Anexos

Anexo 1: Marco Teórico

El suelo

El suelo siendo un recurso natural finito y no regenerable, desempeña diversas funciones ambientales, como participar en los ciclos biogeoquímicos de elementos químicos como carbono, nitrógeno y fósforo. Estos elementos, impulsados por la energía disponible, experimentan transiciones desde los sistemas vivos hacia los componentes no vivos del planeta (Burbano 2016; G. Espín 2019).

Los organismos y sus servicios ecosistémicos en el suelo

En nuestro entorno, se dan interacciones esenciales para la existencia de vida, siendo las dinámicas del suelo un ejemplo clave que alberga una amplia diversidad de poblaciones de fauna edáfica. La biota del suelo representa el 10 % de la diversidad total y engloba a los organismos que habitan en el suelo, en la capa superficial, en la hojarasca, en troncos en descomposición y en entornos conexos conocidos como suelos suspendidos (Brown et al.). 2001). La fauna edáfica se clasifica según el tamaño y el ciclo de vida en; microfauna, mesofauna y macrofauna (Mancina and Cruz 2017). Pero también se clasifican en función de la respuesta fisiológica, morfológica, de comportamiento bioquímico o ambiental y de alguna manera, también de acuerdo con sus características taxonómicas (Moreira, Jeroen, and David 2012).

Mesofauna edáfica

La mesofauna engloba a organismos microscópicos, con longitudes de aproximadamente 4 mm y diámetros que oscilan entre 0,2 y 2 mm. Estos individuos habitan en la hojarasca y/o en el interior del suelo, e incluyen especies como ácaros del suelo, colémbolos, proturos, dipluros, psocópteros, tisanópteros o trips, paurópodos, sínfilos y enquitreidos.

Gran parte de las categorías que conforman la mesofauna son altamente susceptibles a las alteraciones originadas tanto por eventos naturales como por intervenciones humanas en el entorno (Socarrás 2013). Estas perturbaciones inciden en la modificación de su composición

específica y en la variación de su abundancia, resultando en la pérdida de especies y, en consecuencia, en la reducción de su diversidad. Este proceso conlleva a una disminución de la estabilidad y fertilidad del suelo (Scheu 2002). Por estas razones, la mesofauna es reconocida como un indicador biológico valioso para evaluar el estado de conservación del suelo.



Anexo 1. Figura 1 *Mesofauna del suelo. A, B y C. Colémbolos (Collembola: Symphypleona, Entomobryomorpha). D, E y F. Ácaros (Acari: Mesostigmata, Cryptostigmata). G. Sín□lo (Symphyla). H. Dipluro (Diplura). I. Trips (Thysanoptera)*

Fuente: *(Mancina and Cruz 2017)*

Estos seres vivos desempeñan un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica y en las propiedades físicas del suelo, principalmente al establecer canales y poros que contribuyen a la aireación, el drenaje y la retención de agua. Son reconocidos como transformadores de suelos y ecosistemas, generando estructuras biogénicas que actúan como reservorios de nutrientes, activando así el microbiota edáfico mediante interacciones mutualistas (Jones, Lawton, and Shachak 1994).



Anexo 1. Figura 2 *Principales grupos funcionales, taxonomía y procesos ecosistémicos. Fuente: (Moreira, Jeroen, and David 2012)*

Órdenes mesofauna

- **Colémbolos (Orden Collembola)**

artrópodos hexápodos pequeños que se encuentran en el suelo y en materia orgánica en descomposición. Tienen un cuerpo alargado y segmentado, generalmente miden entre 1 y 10 mm. Poseen un órgano especializado llamado furca en la parte posterior, que utilizan para saltar y moverse rápidamente, caracterizan por tener seis patas.

- **Ácaros (Orden Acari)**

Los ácaros son artrópodos microscópicos que pueden encontrarse en diversos hábitats, incluido el suelo, donde desempeñan funciones esenciales en la descomposición y ciclado de nutrientes. Tienen un cuerpo dividido en dos regiones (prosoma y opistosoma), a menudo con piezas bucales adaptadas para perforar y chupar. Pueden variar en tamaño, desde micrómetros hasta milímetros.

