

## **Diversidad de fauna del suelo y la interacción con las propiedades químicas en bosques de Mirafior-moro potente, Estelí-Nicaragua**

### **Diversity of soil fauna and interaction with chemical properties in forests of Mirafior-Moro Potente, Estelí-Nicaragua**

Cesar Adan Fuentes Hoyos  
Francela Anahi Delgadillo Pérez  
Hair Alexander Cruz Mendoza

Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
(UNAN Managua/FAREM Estelí)  
Correo electrónico: anahidelgadillo@gmail.com

#### **Resumen**

El cambio del uso de la tierra provoca la pérdida de la biota y la degradación del hábitat, afectando a los servicios ecosistémicos. Estas relaciones han sido poco estudiadas en los paisajes de Mirafior-moropotente y en particular existe un vacío de conocimiento sobre el estudio de la fauna edáfica. El objetivo del presente estudio fue evaluar la diversidad de fauna edáfica para comprender la influencia que tienen estos organismos en las propiedades químicas (Nitrógeno, Carbono, Fosforo). Se utilizó la metodología estándar propuesta por Soil Bon para la recolección e identificación de fauna edáfica en la cual se evalúa la abundancia y riqueza de cada familia encontrada y la relación de estos individuos con las propiedades químicas del suelo. Se obtuvieron un total de 494 individuos agrupados en 26 órdenes, de los cuales se identificaron 58 familias, las familias más dominantes fueron: Philosciidae, Formicidae y Parasitidae. El bosque húmedo presentó mayor abundancia en el número de individuos, sin embargo, el bosque seco presentó mayor riqueza. En cuanto, a las propiedades químicas, el nitrógeno y carbono presentaron relaciones positivas con el número de individuos, al contrario del fosforo que presentó una relación negativa. Se puede concluir que los bosques de Mirafior (bosque húmedo y bosque seco) presentan una amplia abundancia y riqueza de fauna edáfica.

**Palabras clave:** Abundancia, Riqueza, fauna edáfica, suelos, bosques.

#### **Abstract**

The change in land use causes the loss of biota and habitat degradation, affecting ecosystem services. These relationships have been little studied in the landscapes of Mirafior-moropotente and in particular there is a gap in knowledge regarding the study of edaphic fauna. The objective of the present study was to evaluate the diversity of edaphic fauna to understand the influence that these organisms have on chemical properties (Nitrogen, Carbon, Phosphorus). The standard methodology proposed by Soil Bon was used for the collection and identification of edaphic fauna in which the abundance and richness of each family found and the relationship of these individuals with the chemical properties of the soil are evaluated. A total of 494 individuals grouped into 26 orders were obtained, of which 58 families were identified, the most dominant families were: Philosciidae, Formicidae and Parasitidae. The humid forest presented greater abundance in the number of individuals, however, the dry forest presented greater richness. Regarding chemical properties, nitrogen and carbon presented positive relationships with the number of individuals, unlike phosphorus, which presented a negative relationship. It can be concluded that the Mirafior forests (humid forest and dry forest) present a wide abundance and richness of edaphic fauna.

**Keywords:** Abundance, Wealth, edaphic fauna, soils, forests.

## **Introducción**

Los sistemas agrícolas tienen gran influencia sobre los organismos del suelo, incluyendo sus actividades y su biodiversidad. El aclareo de terrenos forestales para cultivos afecta al entorno del suelo y reduce drásticamente la cantidad y número de especies y organismos de este (FAO, 2023). Como afirma Lavelle y España (2001) la fauna del suelo impulsa muchos procesos y funciones claves del ecosistema es decir que estos organismos son los encargados de descomponer la materia orgánica (MO) y el reciclaje de nutrientes siendo estos indispensables para el ciclo biológico de los cultivos, que desde el punto de vista agronómico es la fuente primaria de mayor interés.

La pérdida de biodiversidad es rápida y continua. Durante los últimos 50 años, los seres humanos hemos cambiado los ecosistemas más rápida y extensamente que en cualquier otro periodo comparable de la historia de la humanidad. Las causas directas de la pérdida de biodiversidad no muestran señales de disminución (Hasselink et. al. 2007). En la búsqueda de antecedentes se encontraron un número reducido de investigaciones científicas en el país que indiquen el efecto que tiene la presencia de estos organismos en las funciones específicas del suelo.

