Mutiscua con clima frío, pasando por franco arenoso en Arboledas (con clima medio), La Playa, La Esperanza y Ocaña, y suelos predominantemente francos en Convención, los cuatro últimos con clima cálido [24]. En otras investigaciones [25] también se asoció el mayor contenido de limo a una mayor abundancia y riqueza de la mesofauna del suelo.

La mayor abundancia y riqueza de especies en Arboledas estuvo asociada al uso de suelo de las parcelas aportadas por los agricultores donde predominaban áreas de potreros y áreas de frutales abandonadas con presencia de arbustos y árboles coincidente con lo planteado anteriormente [26] donde el carbono orgánico en un 37% de las fincas era medio o alto, en el resto de los municipios que predominaba el uso de suelo de cultivos transitorios (excepto Mutiscua) y entre 4% y 7% de los suelos con carbono orgánico de medio a alto (excepto Mutiscua 77%) [24]. Diferentes estudios también demostraron que la mesofauna es más abundante en suelos con alto contenido de materia orgánica, constituyendo los herbazales sistemas bien estructurados donde se establecen altas poblaciones de mesofauna [27].



**Fig. 13.** Dendrograma de la biodiversidad de la mesofauna en los municipios del Proyecto Plantar .

Fuente: Autores.

La mesofauna presente en las fincas de los municipios da una medida de la calidad de los suelos y de los procesos de reciclaje de nutrientes que se estaban produciendo en estas fincas como han señalado algunos autores [26]-[28].

El dendrograma obtenido en la clasificación automática formó dos grandes grupos para la mesofauna, uno donde se separó el municipio de Arboledas, caracterizado por valores relativos más altos de riqueza específica, diversidad de especies y equidad y otro grupo con el resto de los municipios (Fig. 13). Este grupo se separó en tres subgrupos, en uno de ellos se ubicaron Convención, La Playa y Ocaña con los menores valores de riqueza específica y de diversidad de especies, en otro grupo quedó Esperanza y en un tercero Mutiscua con valores intermedios de riqueza específica, diversidad y equidad de la mesofauna.

Con relación a Collembola [29] la taxonomía existente es muy elemental por lo que se identificaron ejemplares de tres órdenes sin definir las especies. También se señala que la abundancia y presencia de algunos grupos específicos de ácaros Oribátida y colémbolos Entomobryidae e Isotomidae [23], marcaron diferencias con el manejo agroecológico a través del tiempo. Algunos autores plantean que las familias de Entomobryidae e Isotomidae Collembola son característicos de los sistemas agroforestales [10], por lo que la mayor abundancia de miembros de esta clase en todos los municipios, excepto en Esperanza es un aspecto a valorar durante la implementación de los modelos agroecológicos y su influencia en el tiempo.

También se hace énfasis en el papel que juegan los insectos de la mesofauna en la mejora de las condiciones físicas del suelo [25], sobre todo las hormigas y las termitas, los primeros con amplia capacidad de adaptación y los segundos con mayor presencia en terrenos cultivados. Las hormigas de los géneros *Megalomyrmex*, *Cephalotes*, *Pseudomyrmex*, *Labidus*, *Linepitema* y *Solenopsis* y los ácaros del orden Mesostigmata juegan un papel depredador junto con parasitoides de Hymenoptera: Braconidae presentes en Mutiscua y pueden ayudar al equilibrio biológico de las plagas de insectos y ácaros, aunque algunas hormigas forman parte de complejos insectos (áfidos y cochinillas) y hongos en muchos frutales y deben mantenerse en observación.

Por otra parte, la presencia de insectos de Coleoptera: Elateriade, Coleoptera: Crisomelidae, Coleoptera: Scarabidae y Thysanoptera: Triphidae, así como ácaros de la familia Tetranychidae que constituyen plagas de los cultivos transitorios como el frijol, los cítricos y los frutales los cuales van a implementarse en las parcelas, constituye una alerta para mantener un monitoreo sistemático y mantener medidas de manejo preventivo para evitar el empleo de productos químicos.

Estos resultados confirman que hay que dar seguimiento diferenciado por municipio al manejo de la mesofauna del suelo y podría ser diferente la influencia que pueden ejercer la validación de los modelos agroecológicos y las prácticas agroecológicas que se realicen sobre las poblaciones de estos pequeños organismos que juegan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica y por lo tanto en la nutrición vegetal, así como ser benéficos (controladores biológicos) o potenciales plagas para algunos cultivos.

