



EFFECTOS DEL CULTIVO DE YERBA MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*) BAJO SOMBRA SOBRE LA MESOFAUNA EDÁFICA EN LA RESERVA DE BIÓSFERA DEL BOSQUE MBARACAYÚ

EFFECTS OF THE SHADE GROWN YERBA MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*) ON THE EDAPHIC MESOFAUNA IN THE BIOSPHERE RESERVE OF MBARACAYÚ FOREST

LUIS CESAR VELÁZQUEZ SILVA^{1,2}, VICTORIA RIKA KUBOTA^{1,3}, JOSÉ ESPÍRITU IBARRA ARANDA^{1,4}
& DANILO ARTURO SALAS DUEÑAS⁵

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. Email: ²cesarvzs.lv@gmail.com, ³victoriakubotapy@gmail.com, ⁴jeia04@hotmail.com.

⁵Fundación Moises Bertóni, Asunción, Paraguay. Email: dsalasfmb@gmail.com.

Resumen. - Los cambios del uso de la tierra afectan la composición del suelo e inciden en su productividad. Las prácticas agroforestales podrían mitigar los impactos negativos de la producción sobre ecosistemas locales. En la presente investigación se analizaron los efectos de la introducción del sistema de cultivo de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) en asociación con remanentes de bosques sobre la mesofauna y el suelo forestal. Se eligieron cuatro sitios de estudio dentro de la Reserva de Biosfera del Bosque Mbaracayú. En cada uno de los sitios se instalaron dos parcelas, una en el bosque con plantación de yerba mate y otra en el bosque sin plantaciones. En cada parcela se tomó muestras de hojarasca acumulada para la determinación de su peso seco y la colecta de mesofauna. Además, se determinó el contenido de materia orgánica en el suelo. La colecta de mesofauna se realizó mediante embudos de Berlesse-Tulberg, donde la hojarasca fue colocada durante 5 días. Los especímenes aislados fueron contados e identificados taxonómicamente hasta la categoría de orden. Fueron determinadas la abundancia de mesofauna y los índices de diversidad α de Shannon-Wiener y β de Sørensen. En total fueron colectados 365 especímenes de mesofauna correspondientes a 2 Filum, 5 Clases y 18 Órdenes. En general las parcelas sin cultivo de yerba mate tuvieron mayor abundancia de mesofauna y mayores índices de α -diversidad. Así también el contenido de materia orgánica fue mayor en los bosques sin cultivo de yerba mate, mientras que el peso de hojarasca fue mayor en bosques con cultivo de yerba mate. Sin embargo, en el sitio donde se aplica un sistema de limpieza más conservacionista (eliminación parcial del sotobosque) se encontró mayor abundancia de mesofauna y contenido de materia orgánica en el bosque con cultivo de yerba mate. El índice de diversidad β de este sitio indicó mayor similitud entre sus parcelas en comparación a los demás sitios.

Palabras Clave: *Ilex paraguariensis*, sistema agroforestal, mesofauna edáfica, suelo forestal, hojarasca acumulada

Abstract. - The changes of land use affect soil's composition and productivity. Agroforestry practices could mitigate the production's negative impacts on local ecosystems. In the following investigation the effects on the mesofauna and forest soil due to the introducing the cultivation of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) in association with remnants of forests were analyzed. Four study sites were chosen within the Biosphere Reserve of the Mbaracayu Forest. In each study site two plots were established, one in the forest with yerba mate plantation and another in the forest without plantations. In each plot, leaf litter samples were taken to determine its dry weight and to collect mesofauna. Furthermore, the content of organic matter in the soil was determined. The mesofauna was collected using Berlesse-Tulberg funnels in which the leaf litter samples were placed for 5 days. Isolated specimens were counted and identified taxonomically. The abundance of mesofauna, the α -diversity Shannon-Wiener index and the β -diversity Sørensen index were determined. A total of 365 specimens of mesofauna were collected which correspond to 2 Phylums, 5 Classes and 18 Orders. In general, the parcels without yerba mate cultivations had greater abundancy of mesofauna and greater α -diversity index. Likewise, the content of organic matter was greater in the forests without cultivation of yerba mate, while the weight of leaf litter was greater in forests with cultivation of yerba mate. However, in the site where a more conservative cleaning system is applied (partial elimination of understory) greater abundance of mesofauna and organic material content was found in the forest with yerba mate cultivation. The β -diversity index of this site indicated greater similarity between its parcels in comparison to the other sites.

Key Words: *Ilex paraguariensis*, agroforestry system, soil mesofauna, forest soil, accumulated leaf litter.



Los cambios en el uso de la tierra, principalmente para la agricultura, afectan la compleja estructura y composición química del suelo, así como la funcionalidad de la fauna que habita en él. Como consecuencia podrían presentarse problemas de erosión, compactación, pérdida de fertilidad y verse afectados servicios ecosistémicos, que finalmente inciden en la productividad del suelo.

Una forma para minimizar los efectos negativos de la agricultura sobre el suelo es la implementación del sistema agroforestal. En algunas de las fincas de la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú, se está implementando esta práctica, mediante plantaciones de yerba mate dentro de remanentes de bosques, conservando la cobertura forestal y generando ingresos económicos adicionales a las familias campesinas.