La macro fauna y meso fauna juegan un papel crucial en el suministro de las funciones ecosistémicas y el mantenimiento de la calidad del suelo (Escobar Montenegro et al., 2017). Por otra parte, la pérdida de biodiversidad asociada a la transformación de ecosistemas naturales a cultivo, modifica el flujo de nutrientes y energía que requieren la intervención humana para mantener la función productiva del sistema (Altieri, 1999, como se cita en Escobar Montenegro et al., 2017).

Puesto que Nicaragua se considera un país productivo a nivel agrícola y existen numerosas transformaciones en el ambiente para lograr cubrir una demanda alimenticia y económica, la agricultura intensiva se ha vuelto común. Sin embargo, las acciones han traído repercusiones, donde se remarca una disminución de la calidad del suelo. Por ende, se considera preciso abordar la investigación sobre la diversidad de fauna edáfica. Para así llegar a relacionar la presencia de estos con las propiedades químicas del suelo y el impacto que se provoca en los suelos al convertir áreas forestales en aprovechamiento agrícola.

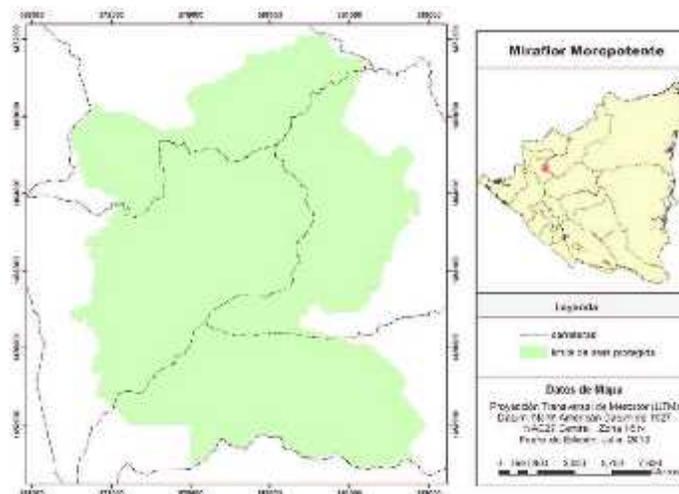
Creando así una guía informativa donde futuros profesionales, instituciones y productores puedan tener una serie de resultados que indiquen la relación de estos organismos con el suelo y como ellos pueden adaptar esa información a sus áreas productivas maximizando el aprovechamiento de sus recursos edafológicos siendo de una manera más sostenible y sustentable con el ambiente. El objetivo de la investigación fue evaluar la diversidad de fauna edáfica y la influencia que tienen estos organismos en las propiedades químicas del suelo, en bosques húmedos y bosques secos de Miraflores-Moropotente, Estelí-Nicaragua.

## Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra ubicada en el paisaje terrestre protegido Mirafior – Moropotente, ubicado en la región central norte, y ocupa territorios de los municipios de Estelí y Condega en el departamento de Estelí, y de San Sebastián de Yalí y La Concordia del departamento de Jinotega. Esta área se encuentra dividida en diversas tipologías del uso del suelo como son bosque húmedo, bosque seco, bosque de transición, bosque de pino-roble, bosque latifoliado y bosque de galería. Los tipos de suelos de la zona son: molisoles, ultisoles y vertisoles (Marena 2000, como se citó en Vásquez, 2012) (Figura 1).

### Figura 1

*Mapa del área de estudio Mirafior Moropotente Fuente: (Ruiz et al., 2013).*

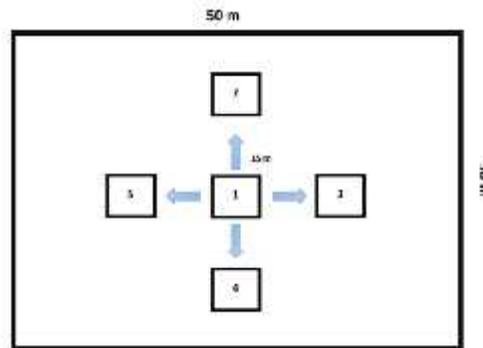


La investigación estuvo basada en un diseño de campo (no experimental), que consistió en la recolección de datos primarios directamente de los suelos investigados, sin manipular o controlar variable alguna, es decir sin alteración de las condiciones existentes. Con un enfoque cuantitativo que probara una hipótesis con base en la medición numérica y análisis estadísticos (Sampieri, 2000). La población investigada fueron los bosques presentes en el área protegida de Mirafior Moropotente (seco y húmedo). La muestra fueron tres parcelas de bosque seco y tres parcelas de bosque húmedo.

