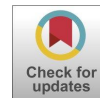


## Macrofauna edáfica asociada al cultivo de maíz (*Zea maíz*)

### Edaphic macrofauna associated with the cultivation of maize (*Zea maíz*)

Morales-Rojas Eli<sup>1\*</sup>, Chávez-Quintana Segundo<sup>1</sup>, Hurtado-Burga Roxana<sup>2</sup>, Milla-Pino Manuel<sup>3</sup>,  
Sanchez-Santillán Tito<sup>5</sup>, Collazos-Silva Erik Martos<sup>4</sup>



#### Datos del Artículo

<sup>1</sup>Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.  
Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES).  
Calle Higos Urco N° 342-350-356.  
Calle Universitaria N° 304.  
Chachapoyas-Amazonas, Perú.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.  
Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.  
Calle Higos Urco N° 342-350-356.  
Calle Universitaria N° 304.  
Chachapoyas-Amazonas, Perú.

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Jaén.  
Facultad de Ingeniería Civil.  
Jirón Cuzco, N° 250, 06801.  
Jaén, Cajamarca, Perú.

<sup>4</sup>Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.  
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.  
Calle Higos Urco N° 342-350-356 - Calle Universitaria N° 304.  
Amazonas, Perú.

<sup>5</sup>Servicios Generales Jucusbamba EIRL.  
Anexo el Tingo s/n carretera Luya-Conila  
Conila 01530.  
Perú.

#### \*Dirección de contacto:

**Eli Morales Rojas**  
Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.  
Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES).  
Calle Higos Urco N° 342-350-356.  
Calle Universitaria N° 304.  
Chachapoyas-Amazonas, Perú.  
Tel: +51 41-963855453.

E-mail: [eli.morales@untrm.edu.pe](mailto:eli.morales@untrm.edu.pe)  
[elimor.4740@gmail.com](mailto:elimor.4740@gmail.com)

#### Palabras clave:

Maíz,  
altitud,  
abundancia,  
desarrollo,  
post cosecha.

*J. Selva Andina Biosph.*  
2021; 9(1):15-25.

ID del artículo: 0987/JSAB/2020

#### Historial del artículo.

Recibido enero, 2021.  
Devuelto marzo, 2021.  
Aceptado marzo, 2021.  
Disponible en línea, mayo 2021.

#### Resumen

La macrofauna es un indicador biológico de suelos, en este sentido el objetivo de esta investigación fue determinar la comunidad de macrofauna edáfica y sus propiedades fisicoquímicas del suelo, por medio de su abundancia y riqueza de grupos durante la época de crecimiento y post cosecha del maíz. Se establecieron tres monolitos 25 x 25 cm de ancho por 30 cm de profundidad. Se tomaron muestras de suelo en cada parcela, luego se determinó el contenido de materia orgánica (MO), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y contenido de nitrógeno (N). Los resultados muestran diferencias entre las temperaturas atmosféricas, durante la época de desarrollo (25 °C) y la época de post cosecha (41.4 °C). Los parámetros fisicoquímicos como el pH oscilo en 8.5 y 8.3. El índice de Shannon máximo fue de 0.48 (época de post cosecha) y de 0.13 (época de desarrollo). La mayor cantidad de individuos fue de hormigas (111) y se identificó durante la época de post cosecha. En tal sentido la diversidad biológica fue menor en la época de crecimiento del maíz, y durante la post cosecha hubo mayor cantidad de organismos de hormigas el cual estuvo asociado a la resistencia de las altas temperaturas.

2021. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

#### Abstract

Macrofauna is a biological indicator of soils, in this sense, the objective of this research was to determine the edaphic macrofauna community and its physicochemical properties of the soil, by means of its abundance and richness of groups during the growing season and post-harvest of corn. Three monoliths 25 x 25 cm wide by 30 cm deep were established. Soil samples were taken in each plot, then the organic matter (OM) content, hydrogen potential (pH), electrical conductivity (EC) and nitrogen (N) content were determined. The results show differences between atmospheric temperatures during the development period (25 °C) and the post-harvest period (41.4 °C). Physicochemical parameters such as pH ranged between 8.5 and 8.3. The maximum Shannon index was 0.48 (growing season) and 0.13 (post-harvest season). The greatest number of individuals was ants (111) and was identified during the post-

*Editado por:  
Selva Andina  
Research Society*

**Keywords:**

Corn,  
altitude,  
abundance,  
development,  
post-harvest.

harvest period. In this sense, the biological diversity was lower in the growing season of corn, and during the post-harvest period a greater number of ant organisms was determined, which was associated with the resistance to high temperatures.