La mesofauna del suelo cumple funciones importantes en los procesos edáficos (ciclado de nutrientes, redes tróficas, etc.), y la misma responde a las alteraciones antropogénicas y factores ambientales (Doran y Zeiss 2000; Pankhurst

1997), por lo que podría proveer información temprana sobre cambios del ecosistema y de las condiciones edáficas, permitiendo de esta forma monitorear el estado de conservación del hábitat.

El estudio de los efectos del cultivo de yerba mate en el bosque sobre los componentes biológicos del suelo, como la mesofauna, podría servir para determinar la aptitud de esta práctica para la producción sustentable y para la conservación de la biodiversidad.

La investigación presentada aquí tuvo como objetivo principal analizar los efectos de la plantación de la yerba mate en (asociación con) el bosque sobre la mesofauna edáfica, teniendo como referencia una masa boscosa sin la introducción del mencionado cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en tres fincas situadas en el distrito de Ygatimi del departamento de Canindeyú, dentro de la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú, la misma está ubicada

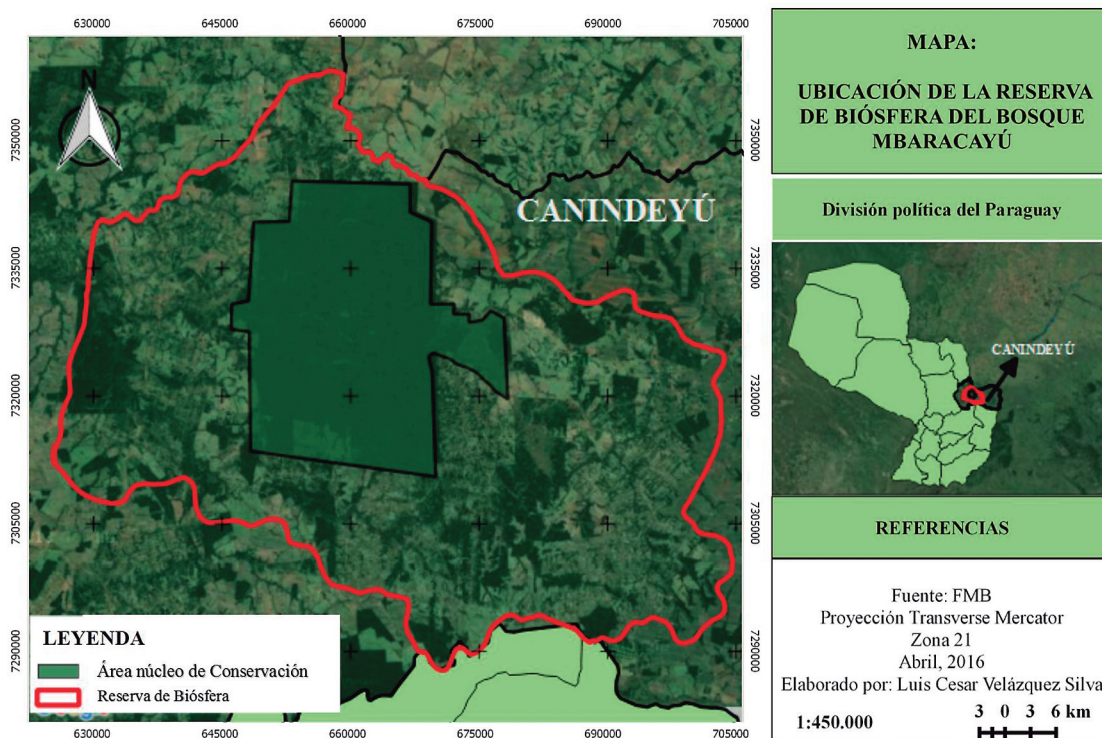


Figura 1. Localización de la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú.

en el noreste de la región Oriental del Paraguay (Figura 1) y cuenta con una gran variedad de paisajes como bosques húmedos y semihúmedos, cerrados, cerradones y sabanas hidromórficas; los hábitats integrantes de la variedad de paisajes, presentan una gran diversidad de especies vegetales, muchas de las cuales integran los denominados “remanentes boscosos” (FMB 2006).

Esta Reserva cubre toda la cuenta alta del río Jejuí. En cuanto a la macrogeomorfología ésta, se compone de sierras mesozoicas del cretácico muy erosionadas, lo que da lugar a cimas muy llanas y homogéneas, con forma de mesa, que se describen como planicies de altura. Los suelos de la Reserva pertenecen en su mayor parte a los órdenes Ultisol, Entisol, Alfisol y Oxisol (FMB 2006).

Se halla ubicada en una zona de transición entre las ecorregiones Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA), Cerrado, siendo la primera

la que se puede apreciar en mayor extensión. Además, se encuentra cubierta en menor parte por otras comunidades naturales como: bosque denso semicaducifolio, bosque de ribera, pastizal inundable y lagunas (FMB 2006).

Los organismos estudiados correspondieron a la comunidad de mesofauna presente en la hojarasca acumulada en el suelo del bosque con la introducción de la yerba mate y sin la incorporación de la misma. Estos bosques son remanentes del Bosque Atlántico que no han sido fuente de extracción de madera u otra actividad, sin embargo su proximidad con la matriz productiva lleva a la necesidad de medidas de conservación. Las variables principales analizadas fueron la abundancia y diversidad de mesofauna del suelo.