Se utilizó una metodología común para la recolección e identificación de fauna edáfica establecida por una red de colaboración intercontinental: (The soil biodiversity observation network, 2022). En cada repetición de parcela se extrajeron las muestras de suelo dirigidas desde el centro hacia los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) obteniendo cinco puntos de muestreo (Figura 2) se utilizaron dos instrumentos (monolito y recolección manual).

## Figura 2

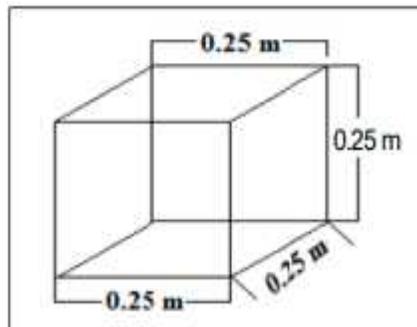
*Distribución de los puntos de muestreo en las áreas investigadas.*



Se extrajeron muestras de toda la capa de hojarasca fresca (horizonte OL, hojarasca no fragmentada) presente en el sitio en una dimensión de 25 cm<sup>2</sup>, se empacaron en bolsas plásticas y se etiquetaron para luego ser procesada en campo fuera de las parcelas, de forma manual se revisó hoja por hoja en busca de fauna edáfica presente, fueron recolectadas con pinzas y se empacaron en pequeños frascos plásticos con alcohol al 96% para ser almacenados para su posterior identificación y se utilizó un monolito que tiene una medida de 25 x 25cm, (figura 3), el cual se enterró en el suelo a una profundidad de 10 cm, esto sirvió para extraer un cuadrado de suelo no homogenizado el cual se empaco en bolsas plásticas y se trasladó al laboratorio. Dicha muestra sirvió para extraer la fauna edáfica mediante el método de extracción seca expuesta a calor.

## Figura 3

*Diseño del monolito para recolección de muestras de suelo*



Se tomaron las variables de abundancia, riqueza y propiedades químicas del suelo (nitrógeno, carbono, fosforo) como las más representativas e indispensables en el proceso fisiológico de las plantas y así valorar el impacto que tiene la presencia de estos en los suelos. La variable abundancia fue evaluada a través del número de individuos totales por orden, familia y por tipo de bosque y riqueza mediante los índices de Simpson y Shannon. Las propiedades químicas del suelo fueron

analizadas en el laboratorio del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Para ello, se recolectaron un total de 20 submuestras, que fueron vaciadas en una cubeta limpia, desmenuzadas en partículas pequeñas y luego mezcladas muy bien con la mano, hasta que el conjunto fuera homogéneo

La muestra recolectada con el monolito fue expuesta a calor utilizando extractores Berlesse-Tullgren, en los soportes para embudos se coloca embudos de papel o cartón con un tamaño aproximado de 30 cm de largo, sobre este se coloca un tamiz con una malla de 2 mm, debajo de los embudos se ubican viales llenos de etanol al 96% (con etiquetas) y se extrae una pequeña parte de la muestra sin homogeneizar que pese aproximadamente 49 gramos. Se colocan sobre el tamiz y en la parte superior a 15 cm de altura sobre la muestra se colocan bujillas de 40 W, las cuales calentarán la parte superior de la muestra provocando que la fauna edáfica migre hacia los viales con etanol. La extracción se realizó por un periodo de 7 días y se controló la temperatura con un termómetro de mercurio para que esta no sobrepase los 50 °C así se evita una muerte de los organismos presentes y el proceso de migración no se lleve a cabo.