2021. Journal of the Selva Andina Biosphere®. Bolivia. All rights reserved.

## Introducción

La fauna del suelo puede considerarse un medio muy eficaz para ayudar a los microorganismos a dominar, expandirse hacia los horizontes del suelo, mejorando su fertilidad, equilibrio, y desarrollo de la vegetación<sup>1,2</sup>. La macrofauna edáfica (ME) es uno de los indicadores de su calidad, y está ampliamente distribuida en todo tipo de suelo, pero es muy sensible a diferentes intervenciones humanas<sup>3</sup>. La ME es utilizada como bioindicador, por su simplicidad, bajo costo<sup>4</sup>, contribuye en el control de la estructura del suelo, alterando su agregación y porosidad, mejorando la infiltración, cambiando los patrones de retención de agua, contribuyendo a la mineralización de la materia orgánica (MO), con la descomposición de hojarascas<sup>5-7</sup>.

Los macroinvertebrados en el suelo alteran la actividad microbiana en los procesos de mineralización y humificación de la MO, por tanto, influyen en su disponibilidad de nutrientes asimilables por las plantas<sup>8</sup>, además, estos organismos contribuyen en la movilidad vertical de nutrientes asimilables siendo un gran beneficio para los sistemas radiculares de las plantas<sup>9</sup>.

La abundancia, diversidad de la ME son factores importantes para la sostenibilidad de la producción primaria en los ecosistemas de diferentes coberturas del

suelo<sup>10</sup>, su riqueza refleja el estado de degradación de los suelos<sup>11</sup>.

La ME puede verse afectada por los periodos climáticos<sup>12</sup>, así mismo, la población de organismos se puede observar en mayor cantidad durante la época de lluvias<sup>13,14</sup>, algunos cultivos tienen efectos perjudiciales sobre la ME, sobre todo en las lombrices de tierra<sup>15</sup>.

Muy poco se conoce sobre la distribución de la ME bajo condiciones de temperaturas elevadas y bajo contenido de MO<sup>16</sup>. Estudios relacionan la probabilidad de la degradación física y compactación del suelo, relacionándola con la población de ME<sup>17</sup>. En otras investigaciones, han reportado que los invertebrados del suelo están muy correlacionados con la vegetación del entorno<sup>18,19</sup>, también se resalta la importancia de la biota del suelo con la recuperación de áreas degradadas<sup>20-22</sup>.

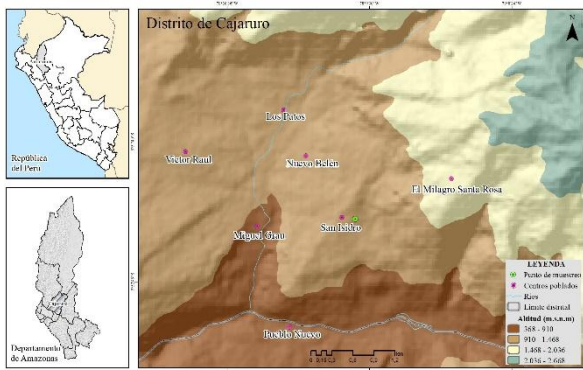
Los factores que pueden ser causantes de densidad reducida de la biota edáfica, en cultivos de maíz, posiblemente sea la pérdida de MO<sup>23</sup>, la ME en estos cultivos durante la época de crecimiento suele observarse poblaciones de especies que son en su mayoría plagas, como los Melolonthidae ("gallina ciega")<sup>24</sup>. Existe escasa información sobre la ME en cultivos de maíz. Con base a lo mencionado, el objetivo de la presente investigación fue determinar la macrofauna

edáfica y propiedades fisicoquímicas del suelo dedicado al cultivo de maíz.

## Materiales y métodos

**Ubicación.** El muestreo se realizó en los meses de febrero y octubre del año 2020, en el caserío San Isidro, distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, Región Amazonas-Perú figura 1. San Isidro, se encuentra a una altitud de 990 msnm. Con coordenadas 149950 este y 9350074 oeste. Las coordenadas se tomaron con GPS modelo GPSMAP 66i-GARMIN. La parcela se encuentra ubicada a la margen derecha del río Utcubamba y se caracteriza por ser un sector agrícola, su principal cultivo es el maíz amarillo duro<sup>25</sup>. La producción promedio por hectárea es de 4000 kg (80 qq/ha)<sup>26</sup>.

**Figura 1 Ubicación del área de estudio- Caserío San Isidro**



Los suelos que predominan son los vertisoles<sup>27</sup>. El tipo de clima es cálido, varía según los pisos altitudinales de la zona de 10 a 40 °C, la precipitación es de 200 a 1000 mm anuales, los meses de enero a marzo suele llover con mayor intensidad y de junio a septiembre es la época de estiaje<sup>28</sup>.