Fueron seleccionados cuatro sitios de muestreo (Figuras 2 y 3), en donde estén presentes las parcelas de yerba mate bajo sombra y los

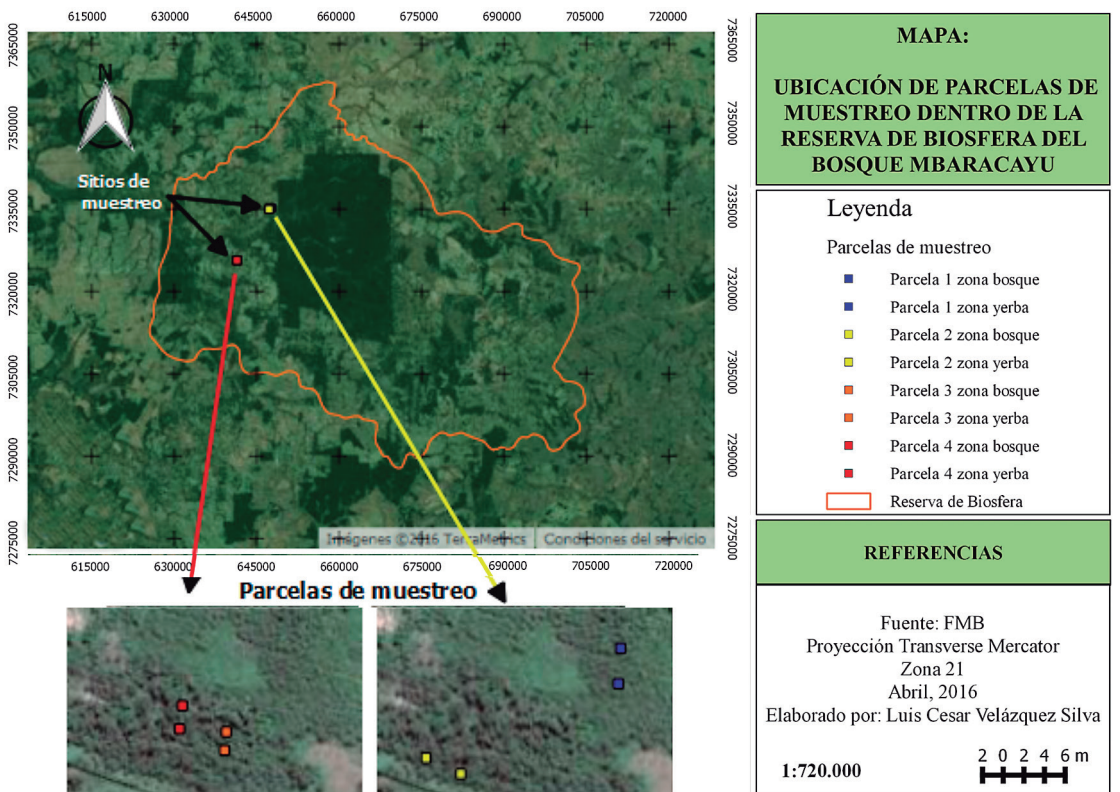


Figura 2. Ubicación de sitios y parcelas de muestreo en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayúas.

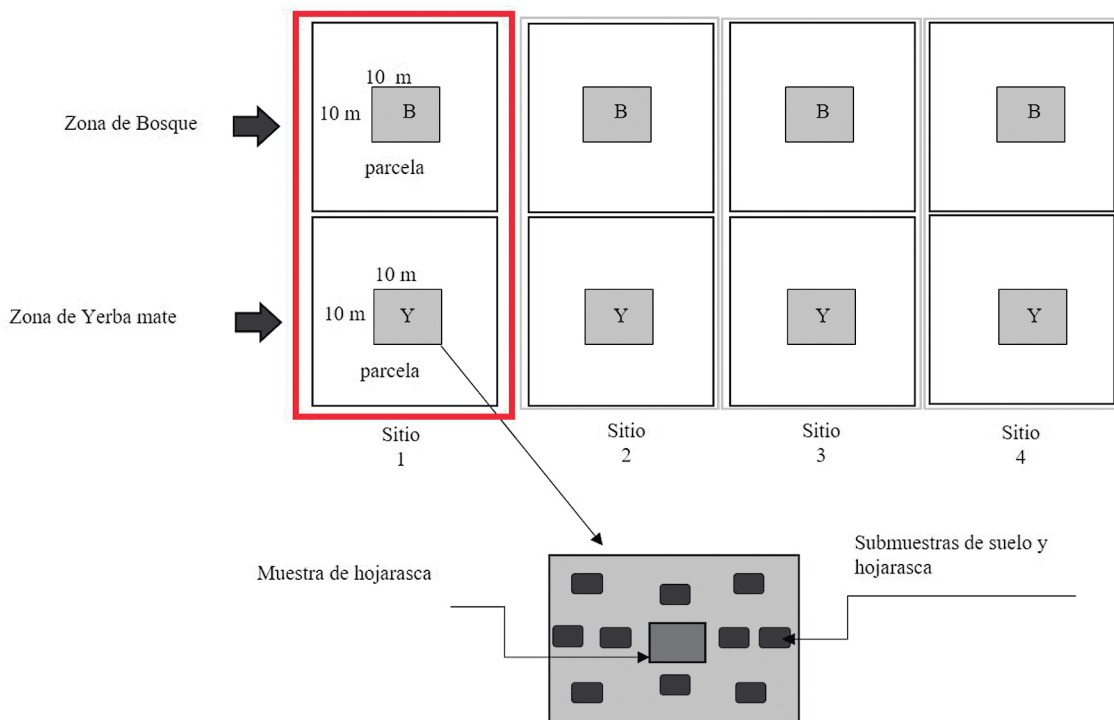


Figura 3. Diseño de parcelas para toma de muestras.