Para la identificación de los organismos recolectados se utilizaron manuales de identificación y guías descriptivas de macroinvertebrados edáficos, con el fin de lograr identificarlos hasta el nivel de orden y familia; la identificación de estructuras y morfo tipos fueron de gran importancia al momento de la identificación de la fauna edáfica, para esto se utilizó un estereoscópico LBM LUXEO 4Z Zoom 4144000, Zoom 0,8 a 3,5x/8x a 35x, para una identificación más clara y concisa. Además, se realizó un registro fotográfico para posteriormente verificar con la base de datos de internet, de esta manera se logró obtener una descripción acertada de todas las especies identificadas.

Para probar si existen diferencias significativas en el número de individuos y familias edáficas por tipo de bosque se realizaron modelos lineales generales mixtos. El bosque fue declarado efecto aleatorio, se probaron diferentes estructuras de varianza residual para evaluar la falta de homogeneidad de varianza, el supuesto de normalidad fue evaluado con la prueba de Q-Q plot y la prueba de Shapiro-Wilks, los mejores modelos se seleccionaron de acuerdo con los criterios de información AIC y BIC. En todos los análisis se reportaron medias  $\pm 1$  error estándar y las medias se compararon usando la prueba de LSD Fisher ( $P < 0,05$ ).

Se realizó curvas de rarefacción y extrapolación basada en números de individuos de la diversidad de fauna edáfica usando los números de Hill, ya que permite estimar la riqueza verdadera de una comunidad ( $q = 0, 1, 2$ ) (Chao et al. 2014), para comparar la diversidad gamma: riqueza de especies ( $q = 0$ ), número efectivo de especies comunes ( $q = 1$ ) y número efectivo de especies dominantes ( $q = 2$ ). Este método permite extrapolar la riqueza efectiva de especies a un cierto número de individuos. En este estudio, las curvas de rarefacción/extrapolación se estimaron como la media de 100 ejecuciones de arranque repetidas para construir los intervalos de confianza del 95% y se estandarizaron para 494 individuos dado que este era el número máximo de individuos registrados. Siempre que las curvas se traslapan no indican diferencias significativas en los bosques.

El análisis estadístico para determinar la relación entre las propiedades químicas del suelo y los números de individuos fueron ejecutados con el programa InfoStat, a través de regresiones lineales, tomando las variables como una dependiente de la otra. Se tomó la fauna edáfica como una variable

dependiente, mientras que las propiedades físicas químicas fueron una variable independiente. Todos los análisis se realizaron utilizando InfoStat v2019 y R v3.5.1 (incluir cita que envíe hoy).

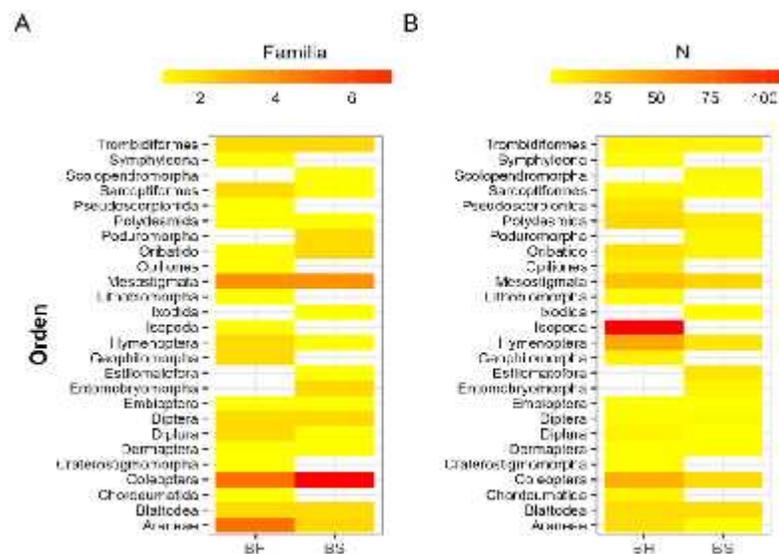
## Resultados y discusión

### Abundancia y riqueza de macrofauna y mesofauna presentes en los bosques húmedos y bosques secos de Miraflores-Moropotente