**Metodología.** Se tomó en cuenta 2 épocas: a) época de desarrollo del maíz, cuando estaba a un mes de su crecimiento b) época de post cosecha (después dos meses de la cosecha), se seleccionó una parcela de

maíz de una ha (10000 m<sup>2</sup>), la antigüedad de la parcela fue de 15 años. Para el muestreo se extrajo tres monolitos de 25 x 25 cm de ancho por 30 cm de profundidad, según la metodología "Biología y Fertilidad del Suelo Tropical" o TSBF<sup>29</sup>. La selección de la ME se realizó in situ, y de forma manual con ayuda de una manta blanca. Consistió en eliminar cuerpos extraños tales como piedras y residuos vegetales. Los organismos extraídos se almacenaron en frascos con alcohol etílico al 70 % para su posterior identificación y conteo de manera visual en el laboratorio de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM). Después se calculó la riqueza de las muestras, la diversidad con el índice de Shannon (H') y Simpson (DSi)<sup>30</sup>. Se tomó muestras de suelo para analizar pH, CE, con el método EPA 9045/Relación Suelo-Agua 1:1<sup>31</sup>. El contenido de carbono orgánico (C) y nitrógeno (N) del suelo, se determinó a partir de la MO del suelo, a través del método propuesto por Walkley & Black<sup>32</sup>. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la UNTRM.

La toma de temperatura atmosférica y humedad relativa se realizó con un Termohigrómetro Modelo: VA-EDT-1-55 y la temperatura del suelo se tomó con un termómetro digital de aguja de 13 cm, con código 111TMP14.

Para el procesamiento de datos se utilizó el minitab 17<sup>33</sup>, para determinar promedios y su desviación estándar en las temperaturas (época de desarrollo y post cosecha del maíz).

## Resultados

Tabla 1, se presentan los resultados de temperatura del suelo, y temperatura atmosférica, en el caserío

San Isidro, en la etapa de la postcosecha la temperatura atmosférica fue mayor, en comparación de la temperatura del suelo, solo hubo variación de 0.9 °C.

**Tabla 1 Temperatura durante las dos épocas de muestreo**

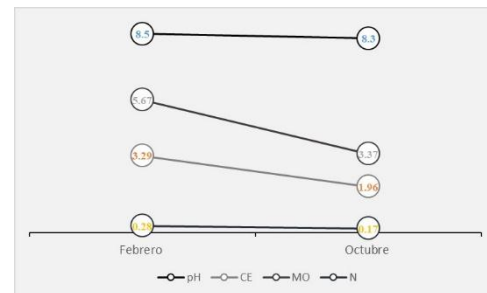
Fase de desarrolló (febrero)			Fase de post cosecha (octubre)		
TS	TA	HR %	TS	TA	HR %
23.3±1.4	25.5±1.4	71.5±6.5	24.2±1.3	31.4±1.6	49.9±2.2

TS= Temperatura del suelo, TA= Temperatura atmosférica, HR=Humedad relativa

*Parámetros fisicoquímicos.* Figura 2, se observa el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos para la época de febrero (fase de desarrolló), época de octubre (época de post cosecha). La MO para la época de la postcosecha se redujo de 5.67 a 3.37 %. El nitrógeno del suelo también se vio reducido para la época de la post cosecha (0.28-0.17 %).

*Macrofauna edáfica en la fase de desarrollo del maíz.* Se identificaron 13 familias de ME en la etapa de desarrollo del cultivo y los individuos que sobresalieron fueron las orugas (tabla 2).

**Figura 2 Comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del suelo**



**Tabla 2 Macrofauna edáfica para la época de desarrollo del maíz en un área de 0.625 m<sup>2</sup>**

Época	Orden	Familia	Nombre común	Nº Individuos
Desarrollo	Lepidoptera	Scarabaeidae	Cucaracha	1
	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga	4
	Hemípteros	Cydnidae	Chinche	4
	Araneae	Lycosidae	Araña	3
	Haplotaxida	Lumbricidae	Lombriz	3
	Dermaptera	Forficulidae	Tijeras	1
	Isoptera	Termitidae	comejen	1
	Diptera	Muscidae	Mosca	2
	Coleoptera Linnaeus	Bostrichidae	Escarabajo	1
	Lepidoptera	Noctuidae	Oruga	11
	Coleópteros	Elateridae	Gusano	5
	Diptera	Culicidae	Zancudo	3
	Blattodea	Termitidae	Cochinilla	1
<b>Total</b>				<b>40</b>

*Índice de Shannon y Simpsons.* En la etapa de desarrollo el índice de Shannon arrojó el valor de 0.13, mientras que en la etapa de post cosecha el índice de Shannon resultó 0.48. En cuanto al índice de Simpsons se confirma la riqueza faunística, al señalar el mismo comportamiento con valores de 2.09 durante

la época de desarrollo del maíz y 7.69 para la época de la post cosecha (figura 3).