bosques sin este cultivo, a una distancia menor a 50 metros. En cada sitio se instalaron dos parcelas de 10 m x 10 m, totalizando ocho; cuatro en cada sistema (Figura 3). En cada una de dichas parcelas se extrajeron muestras de hojarasca para la determinación de su peso seco (Tabla 1) y la colecta de especímenes de mesofauna.

Colecta de especímenes de mesofauna

Los especímenes de mesofauna fueron colectados de la hojarasca acumulada sobre el suelo, para lo cual se tomó una muestra compuesta con 10 submuestras de cada una de las ocho parcelas mediante un bastidor de 0,20 x 0,20 m (Figura 3). La colecta se realizó en el mes de setiembre del 2015 al inicio de la primavera por lo que el tiempo era cálido y seco.

Las submuestras de hojarasca se mezclaron y posteriormente se colocaron en embudos de Berlese-Tullgren por 5 días. Los especímenes fueron colectados en alcohol de 70%, separa-

dos y contados con ayuda de un microscopio. Se realizó la clasificación taxonómica de cada individuo a nivel de orden con ayuda de claves de la Pontificia Universidad de Chile y la misma fue corroborada por especialistas del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay, la Facultad de Ciencias Agrarias – UNA y la Fundación Moisés Bertoni para corregir posibles errores.

Medición de variables:

Abundancia y diversidad de mesofauna

Fueron utilizados, el índice de α -diversidad para cada parcela y β -diversidad entre parcelas del mismo sitio (yerba/bosque y bosque). Para el primer caso se recurrió al índice de Shannon-Wiener:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i ,$$

donde p_i = la abundancia proporcional de especies del orden i ($p_i = n_i/N$), n_i = el número de individuos del orden i , y N = el número total de individuos presentes.

Tabla 1. Registro de peso de hojarasca acumulada.

Sitios	Peso seco total (g)	Peso hojarasca (g)	Peso tamiz 2 mm (g)	Peso tamiz 1 mm (g)	Peso ramas (g)	
S ₁	HS ₁ _B	354,7	224,5	130,2	42	1,12
	HS ₁ _Y	240	144,9	95,1	46,4	
S ₂	HS ₂ _B	335,7	99,4	236,3	128,7	
	HS ₂ _Y	440,1	283,2	156,9	63,8	
S ₃	HS ₃ _B	319	134,3	184,7	134,3	
	HS ₃ _Y	376,1	264,4	111,7	62	4,2
S ₄	HS ₄ _B	202,3	139,1	63,2	59	
	HS ₄ _Y	208,1	157,2	50,9	72,4	

Para el segundo caso, al índice de similitud de Sørensen:

$$\beta = 2c/(S1 + S2) ,$$

donde $S1$ = el número de órdenes presentes en la comunidad 1, $S2$ = el número de órdenes presentes en la comunidad 2, y c = es el número de órdenes comunes en ambas comunidades.

Aunque en este estudio no fue utilizado el índice de Simpson que es considerado más robusto y menos influenciado por la presión de muestreo que el índice de Shannon-Winer (Magurran, 2004), su aplicación podría ser tomada en cuenta para una futura continuación de este trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del sistema agroforestal

El sistema de cultivo utilizado es el agroforestal en el que básicamente tratan de no alterar las condiciones del bosque donde son introducidos los plantines de yerba, reduciendo al mínimo los cuidados culturales que pudiesen alterar de forma grave algunas características del ecosistema. Las plantaciones de yerba se realizan en hileras, donde el espaciamiento entre los plantines varía según el sitio. No se realiza laboreo de suelo, riego, fertilización ni aplicación de fitosanitarios, los cuidados culturales se reducen

Tabla 2. Detalle de plantaciones de yerba mate y tratamientos culturales por sitio basado en la entrevista a los propietarios y observación a campo.

Sitio	Edad (año)	Densidad de plantación (ind/ha)	Altura media de plantas (cm)	Porcentaje de mortalidad	Frecuencia de limpieza	Forma de limpieza
1	1	1000	59,5	7,2%	3 veces al año	Limpieza total de soto-bosque
2	1	2000	31,6	5%	2 veces al año	Limpieza total de soto-bosque
3	1	750	79,9	10%	1 vez al mes	Limpieza zonal alrededor de yerba
4	1	750	85,7	10%	1 vez al mes	Limpieza total de soto-bosque

a la realización de limpiezas periódicas de las parcelas de cultivo para favorecer al desarrollo de los plantines (Tabla 2).

Se emplean dos variedades de yerba mate denominadas “tradicional” y “señorita”. Los plantines fueron producidos en la ciudad de Encarnación y proveídos a los productores por la Fundación Moisés Bertoni.