Es importante continuar la investigación en los sucesivos muestreos realizados para hacer una comparación en el tiempo de los indicadores de biodiversidad de la mesofauna del suelo en estas fincas con la implementación de los sistemas agroforestales como ya se hizo con relación a la microfauna del suelo en estas mismas fincas y municipios [30].

## VI. CONCLUSIONES

En todos los municipios la clase de mayor abundancia de la mesofauna fue Collembola, excepto en la Esperanza donde predominó Insecta, clase que ocupó el segundo lugar en abundancia en Mutiscua predominando los formícidos, mientras que Symphylla fue la segunda en Convención y La Playa; y Arachnida en Ocaña y Arboledas (con Oribatida en una abundancia mayoritaria).

En Arboledas se observó la mayor abundancia de la mesofauna con la presencia de seis clases de con hábitos detritívoros Crustacea, Collembola, Anelida, Symphylla y Arachnida:Oribatida, mientras que en Esperanza y Mutiscua se presentaron cuatro clases; Insecta, Collembola, Symphylla y Arachnida y en el resto las tres últimas, lo cual dio una medida de la calidad de los suelos y de los procesos de reciclaje de nutrientes en estas fincas.

La riqueza específica de grupos taxonómicos mostró una variación entre 5.0 y 28 dentro de los municipios en estudio y en correspondencia con ello la diversidad de especies varió desde 0.91 hasta 3.54, sobresaliendo Arboledas por los valores relativos más altos de riqueza específica, diversidad y equidad, aunque también otros municipios como La Esperanza y Mutiscua presentaron valores de equidad superiores a 2.

A partir de las variables de biodiversidad el análisis de clasificación automática formó dos grandes grupos para la mesofauna, uno donde se separó el municipio de Arboledas, otro grupo con el resto de los municipios con tres subgrupos, en uno de ellos se ubicaron Convención, La Playa y Ocaña y en otro grupo quedó solo Esperanza y en un tercero Mutiscua.

#### FINANCIAMIENTO

La investigación fue financiada con Recurso del proyecto de Regalías “Desarrollo estratégico agroecológico con uso de TIC para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el Departamento de Norte de Santander”. Convenio Especial de Cooperación 00356. BPIN 2016000100030, el cual fue coordinado por la Gobernación de Norte de Santander y operado por la Universidad de Pamplona.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Gobernación del Departamento Norte de Santander, financista del proyecto: «Desarrollo estratégico agroecológico con uso de las TIC, para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el departamento de Norte de Santander, Plantar», la oportunidad de trabajar en el mismo, lo cual permitió los recursos necesarios para desarrollar la investigación y obtener la información que sirvieron de base al presente artículo.