**Discusión**

Los individuos de ME pudo estar influenciado por la temperatura atmosférica y la del suelo, se observó

que el aumento de temperatura durante la época de la post cosecha se relaciona de manera directa con el número de individuos y su abundancia. Así como la eliminación de la vegetación, puede reducir la protección del suelo contra las variaciones climáticas, provocando una alta insolación, altas temperaturas y baja humedad, hace que el entorno edáfico de algunos individuos sea menos favorable para su supervivencia<sup>34</sup>. La humedad puede ser una limitante para las plantas, sin embargo, algunas especies de la fauna

del suelo han desarrollado mecanismos para tolerar las condiciones extremas de sequía<sup>35</sup>.

Figura 3 Comportamiento de la diversidad faunística

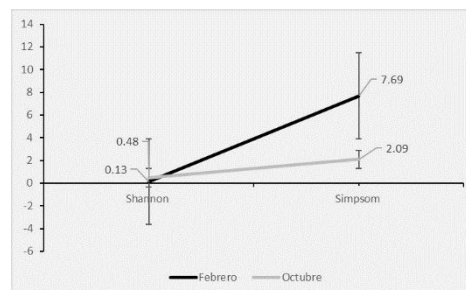


Tabla 3 Macrofauna edáfica para la época de post cosecha del maíz en un área de 0.625 m<sup>2</sup>

Época	Orden	Familia	Nombre común	Nº Individuos
Total, post cosecha	Lepidoptera	Scarabaeidae	Cucaracha	6
	Scolopendrida	Scolopendridae	Ciempies	4
	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga	86
	Hemipteros	Cydnidae	Chinche	4
	Araneae	Lycosidae	Araña	5
	Haplotaxida	Lumbricidae	Lombriz	1
	Isoptera	Termitidae	comejen	3
	Lepidoptera	Noctuidae	Oruga	8
	Coleópteros	Elateridae	Gusano	4
	<u>Diptera</u>	Culicidae	Zancudo	1
	Blattodea	Termitidae	Cochinilla	3
	Ortópteros	Grylloidea	Grillo	1
	<b>Total</b>			<b>126</b>

En la época de desarrollo del maíz se pudo observar mayor abundancia de orugas, se intuye su presencia por que se alimentan de hojas del maíz<sup>36</sup>, la presencia de lombrices de tierra en pequeñas cantidades en ambas épocas se atribuye a que estas tienden a prevalecer en ambientes edáficos húmedos, no compactados, con alto contenido de MO<sup>37</sup>. Sin embargo, la mayor cantidad de lombrices de tierra fue durante el desarrollo del maíz, los resultados tienen una relación con el desarrollo de estas plantas, dado las lombrices suelen salir de los suelos profundos en busca de medios favorables<sup>38</sup>.

En la etapa de post cosecha la mayor cantidad de individuos, hormigas, característico de la época de verano y restos panca del maíz, los sistemas de labranza

pueden influir en la abundancia de grupos depredadores<sup>39</sup>. Las hormigas son bioindicadores importantes, ya que estos se adaptan a diferentes regímenes de perturbación, como aumento del número de plantas invasoras, inhibición de la descomposición, niveles de contaminación, generalmente por agroquímicos<sup>40</sup>. El número de familias de macrofauna del suelo en cultivos de maíz es similar a la vegetación nativa<sup>41</sup>, quedando abierto la posibilidad de estudiarla en parcelas nativas aledañas. Las hormigas y termitas son clasificados como “ingenieros del ecosistema”<sup>42</sup>, presentes en suelos de baja altitud<sup>43</sup>. Las hormigas se observó su prevalencia en abundancia y resistencia en sistemas que tenían algún nivel de intervención antrópica<sup>44</sup>. La riqueza y abundancia de la macrofauna fueron los que coincidieron en época de postcosecha,

época de verano. La familia dominante en la mayoría de los sistemas de uso de la tierra fue Formicidae (hormigas)<sup>45</sup>, el cambio de uso del suelo puede ser una de las mayores amenazas para la biodiversidad del suelo<sup>46</sup>.