Fueron observadas variaciones con respecto a la frecuencia y forma de limpieza, siendo el sitio 3 el que presenta una forma de limpieza

zonal, considerada más conservadora, ya que el productor solo limpia el área donde se encuentra cada plantín de yerba, sin eliminar el resto del sotobosque (Tabla 2).

Influencia del sistema agroforestal practicado sobre la mesofauna edáfica

Composición taxonómica y abundancia de mesofauna

En total se colectaron 365 especímenes de mesofauna en los cuatro sitios de estudio, diferencián-

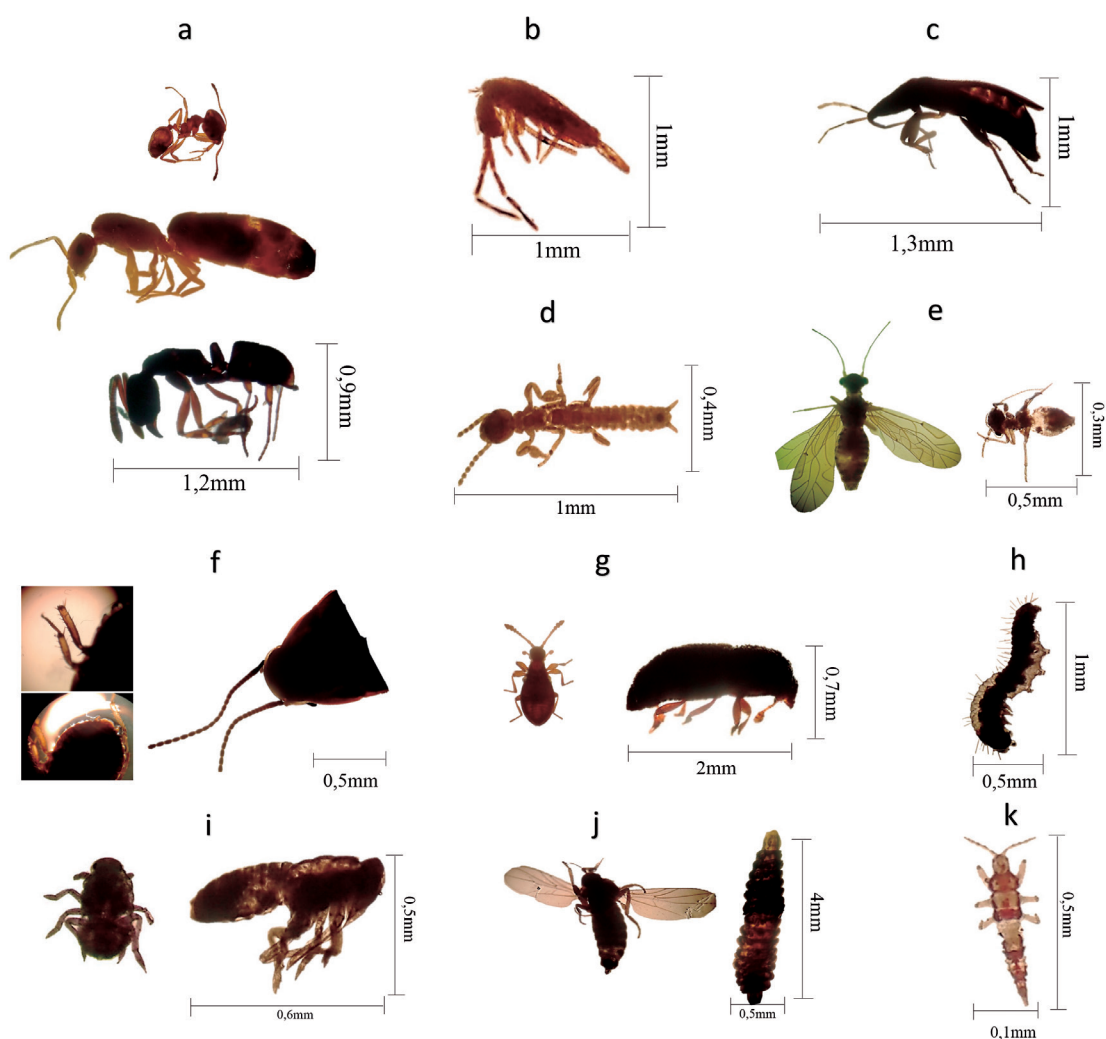


Figura 4. Especímenes del área de estudio de la clase Hexapoda, órdenes: **a)** Hymenoptera, **b)** Collembola, **c)** Hemiptera Heteroptera, **d)** Embioptera, **e)** Psocoptera, **f)** Blattodea, **g)** Coleoptera, **h)** Lepidoptera (larva), **i)** Hemiptera Auchenorrhyncha, **j)** Diptera y **k)** Thysanoptera.

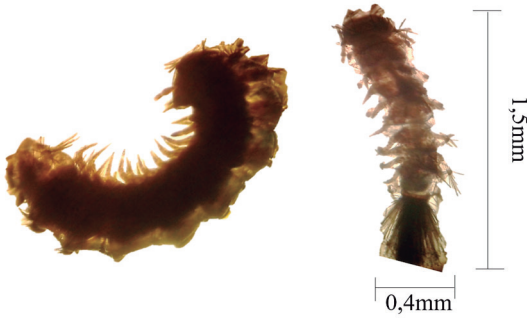


Figura 5. Especímenes del área de estudio de la clase Diplopoda, orden Polyxenida.

dose 86 morfoespecies distintas, pertenecientes a 2 filum, 4 clases y 18 ordenes.