- **Proturos (Orden Protura)**

Los proturos son pequeños artrópodos sin antenas, que se encuentran en el suelo y se alimentan de materia orgánica en descomposición. Tienen un cuerpo pequeño y sin alas, generalmente miden menos de 2 mm. Carecen de ojos y antenas, y su cuerpo está dividido en tres segmentos: cabeza, tórax y abdomen.

- **Dipluros (Orden Diplura)**

Artrópodos que se alimentan de materia orgánica en descomposición y se encuentran en el suelo, generalmente en ambientes húmedos. Tienen un cuerpo alargado y segmentado, generalmente miden de 2 a 5 mm. Poseen antenas largas y dos apéndices en la parte posterior llamados cercos.

- **Enquitreidos (Orden Enchytraeida)**

Gusanos pequeños y segmentados, similares a lombrices, pero más pequeños. Se pueden identificar por su tamaño pequeño y aspecto similar a lombrices.

Biodiversidad de artrópodos en Ecuador

En Ecuador la biodiversidad se extiende en todas sus regiones (Costa, Sierra y Amazonía), identificando el 70 % de fauna del planeta (MAE 2010; Vallejo 2010; Troya, Bersosa, and Vega 2011; Melo-Molina 2022). Sin embargo, la investigación sobre los artrópodos en el país aún no ha proporcionado una cifra precisa respecto a la cantidad y las especies específicas de insectos presentes.

La Universidad Católica del Ecuador (PUCE), con una impresionante colección de alrededor de 2 millones de insectos, aún no dispone de ejemplares de mesofauna edáfica ni de especialistas en este campo, según Álvaro Barragán (2017), curador de invertebrados del Museo de la PUCE. Pese a los registros en la Estación Experimental Yasuní, donde se reportaron unas 60.000 especies de insectos en una hectárea (MAE 2010), la diversidad de artrópodos en la región amazónica de Ecuador no ha recibido suficiente atención en investigaciones. Cabe destacar que esta región es reconocida como una de las zonas tropicales con una rica biodiversidad a nivel mundial (Myers 1990).

Diversidad de mesofauna edáfica en sistemas agrícolas

Las prácticas agrícolas intensivas tienen un impacto significativo en la estructura de la fauna del suelo, provocando la extinción local de ciertos grupos de organismos y generando alteraciones en la riqueza, diversidad y abundancia de esta (Bedano and Ruf 2007). La magnitud de este impacto está condicionada por diversos factores, entre ellos el sistema de siembra, la diversidad y rotación de cultivos, los insumos empleados y las condiciones edafoclimáticas específicas (Aquino, Correia, and Vicente 2008). La densidad de los

principales grupos de la fauna del suelo tiende a disminuir en función de la intensidad del manejo, siguiendo un gradiente que va desde sitios naturales, pasando por sitios bajo agricultura orgánica, hasta llegar a sitios con agricultura química bajo siembra directa y sitios con agricultura química y labranza convencional (Nicosia et al. 2020).

Transformación del Uso del Suelo y sus Consecuencias Ambientales

En los últimos años el incremento en la densidad demográfica y la consiguiente necesidad de una variedad de productos para satisfacer las demandas humanas ha generado transformaciones significativas del uso de suelo (Dadashpoor, Azizi, and Moghadasi 2019). Ocasionando la degradación al suelo como la erosión, compactación, pérdida de biodiversidad, contaminación, desequilibrio de nutrientes, acidificación, sellado, pérdida de carbono orgánico y salinización (Schulze et al. 2005).

Métodos de extracción de fauna edáfica

El uso de embudos de Berlese-Tullgren se considera uno de los métodos más eficaces para la extracción de la fauna edáfica aerobia y presenta la ventaja de que, bajo ciertas condiciones, es posible convertir el procedimiento en cuantitativo. Sin embargo, existen datos sólidos que indican que la eficiencia de estos embudos en la extracción de fauna deja mucho que desear. Según Forslund (1948), aproximadamente el 55% de la fauna bien queratinizada, o solo el 16,6% de la débilmente queratinizada, se recupera mediante este método. Este último grupo incluye un alto número de especies de ácaros y colémbolos, así como la gran mayoría de sus formas juveniles, grupos que generalmente dominan la composición de la biocenosis edáfica (Covarrubias and Sáiz 1971).