Cuando se observa resultados de menor densidad de macrofauna en la época de estiaje, no concuerda con los resultados de Jiménez *et al.*<sup>47</sup>, sin embargo, es válido la existencia de mayor presencia del orden Araneae (Arachnida).

Las variables tales como MO, afectan a la distribución de los grupos edáficos de fauna<sup>48</sup>, los valores de pH cercanos a 7, el número de individuos puede disminuir, sin embargo, esto está de acuerdo con el tipo uso del suelo<sup>49</sup>. En tanto en este estudio el pH estuvo entre 8.5 y 8.3 para la post cosecha. La temperatura y la humedad son factores que regulan la MO<sup>50,51</sup>, las lombrices de tierra, estuvo asociado con la MO y el pH, esto se constató, cuando la MO y el pH arrojaron valores altos, hubo mayor cantidad.

El índice de Shannon, así como el índice de Simpson, indica un comportamiento similar señalando la abundancia de la ME, se puede observar mayor abundancia en la época de post cosecha. Concordando con el estudio realizado por Reis-Ferreira *et al.*<sup>52</sup> señalo que la abundancia y la riqueza total en suelos de maíz fueron generalmente más altas en la estación seca. La riqueza específica de la ME de este sitio es baja, lo que posiblemente refleja el estado de degradación del suelo<sup>53</sup>. El índice de Shannon suele tener valores más altos en épocas de máxima de precipitación<sup>54</sup>. La MO es importante para diversificar las comunidades de ME en el suelo<sup>55</sup>.

La mayor abundancia se pudo observar durante la época de postcosecha, en tanto el mayor número de individuos que represento esta época fueron las hormigas, característica de suelos secos de baja altitud y estuvo asociada a los parámetros fisicoquímicos. La temperatura y los restos de panca de maíz durante la época de la post cosecha, pudo haber influido en el número de individuos (hormigas). La MO y el N es

característica de suelos húmedos donde se afirma al obtener valores altos en la época de desarrollo del maíz a diferencia de la época de la post cosecha arrojo valores bajos.

### **Fuente de financiamiento**

Los autores reconocen el financiamiento del Proyecto de Inversión Pública CEINCAFE (SNIP N° 352439), ejecutado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).

### **Conflictos de intereses**

Los autores declaran que la presente investigación no genera conflictos de interés.

### **Agradecimientos**

Agradecemos al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) y Al Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Región de Amazonas-Perú, por haber permitido utilizar sus ambientes.

### **Consideraciones éticas**

La aprobación de la investigación por el Comité de Ética, del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).

### **Contribución de los autores**

*Eli Morales Rojas*, autor principal del proyecto, diseño y ejecución. Así como el acompañamiento en la

interpretación de los datos relacionado a la macrofauna edáfica, elaboración y preparación del informe de investigación. *Segundo Chavez Quintana*, establecimiento de pruebas y sistematización de la información y revisión del manuscrito. *Roxana Hurtado Burga*, ha participado en el diseño de la investigación, sistematización de la información obtenida y elaboración del manuscrito científico. *Manuel Milla Pino*, ha participado en el diseño de la investigación, sistematización de la información obtenida y elaboración del manuscrito científico. *Tito Sanchez Santillan*, ha participado en el diseño de la investigación, sistematización de la información obtenida y elaboración del manuscrito científico. *Erik Martos Collazos Silva*, ha participado en el diseño de la investigación, sistematización de la información obtenida y elaboración del manuscrito científico.