En los dos tipos de bosques muestreados, se encontraron una totalidad de 494 individuos agrupados en 26 órdenes de los cuales se identificaron 58 familias, la familia Philosciidae (124), Formicidae (53) y Parasitidae (35) fueron las más abundantes en los sitios evaluados (Figura 4). Según, Rodríguez et al., (2021), la familia Formicidae, Isóptera y Oligochaeta, fueron las familias más abundantes en un sistema agroforestal, a diferencia de la investigación mencionada, nuestros resultados indicaron que la familia más predominante fue Philosciidae, ya que son organismos detritívoros y se alimentan de materia orgánica en descomposición, su presencia es más abundante en bosques con altos contenidos de materia vegetal; como lo es la zona de bosques húmedos de Miraflores moropotente.

### Figura 4

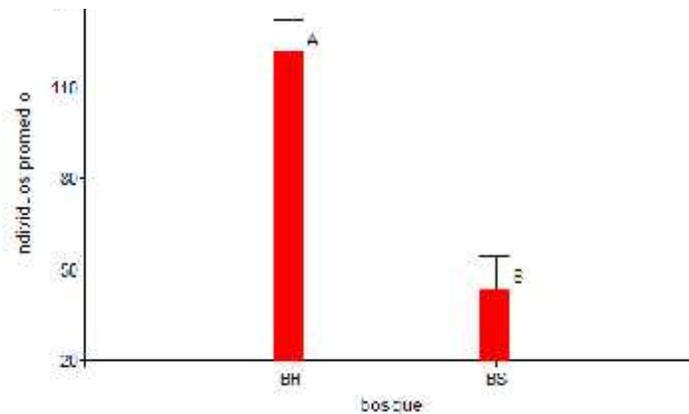
Abundancia de órdenes y familias por tipo de bosque (BH=Bosque húmedo, BS=Bosque seco).



Se encontraron diferencias estadísticas significativas en número de individuos por tipo de bosque ( $F=24.44$ ;  $P=0.0078$ ). Indicando altos contenidos de materia orgánica en los suelos del bosque húmedo en comparación al bosque seco, puesto que, estos organismos son descomponedores de materia vegetal. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el número de familia (Figura 5).

### Figura 5

Abundancia de número de individuos por tipo de bosque (BH= Bosque húmedo y BS=Bosque seco).

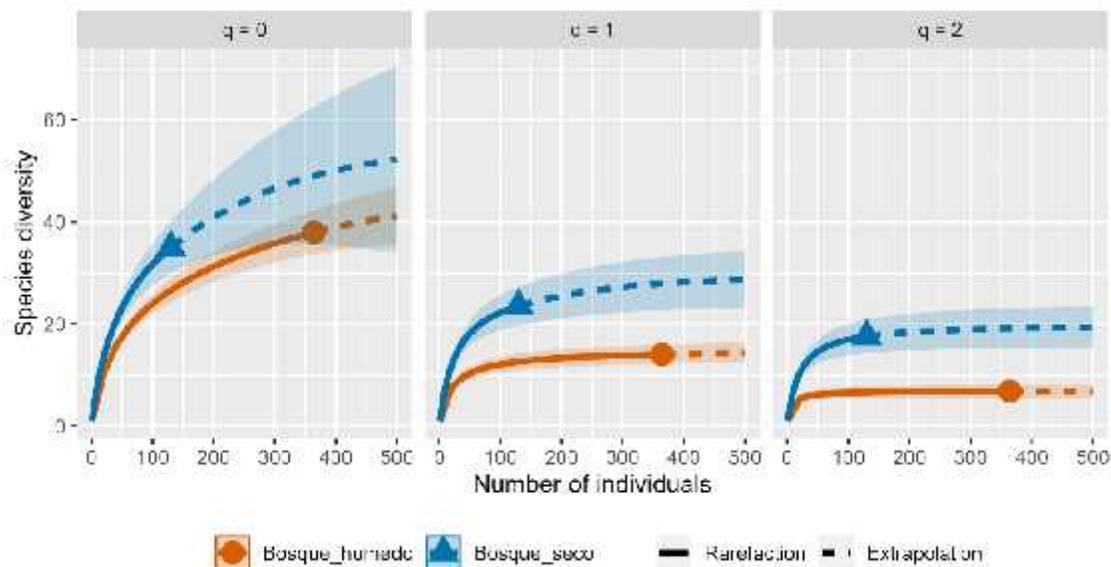


Las curvas de rarefacción indican que la riqueza gama a nivel de familia fue estadística mente similar en los bosques húmedos y secos ( $F= 1.27$ ;  $P= 0.3221$ ). se muestra una similitud donde las curvas se extrapolaron (unión de ambas curvas) y en algún punto del plano estas se unirán cuando el número de muestras se mayor (figura 6).