De los 365 individuos, 356 pertenecen al filum Artropoda distribuidos en varios ordenes de las clases; Hexapoda (Figura 4), Diplopoda



Figura 8. Especímenes del área de estudio del filum Mollusca, clase Gastropoda, orden Stylommatophora.

(Figura 5) y Arácnida (Figura 6), además de especímenes del superorden Acarina (Figura 7); los 9 restantes son del filum Mollusca, clase Gastropoda y orden Stylommatophora (Figura 8), siendo la clase Hexapoda la que presentó mayor número de individuos. Este resultado concuerda con un estudio de León-Gamboa *et al.*



Figura 6. Especímenes del área de estudio de la clase Arachnida, órdenes: a) Pseudoscorpionida y b) Araneae.

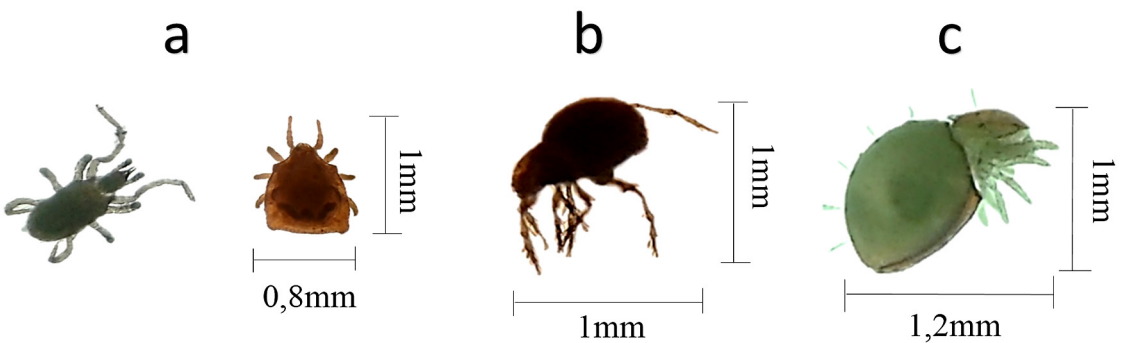


Figura 7. Especímenes del área de estudio de la clase Arachnida, super orden Acarina, órdenes; a) Mesostigmata, b) Prostigmata y c) Oribatida.

(2010), realizado en dos tipos de vegetación de Colombia, una correspondiente a un bosque alto andino fragmentado y el otro a una plantación de pino no explotada. En el mencionado estudio la composición taxonómica estuvo representada por 18 órdenes de la clase Hexapoda y 3 de la clase Arácnida, siendo la primera clase la más abundante.

En general las parcelas de bosque presentaron mayor abundancia de mesofauna en comparación a las parcelas con introducción de la yerba mate (Tabla 3).

Este resultado es similar a los del estudio realizado en Cuba por Rodríguez *et al.* (2002), donde evidenciaron que la diversidad y la abundancia de estos grupos fueron sustancialmente mayores en los ecosistemas con menores niveles de antropización.

La excepción fue el sitio 3 donde la relación fue inversa, presentándose mayor abundancia de mesofauna en la parcela de yerba. Sin embargo cabe destacar que en comparación a los sitios restantes resaltó la baja presencia de mesofauna en la parcela del bosque, no así en las parcelas de yerba.

Los órdenes Blattodea, Pseudoscorpionida y Embioptera solamente fueron representados con un espécimen. Los dos primeros fueron encontrados en las parcelas de bosque y el último en una parcela de yerba (Tabla 4).

De los 18 órdenes registrados (Tabla 4), cuatro fueron encontrados preferentemente en los bosques (a excepción del sitio 3) siendo estos Collembola, Mesostigmata, Prostigmata y Stylommatophora. Los órdenes citados anteriormente solo se ven presentes en un 25% de las parcelas de yerba, en cambio están presentes en un 75 y 100% de las parcelas de bosques. También se apreció la ausencia de especímenes Hemiptera Auchenorrhyncha [Se trata Auchenorrhyncha y Heteroptera, ambos subórdenes de Hemiptera, como entidades taxonómicas separadas, porque en el diseño original del trabajo fueron tratados como órdenes separados y fusionarlos a posteriori ocasionaría pérdida de datos] en las parcelas de yerba, mientras que se registró su presencia en un 50% de las parcelas de bosques.

Peredo *et al.* (2002), en su investigación realizada en Chile, indican que el principal cambio en la composición y estructura comunitaria de la mesofauna edáfica en el agroecosistema que estudiaron, corresponde a una significativa disminución taxocenótica y biocenótica de Acarina y Collembola, grupos prioritarios en todos los sistemas edáficos naturales (Peredo *et al.* 2002).