## Literatura Citada

- Feng Y, Balkcom KS. Nutrient cycling and soil biology in row crop systems under Intensive tillage. In: Al-Kaisi MM, Lowery B, editors. Soil health and intensification of agroecosystems. New York: Academic Press; 2017. p. 231-55. DOI: [https://doi.org/10.1016/B978-0-12-8053171.0001\\_1-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-8053171.0001_1-7)
- Kamau S, Barrios E, Karanja NK, Ayuke FO, Lehmann J. Soil macrofauna abundance under dominant tree species increases along a soil degradation gradient. *Soil Biol Biochem* 2017;112:35-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.04.016>
- Lavelle P, Dolédec S, Arnaud de Sartre X, Decaëns T, Gond V, Grimaldi M. Unsustainable landscapes of deforested Amazonia: An analysis of the relationships among landscapes and the social, economic and environmental profiles of farms at different ages following deforestation. *Glob Environ Change* 2016;40: 137-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.04.009>
- Velasquez E, Lavelle P. Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. *Acta Oecol* 2019;100:103446. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103446>
- Frouz J, Roubíčková A, Heděnc P, Tajovský K. Do soil fauna really hasten litter decomposition? A meta-analysis of enclosure studies. *Eur J Soil Biol* 2015;68:18-24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.03.002>
- Sofo A, Mininni AN, Ricciuti P. Soil macrofauna: A key factor for increasing soil fertility and promoting sustainable soil use in fruit orchard agrosystems. *Agronomy* 2020;10(4): 456. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040456>
- Machaco Siqueira G, França Silva ÊD, Matos Moreira M, Araújo Santos A, Alves Silva R. Diversity of soil macrofauna under sugarcane monoculture and two different natural vegetation types. *Afr J Agric Res* 2016;11(30):2669-77. DOI: <https://doi.org/10.5897/ajar2016.11083>
- Decaëns T, Bureau F, Margerie P. Earthworm communities in a wet agricultural landscape of the Seine Valley (Upper Normandy, France) The 7th international symposium on earthworm ecology Cardiff Wales 2002. *Pedobiologia* 2003;47(5-6):479-89. DOI: <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00217>
- Lavelle P, Brussaard L, Hendrix P. Earthworm Management in Tropical Agroecosystems [Internet]. Wallingford: CABI Publishing is a division of CAB International; 1999 [citado 22-de octubre de 2021]. 314 p. Recuperado a partir de: <https://core.ac.uk/download/pdf/39848561.pdf#page=99>
- Ferrera Cerrato R, Alarcón A. The microbial activity in the agroecosystem. *Cienc Ergo Sum* 2001;8(2):175-83.
- Mancilla-Brindis RF, Rangel Ruiz LJ, Falcón-Brindis A, Gamboa Aguilar J, Valdez Leal JDD. Riqueza y abundancia de la macrofauna epigea en

- cuatro sistemas tropicales del estado de Chiapas, México. *Acta Zool Mex* 2017;33(3):464-71. DOI: <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3331147>
12. Medina MG, García DE, Moratinos P, Clavero T, Iglesias JM. Macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con *Morus alba*, *Leucaena leucophala* y pastos. *Zootecnia Trop* 2011;29(3):301-12.
  13. Gamboa JA, Suárez JC, Chaves JA. Macroinvertebrados edáficos asociados a rastrojos en paisaje de lomerío de la Amazonia colombiana. En: Orjuela Chávez JA, Suárez Salazar JC, editores. Valoración de rastrojos para la formación de sistemas silvopastoriles en la Amazonia colombiana. Florencia: Edith'ores, Florencia; 2011. p.116-128.
  14. Zamudio-Chavero A, Guzmán-Mendoza R, Salas-Araiza MD. Abundancia y diversidad de insectos edáficos en huertas de nogal pecanero. *Jóvenes en la ciencia* 2018;4(1):439-43.
  15. Pashanasi-Amasifuen B. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica* 2001;12(1-2):75-97. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v12i1-2.126>
  16. Amat G, Soto L. Efectos del uso actual del suelo sobre la macrofauna edáfica en la región del Guejar, Reserva Natural Integral La Macarena. *Meta* 1988;2(6-7):43-67.
  17. Pankhurst CE, Doube BM, Gupta VVSR, Grace PR. Soil biota: management in sustainable farming systems. Melbourne: CSIRO Publications; 1994. 262 p.
  18. Burger JC, Redak RA, Allen EB, Rotenberry JT, Allen MF. Restoring arthropod communities in coastal sage scrub. *Conserv Biol* 2002;17(2):460-7. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01325.x>
  19. Hidalgo G, Toledo W, Granados-Barba A. Diversidad y distinción taxonómica de la macrofauna en fondos blandos de la plataforma norte y suroccidental cubana. *Lat Am J Aquat Res* 2015;43(5):845-55. DOI: <https://doi.org/10.3856/vol43-issue5-fulltext-5>
  20. Barros E, Neves A, Fernandes ECM, Wandelli E, Lavelle P. Soil macrofauna community of Amazonian agroforestry systems. In: Jiménez F, Beer J, editors. International symposium: Multi-strata agroforestry systems with perennial crops: 22-27 February 1999. Tropical Agricultural Research and Training Center [Internet]. Turrialba: CATIE; 1999 [citado 3 de agosto de 2020]. p. 166-70. Recuperado a partir de: [https://www.researchgate.net/publication/278597651\\_Multistrata\\_agroforestry\\_systems\\_with\\_perennial\\_crops](https://www.researchgate.net/publication/278597651_Multistrata_agroforestry_systems_with_perennial_crops)
  21. Araujo-Vergara YM. Oligoquetos sob adição de liteira e sua relação com a disponibilidade de nitrogênio em solos de capoeira na Amazônia Central [tesis maestrado]. [Manaus]: Universidade do Amazonas; 2000 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <https://bdtd.inpa.gov.br/handle/tede/3139>
  22. Castilho as Silva G. Efeito da qualidade do substrato na biomassa microbiana do solo de uma capoeira da Amazônia Central [tesis maestrado]. [Manaus]: Universidade do Amazonas; 2000 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <https://bdtd.inpa.gov.br/handle/tede/3137>
  23. Villalobos FJ, Ortiz-Pulido R, Moreno C, Pavón-Hernández NP, Hernández-Trejo H, Bello J, et al. Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea miz* durante la fase postcosecha en “la mancha”, Veracruz, México. *Acta Zool Mex* 2000; (80):167-83.
  24. Pérez-Agis E, Vázquez García M, González Eguiarte D, Pimienta Barrios E, Nájera Rincón MB, Torres Morán P. Sistemas de producción de maíz y población de macrofauna edáfica. *Terra Latinoam* 2004;22(3):335-41.
  25. Bustamante Sánchez G. Plan Estratégico Concertado de Desarrollo-Provincia Utcubamba [Internet]. Chiclayo: Centro de Investigación Capacitación Asesoría Y Promoción; 2004 [citado 22-de