El número de familias comunes fue mayor en el bosque seco en relación de bosque húmedo; de forma similar el número de familias dominantes fue superior en el bosque seco en relación con el bosque húmedo basándose en los índices de Simpson y Shannon. Según, Cabrera & Robaina, (2011) indica que la riqueza de fauna edáfica será mayor en bosques a comparación de las explotaciones agrícolas, aun teniendo la presencia de árboles. Por ende, los resultados de este estudio reafirman que las mayores riquezas de especies se encuentran en los bosques, principalmente en aquellos donde el nivel de perturbación es mínimo.

**Figura 6**

*Curvas de rarefacción para los dos tipos de bosque (q=0 riqueza de especies, q=1 número efectivo de especies comunes, q=2 número efectivo de especie dominante)*



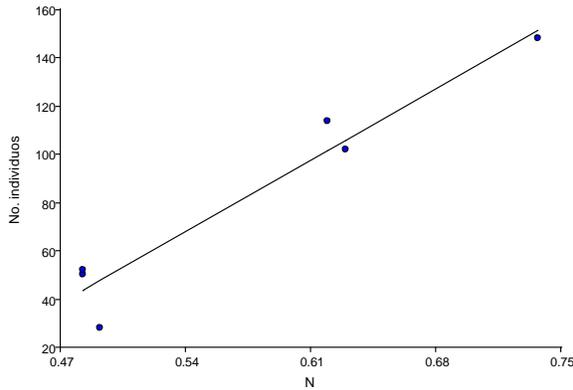
### **Relación entre la diversidad de fauna del suelo y las propiedades fisicoquímicas de los bosques investigados**

Existe una relación lineal positiva entre el número de individuos, el nitrógeno ( $F=58.47$ ;  $P=0.0016$ ) y carbono ( $F=26.66$ ;  $P=0.0067$ ), por tanto, a mayor disponibilidad de nitrógeno (Figura 7) y carbono (Figura 8) mayores números de individuos.

Así pues, Cabrera, (2001), menciona que los individuos pertenecientes a la fauna edáfica requieren nitrógeno para sintetizar sus tejidos y carbono como fuente de energía, por lo tanto, la investigación reafirma que al tener un alto nivel de nitrógeno y carbono presentes en el suelo el número de individuos será mayor, ya que tendrá un ambiente óptimo para su plorifleracion

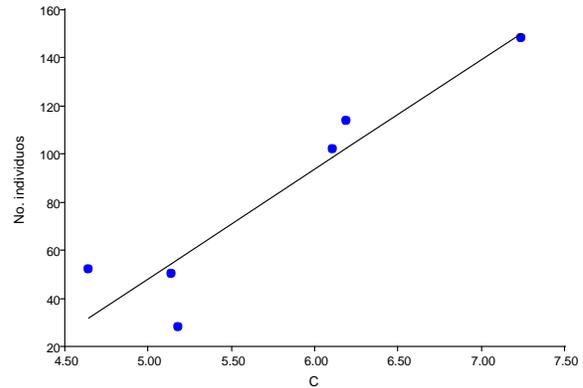
**Figura 2**

*Relación de número de individuos y nitrógeno (N) disponible en los bosques investigados.*



**Figura 8**

*Relación entre número de individuos y carbono (C) presente disponible en los bosques investigados.*