León-Gamboa *et al.* (2010), compararon la abundancia de mesofauna en una parcela de bosque y un cultivo de pino, donde también observaron que el orden Collembola presentaba

Tabla 3. Abundancia de mesofauna

Categoría Taxonómica	Sitios							
	1		2		3		4	
	Yerba	Bosque	Yerba	Bosque	Yerba	Bosque	Yerba	Bosque
Filum	1	1	1	2	2	2	1	2
Clase	2	4	3	5	5	4	4	5
Orden	5	14	8	14	9	7	8	15
Individuos	8	124	25	67	30	21	27	63
TOTAL DE INDIVIDUOS					Yerba	90	Bosque	275
TOTAL GENERAL						365		

Tabla 4. Detalle de cantidad de individuos por órdenes presentes en cada sitio de estudio. Obs.: Los órdenes resaltados son los considerados más sensibles a la introducción del cultivo en el remanente de bosque.

Nº	Orden	Cantidad Total	Código de Sitios							
			1		2		3		4	
			Y	B	Y	B	Y	B	Y	B
1	ARANEAE	24	1	9	2	4	2	1	1	4
2	BLATTODEA	1	-	1	-	-	-	-	-	-
3	COLEOPTERA	79	1	20	16	22	2	11	-	7
4	COLLEMBOLA	33	-	17	-	2	-	-	5	9
5	DIPTERA	23	1	2	-	9	5	3	-	3
6	EMBIOPTERA	1	-	-	-	-	-	-	1	-
7	HETEROPTERA	4	-	1	2	-	-	-	-	1
8	AUCHENORRHYNCHA	3	-	2	-	1	-	-	-	-
9	HYMENOPTERA	58	1	43	1	1	7	1	1	3
10	LEPIDOPTERA	17	4	2	1	5	1	-	1	3
11	MESOSTIGMATA	36	-	7	-	1	6	2	-	20
12	ORIBATIDA	32	-	8	1	10	-	2	8	3
13	POLYXENIDA	18	-	9	-	4	1	-	1	3
14	PROSTIGMATA	6	-	1	-	2	1	-	-	2
15	PSEUDOSCORPIONIDA	1	-	-	-	-	-	-	-	1
16	PSOCOPTERA	3	-	-	1	1	-	-	-	1
17	STYLOMMATOPHORA	9	-	-	-	2	5	1	-	1
18	THYSANOPTERA	17	-	2	1	3	-	-	9	2

una mayor proporción de individuos en las parcelas de bosque en comparación a las parcelas de plantación.

Estos resultados indican que algunos órdenes, como el Collembola, tienen mayor sensibilidad al estrés causado por la introducción del sistema de cultivo en el bosque.

Diversidad de mesofauna

En general los índices de diversidad α (Shannon-Wiener) presentaron valores semejantes a la abundancia (Tabla 5), observándose mayores valores en las parcelas de bosque, esto posiblemente se deba a las características propias del bosque que integran mejores condiciones para

la vida de la mesofauna. En cuanto a los índices de similitud β (Sørensen), los valores demuestran que hay diferencia en la diversidad entre las parcelas del mismo sitio (yerba/bosque), siendo el sitio 3 el que presentó mayor grado de similitud entre sus parcelas. Estos resultados concuerdan con los reportados por Rodríguez *et al.* (2002), quienes registraron mayor diversidad de mesofauna en bosques comparados con otros usos del suelo, señalando que conforme va aumentando la agresividad de las prácticas agrícolas, en cuanto a limpieza, manejo de plagas, movimiento de suelo, etc., va disminuyendo la diversidad de fauna de suelo.

Tabla 5. Índices de α y β diversidad.

Parcelas	Índices	Yerba		Bosque
Sitio 1	α Diversidad	1.39		2.04
	β Diversidad		0.53	
	Total órdenes	5		14
	Total individuos	8		124
Sitio 2	α Diversidad	1.33		2.26
	β Diversidad		0.73	
	Total órdenes	8		14
	Total individuos	25		67
Sitio 3	α Diversidad	1.96		1.50
	β Diversidad		0.75	
	Total órdenes	9		7
	Total individuos	30		21
Sitio 4	α Diversidad	1.65		2.27
	β Diversidad		0.63	
	Total órdenes	8		15
	Total individuos	27		63

Influencias de las condiciones físicas y biológicas del sistema agroforestal sobre la comunidad de mesofauna y el suelo forestal

La poca abundancia y menor diversidad de mesofauna presente en las parcelas de cultivo pudo reducir la tasa de descomposición de la hojarasca y el contenido de materia orgánica. Cabe resaltar que se registraron menor cantidad de individuos de colémbolos y ácaros (mesostigmatas y prostigmatas) en las parcelas de cultivo (Tabla 4). En este aspecto, estudios realizados por Hishi y Takeda (2005) en Colombia, describen que la presencia o ausencia de colémbolos y

ácaros afectan el crecimiento vegetal, la mayor abundancia de éstos se correlaciona con un aumento en la velocidad de descomposición de la hojarasca y también la velocidad de mineralización de los nutrientes.

En el sitio 3, la abundancia y la diversidad de mesofauna pueden ser habitualmente bajas. La abundancia y la diversidad de mesofauna y el mayor contenido de materia orgánica en el suelo de la plantación de yerba bajo monte (Tabla 6) pudo deberse a la práctica cultural aplicada en este sitio. En esta parcela de yerba, no se elimina completamente el sotobosque (limpieza zonal y mensual; ver Tabla 2) produciéndose la acumu-

Tabla 6. Características fisicoquímicas del suelo.