- octubre de 2020]. 193 p. Recuperado a partir de: [https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/11823/PLAN\\_11823\\_Plan\\_Estrat%C3%A9gico\\_Concertado\\_de Desarrallo\\_%E2%80%933\\_Provincia\\_Utcubamba\\_2011.pdf](https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/11823/PLAN_11823_Plan_Estrat%C3%A9gico_Concertado_de Desarrallo_%E2%80%933_Provincia_Utcubamba_2011.pdf)
26. Chávez Santa Cruz G, Sevilla Panizo R, Vásquez Núñez L, Ramos Delgado HF, Fernández Vásquez EJ, Vásquez Arca LP, et al. Servicio de prospección, colección, elaboración de mapas de distribución y estudio socioeconómico y de conocimientos tradicionales asociados al cultivo de las razas de maíz [Internet]. Lima: Ministerio de Medio Ambiente; 2015 [citado 22-de octubre de 2020]. 179 p. Recuperado a partir de: [https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/maiz\\_13regiones\\_2015.pdf](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/02/maiz_13regiones_2015.pdf)
27. Montanarella L, Pennock D, Neil McKenzie N. Estado mundial del recurso del suelo [Internet]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y agricultura; 2016 [citado 12-de noviembre de 2020]. 34 p. Recuperado a partir de: <http://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>
28. Campos Baca L, Rodríguez Achung F, Guzmán Castillo W, Florián Huayán C, Reátegui Reátegui F, Escobedo Torres R. Zonificación ecológica y económica del departamento de Amazonas [Internet]. Lima: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana; 2010 [citado 2-de octubre de 2020]. 199 p. Recuperado a partir de: <https://sinaia.minam.gob.pe/documentos/propuesta-zonificacion-ecologica-economica-departamento-Amazonas>
29. Anderson JM, Ingram JSI. Tropical soil biology and fertility a handbook of methods. [Internet]. Wallingford: CAB International; 1993. [citado 22-de octubre de 2020]. 237 p. DOI: <https://doi.org/10.2307/2261129>
30. Medrano Meraz MJ, Hernández FJ, Corral Rivas S, Nájera Luna JA. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. Rev Mex Cienc Forestales 2017;8(40):57-68. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.36>
31. Estrada-Herrera IR, Hidalgo-Moreno C, Guzmán-Plazola R, Almaraz Suárez JJ, Navarro-Garza H, Etchevers-Barra JD. Soil quality indicators to evaluate soil fertility. Agrociencia 2017;51(8): 813-31.
32. Walkley A, Black IA. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 1934;37(1):29-38. DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-19340100-00003>
33. Reyes Dixson Y, Nuñez Maturel L. El análisis estadístico aplicado a la gestión de la enseñanza para la toma de decisiones. Rev Cuba Cienc Informát 2015;9(3):113-27.
34. Matos PS, Barreto-García PAB, Scoriza RN. Effect of different forest management practices on the soil macrofauna in the arboreal caatinga. Rev Caatinga 2019;32(3):741-50. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n318rc>
35. Villalobos FJ, Ortiz-Pulido R, Moreno C, Pavón-Hernández NP, Hernández-Trejo H, Bello J, et al. Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea mays* durante la fase postcosecha en "La Mancha", Veracruz, México. Acta Zool Mex 2000;(80):167-83.
36. Hall D, Meagher RR, Nagoshi R, Irey M. Monitoring populations of adult fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in Florida sugarcane using pheromone traps, with special reference to genetic strains of the pest. Proc ISSCT [Internet]. 2005 [citado 5 de octubre de 2020]; 25: 784-7. Recuperado a partir de: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/22401/MONITORING%20POPULATIONS.pdf>
37. Chocobar Guerra EA. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaeozem some-