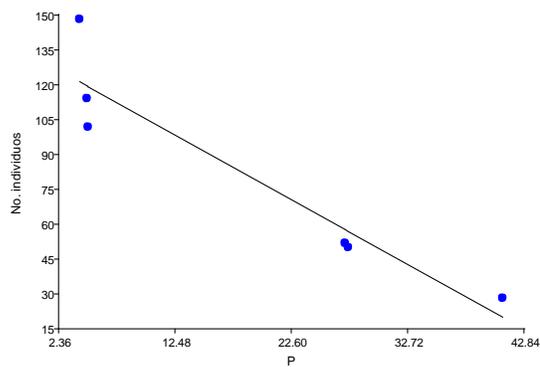
### Fosforo (P)

Se evidencia una relación inversa entre número de individuos y el contenido de fosforo en el suelo ( $F=31.68$ ;  $P=0.0049$ ), es decir, a medida que disminuye el fosforo disponible en el suelo aumenta el número de individuos presentes (Figura 9).

En cuanto a Talavera et al., (2017), indica que la abundante presencia de los ingenieros de suelo influye en la disponibilidad de fosforo, no obstante, la investigación refleja una relación negativa puesto que el aumento del fosforo disminuye la cantidad de individuos. Probablemente se deba a que el mayor número de individuos presentes en el bosque son organismos descomponedores de ámbito detritívoro los cuales se encargan de degradar los restos de origen vegetal.

**Figura 9**

*Relación entre número de individuos y fosforo (P) disponible en los bosques investigados.*



## **Conclusión**

El bosque húmedo presentó mayor abundancia en números de individuos a nivel de familia. Es decir, que había pocas familias, pero altos números de individuos en cada una de estas, ya que, el área estudiada presentaba las condiciones edafoclimáticas óptimas para un correcto funcionamiento de la biota del suelo y un correcto reciclaje de nutrientes del suelo. En cuanto a la riqueza no se mostraron diferencias significativas en ambos bosques

Por lo tanto, al encontrarse diversidad de fauna edáfica en ambos bosques los niveles de fósforo en el suelo fueron bajos sin embargo los niveles de nitrógeno y carbono fueron elevados ya que estos organismos son los encargados de descomponer la materia vegetal y realizar el reciclaje de nutrientes, mismos nutrientes que son indispensables para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo.

## Referencias bibliográficas

- Cabrera-Dávila, G. de la C. (2014). Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. Autor: Grisel de la C. Cabrera-Dávila.
- Escobar Montenegro, A. D. C., Filella, J. B., & González Valdivia, N. A. (2017). Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 22, 39–49. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i22.4520>
- FAO. (2023). Clasificación del suelo. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/es/>
- HALLEY, R. . (1983). manual agrícola. *Manual de Agricultura*, 21, 23.
- Louman, B., Quirós, D., & Nilsson, M. (2001). Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central.
- Martínez, Y. P. C. (2022). Soil macrofauna, mesofauna and microfauna and their relationship with soil quality in agricultural areas in northern Colombia: Ecological implications. In *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* (Vol. 46). <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20210132>
- Network, T. S. B. O. (2022). Monitoreo global de las comunidades de animales del suelo usando una metodología común. *Resumen. Metodologia*.
- Reginald S. Fletcher, D. K. F. (2019). No Title. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=2631126>
- Rodríguez, L., Soares, J. C., & Pulleman, M. (2021). Los sistemas agroforestales en la Amazonía.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2013). Multitemporal analysis of land use change in the Terrestrial Protected Landscape Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. *Ecosistemas*, 22(3), 117–123. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-3.16>

Sampieri, R. H. (2000). Metodología de la investigación.

Talavera, N., Alvaro, Reyes-Sánchez, Nadir, & Mendieta-Araica, B. (2017). Alvaro Noguera-Talavera<sup>1</sup>, Nadir Reyes-Sánchez<sup>2</sup>, Bryan Mendieta-Araica<sup>2</sup>.

Trávez Galárraga, K. A. (2020). Diversidad de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la calidad del suelo en un gradiente de intensidad de uso de la tierra en La Esperanza-Pedro Moncayo-Ecuador. Universidad Central Del Ecuador, 2–7.  
<https://www.rufford.org/files/Manual Práctico Sobre la Macrofauna del Suelo.pdf>

Vásquez, H. J. M. (2012). *Estudio de la composición florística del bosque ripario en la microcuenca La Pita, municipio de Estelí, Nicaragua.*