#### REFERENCIAS

- [1] C. I. Nicholls & M. A. Altieri, “Agro-ecological bases for the adaptation of agriculture to climate change,” *UNED Res J*, vol. 11, no. 1, pp. 55–61, 2019. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i1.2322>
- [2] G., Cabrera, A.A., Socarrás, E. Gutiérrez, T. Tcherva, C.A. Martínez & A. Lozada, “Fauna del suelo,” *Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas*, C. A. Mancina & D. D. Cruz, eds, HA, CU: AMA, pp. 254–283, 2017.
- [3] J. J. Bonnin, J. M. Mirás, K. P. Lanças, A. P. González & S. R. Vieira, “Spatial variability of soil penetration resistance influenced by season of sampling,” *Bragantia*, vol. 69, pp. 163–73, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000500017>
- [4] G. M. Siqueira, E. F. F. Silva, E. Vidal-Válquez & A. Paz-González, “Multifractal and joint multifractal analysis of general soil properties and altitude along a transect,” *Biosyst Eng*, In Press, pp. 105–120, Apr. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.08.024>
- [5] F. C. Basso, M. Andreotti, M. P. Carvalho & B. N. Lodo, “Relações entre produtividade de sorgo forrageiro e atributos físicos e teor de matéria orgânica de um Latossolo do Cerrado,” *Pesq Agropec Trop*, vol. 41, no. 1, pp. 135–144, 2011. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.7099>
- [6] D. Baretta, J. C. P. Santos, A. L. Mafra, L. P. Wildner & D. J. Miquelluti, “Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense,” *Rev Cienc Agroveter*, vol. 2, no. 2, pp. 97–106, 2003. Acessível: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-de-ciencias-agroveterinarias/2-\(2003\)-2/fauna-edafrica-avaliada-por-armadilhas-e-catacao-manual-afetada-pelo-ma/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-de-ciencias-agroveterinarias/2-(2003)-2/fauna-edafrica-avaliada-por-armadilhas-e-catacao-manual-afetada-pelo-ma/)
- [7] L. A. Carvalho, I. Meurer, C. A. Silva Jr., C. F. B. Santos & P. L. Libardi, “Spatial variability of soil potassium in sugarcane areas subjected to the application of vinassepotassium in sugarcane areas subjected to the application of vinasse,” *An Acad Bras Cienc*, vol. 86, no. 4, pp. 1999–2011, Dec. 2014. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130319>
- [8] M. Swift, O. Heal & J. Anderson, *The composition in Terrestrial Ecosystems*. OX, UK: Blackwell Scientific, 1979.
- [9] A. García-Álvarez & A. Bello, “Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica,” presentada a la *I Conf Inter Eco-Biología Suelo Compost*, soilACE, León, ES, 2004. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Garcia-y-Bello-2004.pdf>
- [10] A. M. Martins, A. L. Nunes & C.E. de Souza, “Caracterização da fauna de Collembola em diferentes formações vegetais no município de Santa Bárbara, estado do Pará, Brasil,” *Bol Mus Para Emílio Goeldi Cienc Nat*, vol. 15, no 2, pp. 393–407, 2020. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v15i2.110>
- [11] P. Lavelle, B. Senapati & E. Barros, “Soil macrofauna. Concepts and Research Methods” in *Trees, Crops and Soil Fertility*, G. Schroth & F. Sinclair, eds, UK: CABF Publishing. Available from <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Agricultural-Chemistry/Trees-Cropsand-Soil-Fertility.pdf>
- [12] C. A. C. Crusciol, R. P. Soratto, E. Borghi & G. P. Matheus, “Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production,” *BC*, vol. 94, no. 2, pp. 14–16, 2010. Available from [http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/C9BCFC49A7405CB085257980006E46AB/\\$FILE/Better%20Crops%202010-2%20p14-16.pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/C9BCFC49A7405CB085257980006E46AB/$FILE/Better%20Crops%202010-2%20p14-16.pdf)
- [13] A. J. S. Pedroso, M. L. P. Ruivo, J. L. Piccinin, R. S. Okumura, S. M. Birani, M. L. Silva Jr., V. S. Melo & A. R. Costa, “Albuquerque Chemical attributes of Oxisol under different tillage systems in North-east of Pará;,” *AJAR*, vol. 11, no. 49, pp. 4947–52, Dec. 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11688>