- tido a diferentes sistemas de manejo en un experimento de larga duración [tesis maestría]. [Montecillo]: Instituto de Enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas; 2010 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <https://es.scribd.com/document/340836339/Chocobar-Guerra-EA-MC-Edafologia-2010-pdf>
38. Baizán S, Vicente F, Martínez-Fernández A. Management influence on the quality of an agricultural soil destined for forage production and evaluated by physico-chemical and biological indicators. *Sustainability* 2021;13(9):5159. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13095159>
39. Maria de Aquino A, da Ferreira da Silva RF, Mercante FM, Fernandes Correia ME, Guimarães MDF, Lavelle P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. *Eur J Soil Biol* 2008;44(2):191-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.05.001>
40. Wink C, Carus Guedes JV, Kurzman Fagundes C, Rovedder AP. Soilborne insects as indicators of environmental quality. *Rev Ciênc Agrovet* 2005;4(1):60-71.
41. Santos DP, Schossler TR, Lima dos Santos I, Batista Melo N, Guimarães Santos G. Soil macrofauna in a Cerrado/Caatinga ecotone under different crops in Southwestern Piauí State, Brazil. *Ciênc Rural* 2017;47(10):e20160937. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160937>
42. Lavelle P, Decaëns T, Aubert M, Barot S, Blouin M, Bureau F, et al. Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur J Soil Biol* 2006;42(Suppl 1):S3-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>
43. Velasquez E, Lavelle P. Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. *Acta Oecol* 2019;100:103446. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103446>
44. Cabrera G. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes* 2012;35(4):349-64.
45. Cabrera Dávila GDLC, Sánchez Rendón J (dir), López Iborra G (dir). Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba [tesis doctoral]. [Alicante]: Universidad de Alicante; 2019 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/88889>
46. Nielsen UN, Wall DH, Six J. Soil biodiversity and the environment. *Annu Rev Environ Resour* 2015;40:63-90. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021257>
47. Jiménez JJ, Moreno AG, Decaëns T, Lavelle P, Fisher MJ, Thomas RJ. Las comunidades de lombrices en las sabanas nativas y en los pastizales introducidos de los Llanos Orientales de Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía colombiana 220 Colombia. En: Jiménez JJ, Thomas RJ, editores. *El arado natural: Las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia* [Internet]. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical; 2003. p. 57-75. Recuperado a partir de: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/arado\\_natural.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/arado_natural.pdf)
48. Kraft E, Oliveira Filho LCID, Carneiro MC, Klauberg-Filho O, Baretta CRDM, Baretta D. Edaphic fauna affects soybean productivity under no-till system. *Sci Agric* 2021;78(2):e20190137. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0137>
49. Huerta Lwanga E, Rodríguez-Olán J, Evia-Castillo I, Montejo-Meneses E, de la Cruz-Mondragón M, García-Hernández R. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoam* 2008;26(2):171-81.
50. Rojas P. El papel de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en la dinámica edáfica. In: Alvarez-

- Sánchez J, Naranjo-García E, editores. Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Xalapa: Instituto de Biología y Facultad de Ciencias UNAM; 2003. p. 197-216.
51. McCallum HM, Wilson JD, Beaumont D, Sheldon R, O'Brien MG, Park KJ. A role for liming as a conservation intervention? Earthworm abundance is associated with higher soil pH and foraging activity of a threatened shorebird in upland grasslands. *Agric Ecosyst Environ* 2016;223:182-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.005>
52. Reis Ferreira C, Nascimento Guedes J, Sérgio Rosset J, Anjos LHC, Pereira MG. Diversity of the edaphic macrofauna in areas managed under no-tillage for different periods. *Semin Cienc Agrar* 2019;40(2):599-610. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p599>
53. Lavelle P, Pashanasi B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia* 1989;33:283-91.
54. Suarez Salazar JC, Duran Bautista EH, Rosas Patiño G. Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana. *Acta Agron* 2015;64(3):214-20. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.38033>
55. De la Rosa IN, Negrete-Yankelevich S. Distribución espacial de la macrofauna edáfica en bosque mesófilo, bosque secundario y pastizal en la reserva La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México. *Rev Mex Biodiv* 2012;83(1):201-15. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.1.788>

**Nota del Editor:**

*Journal of the Selva Andina Biophere (JSAB)* se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales publicados en mapas y afiliaciones institucionales.