Parámetros		Parcelas de yerba			
		1	2	3	4
pH	-	4,20	5,50	6,10	5,30
Al ⁺³ +H ⁺	cmol _c /kg	1,88	0,00	0,00	0,31
Mat.Org.	%	2,23	3,24	4,92	3,03
P	ppm	3,83	5,29	2,55	4,28
Ca ⁺²	ppm	1,76	4,69	7,43	3,52
Mg ⁺²	ppm	0,47	1,31	1,60	1,17
K ⁺	cmol _c /kg	0,16	0,38	0,31	0,44
Na ⁺	cmol _c /kg	0,02	0,02	0,02	0,02

Parámetros		Parcelas de bosque			
		1	2	3	4
pH	-	5,70	5,50	6,20	5,80
Al ⁺³ +H ⁺	cmol _c /kg	0,00	0,00	0,00	0,00
Mat.Org.	%	3,51	3,45	3,54	3,72
P	ppm	5,29	6,74	2,19	4,19
Ca ⁺²	ppm	4,69	4,69	6,06	6,06
Mg ⁺²	ppm	1,27	1,45	1,27	1,45
K ⁺	cmol _c /kg	0,34	0,22	0,33	0,31
Na ⁺	cmol _c /kg	0,02	0,02	0,02	0,08

lación de rastrojos de malezas, ramas y lianas. Estas condiciones pudieron haber favorecido a la población de la mesofauna, favoreciendo a su vez al aumento del contenido de materia orgánica del suelo y al desarrollo en altura de las plantas de yerba (Tabla 2). No obstante, este argumento debe ser comprobado con mayores repeticiones de muestreos en el campo.

CONCLUSIONES

Tanto los remanentes de bosques donde son cultivadas las plantas de yerba como los bosques en sí, forman parte de la finca de cada productor. El sistema de cultivo de la yerba mate corresponde a un sistema agroforestal, pero que varía en cada sitio de acuerdo a los tratamientos culturales aplicados por los productores.

En general, la abundancia y la diversidad de mesofauna fueron mayores en los bosques. En los cultivos de yerba bajo monte, donde la mesofauna fue menos abundante hubo mayor cantidad de hojarasca acumulada (Tabla 1). Se presume que ese resultado se debió a la insuficiente cantidad de organismos presentes para descomponerla e integrarla al suelo. Probablemente también a eso se debe el bajo contenido de materia orgánica del suelo en las parcelas con introducción de la yerba mate (Tabla 6).

Los órdenes más sensibles a la introducción del sistema de cultivo estudiado fueron Collembola, Mesostigmata, Prostigmata y Stylommatophora. En contraste, los órdenes menos sensibles fueron Coleóptera y Araneae.

La parcela de yerba mate bajo monte en la que no se realizó la eliminación total de sotobosque, presentó mayor diversidad y abundancia de mesofauna, así como mayor contenido de materia orgánica en comparación a la parcela de bosque del mismo sitio.

Teniendo en cuenta lo indicado en los párrafos anteriores se puede decir que a 1 año de introducción del sistema de cultivo en los remanentes de bosques, afectada de forma negativa a la población de mesofauna y las características del suelo forestal. Estudios a mayor plazo po-

drán responder si esta tendencia se mantiene y de qué manera.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Biol. M. Sc. John A. Kochalka por el espacio de trabajo facilitado en el Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay y el apoyo brindado en la corrección de la identificación de los especímenes colectados, a la Fundación Moisés Bertoni por hacer posible este trabajo en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayu y al Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay por el apoyo en la publicación del presente artículo.

REFERENCIAS

- Doran, J. & M. Zeiss. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Nebraska, US. Faculty Publications. 15 pp.
- FMB/USAID. 2006. Reserva Natural Privada Tapyta. Plan de Manejo 2006 - 2010. Fundación Moisés Bertoni para la Conservación de la Naturaleza (FMB) / Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Asunción, Paraguay. 197 pp. [Consultado el 06 de mayo de 2015]. <<http://www.conservacionprivadapy.org>>.
- León-Gamboa, A.L., C. Ramos & M. García. 2010. Efectos de plantaciones de pino en la artropofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Revista de Biología Tropical*, 58(3): 1031-1048.
- Hishi, T & H. Takeda. 2005. Dynamics of heterorhizic root systems: protoxylem groups within the fine-root system of *Chamaecyparis obtusa*. *New Phytologist*, 167(2): 509-521.
- Magurran, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford. viii + 256 pp.
- Pankhurst C.E., B.M. Doube & V. Gupta. 1997. *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, New York. xi + 451 pp.

- Walkey, A. 1935. An Examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soil. *The Journal of Agricultural Science*, 25(4): 598-609.
- Peredo, S., B. Paz & E. Parada. 2002. Efecto de prácticas agrícolas convencionales sobre la biodiversidad de los grupos mesofaunísticos edáficos en un huerto de ciruelos. Una aproximación agroecológica. *Agro Sur*, 30(2): 7-14.
- Rodríguez, C., G. Crespo, E. Castillo & S. Fraga. 2002. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras o intercaladas con leucaena para la ceba de toros. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(2): 181-186.