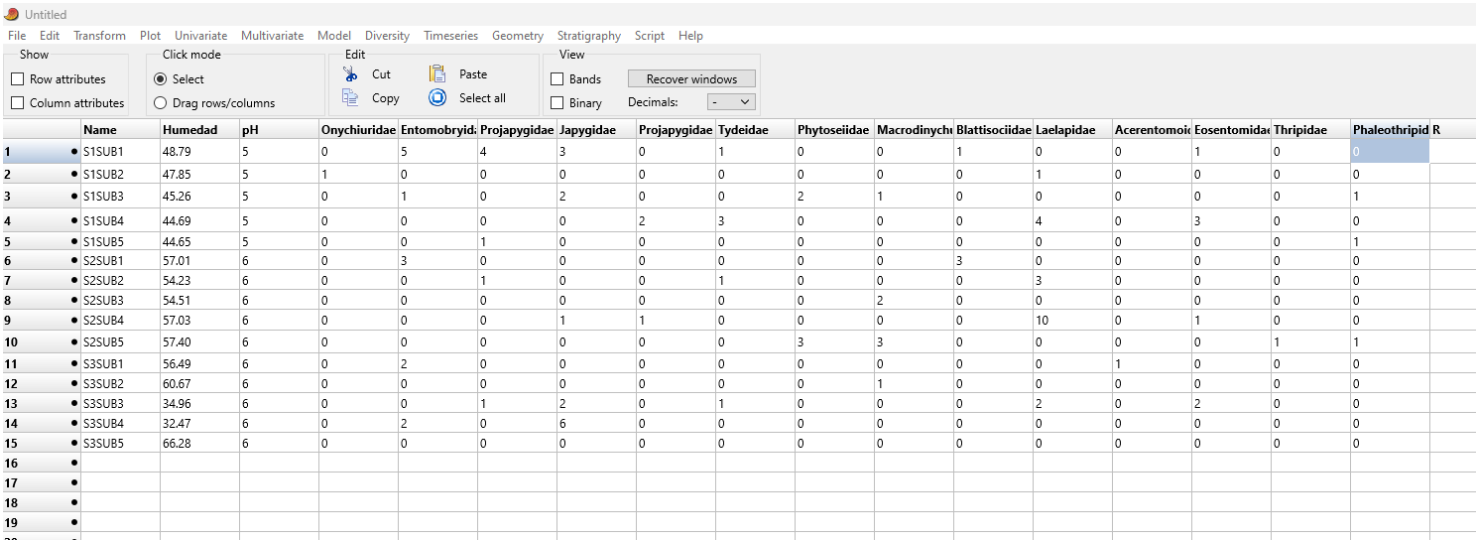
Anexo 2



Anexo 2 Figura 5 *Sitios de muestreo S1, S2 y S3. Toma de muestras*

COMPONENTES QUIMICO-FISICOS					
Sitio	**pH**	**Color**	**Textura**	**Humedad SubParcelas**	**Humedad Sitio**
S1	5	7,5 YR 5/8 Strong Brown	Franco limosa	48,79%	46,25%
				47,85%	
				45,26%	
				44,69%	
				44,65%	
S2	6	7,5 YR 4/3 Brown	Franco Arenosa	57,01%	56,04%
				54,23%	
				54,51%	
				57,03%	
				57,40%	
S3	6	7,5 YR 4/3 Brown	Franco Arenosa	56,49%	50,17%
				60,67%	
				34,96%	
				32,47%	
				66,28%	