- [14] E. Q. Cunha, L. F. Stone, A. D. Didonet, E. P. B. Ferreira, J. A. A. Moreira & W. M. Leandro, “Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo prepare e por plantas de cobertura,” *Rev Bras Eng Agric Ambient*, vol. 15, no. 10, pp. 1021–1029, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001000005>
- [15] B. K. Paul, B. Vanlauwe, F. Ayuke, A. Gassner, M. Hoogmoed, T. T. Hurisso, S. Koala, D. Lelei, T. Ndamamenye, J. Six & M. M. Pulleman, “Medium-term impact of tillage and residue management on soil aggregate stability, soil carbon and crop productivity,” *Agr Ecosyst Environ*, vol. 164, pp. 14–22, Jan. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.003>
- [16] E. L. Bottega, D. M. Queiroz, F. A. C. Pinto & C. M. A. Souza, “Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro,” *Rev Cienc Agron*, vol. 44, no. 1, pp. 1–9, Mar. 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100001>
- [17] Gobernación Norte de Santander, “Desarrollo estratégico agroecológico con uso de TICs para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el Departamento de Norte de Santander,” *plantar.gov.co*, [online], 2018. Disponible en <http://plantar.gov.co/>
- [18] C. Marsden, A. Martin-Chave, J. Cortet, M. Hedde & Y. Capowiez, “How agroforestry systems influence soil fauna and their functions - a review,” *Plant Soil*, vol. 453, pp. 29–44, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04322-4>
- [19] D. J. Helmer, A.M. Cubides-Munévar, M. C. López, E.M. Pinzón-Gómez, P. Filigrana-Villegas & C. A. Cassiani-Miranda, “Muestreo por conglomerados en encuestas poblacionales,” *Rev Salud pública*, vol. 13, no. 1, pp. 141–151, 2011. Disponible en <https://search.proquest.com/docview/1677642138?accountid=47900>
- [20] C.E. Moreno, “Métodos para medir la biodiversidad,” in *M&T-Manuales y Tesis*, SEA, VE, MX: UV, 2001. Disponible en <https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencia-y-mar/articulo/moreno-c-e-2001-manual-de-metodos-para-medir-la-biodiversidad-textos-universitarios-universidad-veracruzana-49-pp>
- [21] M. G. Silva, C. M. Oliveira & A. M. R. Junqueira, “Efeito da solarização e da adubação sobre artrópodes em solo cultivado com alface,” *Hortic Bras*, vol. 27, no. 4, pp. 465–472, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000400011>
- [22] J. Arbea & J. Blasco, “Ecología de los colémbolos (hexápoda, Collembola) en los Monegros (Zaragoza, España),” *Aracnet 7 -Bol SEA*, no. 28, pp. 35–48, 2001. Disponible en <http://entomologia.rediris.es/aracnet/7/03ecolembolos/>
- [23] E. P. Marín, M. Sánchez, A. Sierra & M. R. Peñaranda, “Poblaciones de Ácaros, Colémbolos y otra Mesofauna en un Inceptisol bajo Diferentes Manejos,” *Rev Fac Nal Agr Medellín*, vol. 68, no. 1, pp. 7411–7422, 2015. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47828>
- [24] L. Castellanos-González, A. González-Pedraza & A. E. Capacho-Mogollón, “Caracterización de los suelos de seis municipios en Norte de Santander,” *INGE CUC*, vol. 17, no. 1, pp. 69–80, 2021. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.06>
- [25] H. Cabrera, F. D. Murillo, J. Adame & J. A. Fernández, “Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto,” *TSA*, vol. 22, no. 1, pp. 33–43, 2019. Disponible en <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2654>
- [26] A. A. Socarrás & M. E. Rodríguez, “Evaluación de la mesofauna del suelo en áreas rehabilitadas con casuarina y marañón de la zona minera de Moa,” *cagrícola*, vol. 34, no. 2, pp. 69–74, 2007. Disponible en <https://biblat.unam.mx/es/revista/centro-agricola/articulo/evaluacion-de-la-mesofauna-del-suelo-en-areas-rehabilitadas-con-casuarina-y-maranon-de-la-zona-minera-de-moa>
- [27] L. F. Mendoza, “Relaciones entre la mesofauna y el contenido de materia orgánica del suelo en relictos de bosque altoandino en la reserva forestal distrital Encenillales de Pasquilla y su corredor de restauración en localidad de USME, Bogotá D.C.,” *tesis Grado*, dpto Biol, BO. CO, 2017. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59598>
- [28] A. A. Socarrás & I. Izquierdo, “Variación de los componentes de la mesofauna edáfica en una finca con manejo agroecológico,” *payfo*, vol. 39, No. 1, pp. 41–48, 2016. Disponible en <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2911960>
- [29] J. Da Silva, “Diversidade morfológica de colémbolos (Hexapoda: Collembola) em sistemas de manejo do solo,” *dissertação de mestrado*, dpto Cienc Agrovet, UDESC, SBLJ, 2015. Disponible en [https://www.udesc.br/arquivos/cav/id\\_cpmenu/1466/Diversidade\\_morfol\\_gica\\_de\\_col\\_mbolos\\_\\_Hexapoda\\_\\_Collembola\\_\\_em\\_sistemas\\_de\\_manejo\\_do\\_solo\\_\\_Julia\\_S\\_\\_Machado\\_1569353620228\\_1466.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1466/Diversidade_morfol_gica_de_col_mbolos__Hexapoda__Collembola__em_sistemas_de_manejo_do_solo__Julia_S__Machado_1569353620228_1466.pdf)
- [30] L. Castellanos-González, A. E. Capacho-Mogollón & L. Castellanos-Hernández, “Variaciones de la microfauna del suelo con la implantación de 18 modelos agroecológicos en 6 municipios de Norte de Santander, Colombia,” *INGE CUC*, vol. 17, no. 1, pp. 1–15, 2021. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.02>

**Leónides Castellanos González.** Universidad de Pamplona. Norte de Santander (Colombia). <http://orcid.org/0000-0001-9285-4879>

**Alfonso Eugenio Capacho Mogollón.** Universidad de Pamplona. Norte de Santander (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-0044-5566>

**Leónides Castellanos Hernández.** Universidad de Pamplona. Norte de Santander (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-5649-4068>