Anexo 2 Figura 6 *Base de Datos de los componentes*



	Name	Humedad	pH	Onychiuridae	Entomobryid	Projapygidae	Japygidae	Projapygidae	Tydeidae	Phytoseiidae	Macrodinych	Blattisociidae	Laelapidae	Acerentomoi	Eosentomida	Thripidae	Phaleothripid R
1	S1SUB1	48.79	5	0	5	4	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	S1SUB2	47.85	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	S1SUB3	45.26	5	0	1	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1
4	S1SUB4	44.69	5	0	0	0	0	2	3	0	0	0	4	0	3	0	0
5	S1SUB5	44.65	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	S2SUB1	57.01	6	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
7	S2SUB2	54.23	6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0
8	S2SUB3	54.51	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
9	S2SUB4	57.03	6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	10	0	1	0	0
10	S2SUB5	57.40	6	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	1	1
11	S3SUB1	56.49	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	S3SUB2	60.67	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13	S3SUB3	34.96	6	0	0	1	2	0	1	0	0	0	2	0	2	0	0
14	S3SUB4	32.47	6	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	S3SUB5	66.28	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16																	
17																	
18																	
19																	

Anexo 2 Figura 7 *Datos utilizados aplicación Past V 04*

	Humedad	pH	Onychiuridae	Entomobryidae	Projapygidae	Japygidae	Projapygidae	Tydeidae	Phytoseiidae	Macrodinychus	Blattisociidae	Laelapidae	Acerentomoidae	Eosentomidae	Thripidae	Phaleothripidae
Humedad		0,190	0,755	0,685	0,491	**0,005**	0,770	0,271	0,795	0,345	0,573	0,896	0,550	0,158	0,486	0,736
pH	0,358		0,165	0,564	0,177	0,920	0,347	0,196	0,848	0,446	0,829	0,750	0,500	0,337	0,500	0,196
Onychiuridae	-0,088	-0,378		0,571	0,665	0,591	0,726	0,635	0,716	0,616	0,743	0,904	0,800	0,616	0,800	0,635
Entomobryidae	-0,114	-0,162	-0,159		**0,013**	0,079	0,431	0,968	0,662	0,344	**0,013**	0,273	0,456	0,845	0,571	0,513
Projapygidae	-0,193	-0,368	-0,122	**0,624**		0,287	0,549	0,349	0,533	0,388	0,521	0,703	0,665	0,472	0,665	0,818
Japygidae	**-0,683**	-0,029	-0,151	0,468	0,294		0,634	0,915	0,913	0,459	0,892	**0,799**	0,591	**0,813**	0,591	0,775
Projapygidae	-0,083	-0,261	-0,099	-0,220	-0,168	-0,134		**0,002**	0,615	0,487	0,650	0,008	0,726	**0,001**	0,726	0,510
Tydeidae	-0,304	-0,354	-0,134	-0,011	0,260	-0,030	**0,739**		0,494	0,342	0,819	0,302	0,635	0,000	**0,635**	**0,369**
Phytoseiidae	0,073	-0,054	-0,102	-0,123	-0,175	-0,031	-0,142	-0,192		**0,001**	0,638	0,487	0,716	0,470	**0,000**	0,001
Macrodinychus	0,262	0,213	-0,141	-0,263	-0,240	-0,207	-0,195	-0,264	**0,752**		0,515	0,334	0,616	0,315	0,001	0,064
Blattisociidae	0,158	0,061	-0,092	**0,626**	0,180	-0,038	-0,128	-0,065	-0,133	-0,182		0,531	0,743	0,764	0,743	0,538
Laelapidae	0,037	0,090	-0,034	-0,303	-0,107	-0,072	**0,657**	0,286	-0,195	-0,268	-0,176		0,629	0,071	0,629	0,361
Acerentomoidae	0,168	0,189	-0,071	0,208	-0,122	-0,151	-0,099	-0,134	-0,102	-0,141	-0,092	-0,136		0,616	0,800	0,635
Eosentomidae	-0,384	-0,267	-0,141	-0,055	0,201	0,067	**0,779**	**0,867**	-0,202	-0,278	-0,085	0,479	-0,141		0,616	0,342
Thripidae	0,195	0,189	-0,071	-0,159	-0,122	-0,151	-0,099	-0,134	**0,820**	**0,766**	-0,092	-0,136	-0,071	-0,141		**0,040**
Phaleothripidae	-0,095	-0,354	-0,134	-0,183	-0,065	-0,081	-0,185	-0,250	**0,767**	0,490	-0,173	-0,254	-0,134	-0,264	**0,535**	

Anexo 2 Figura 8 *Resultado de la correlación*