



Ledesma Sarmiento Giovany Eduardo
Magister en Calidad, Seguridad y Ambiente, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental. Lcdo. en Saneamiento Ambiental, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Médicas.
Consultor ambiental para varias agencias de las Naciones Unidas y empresas privadas e instituciones.



Palacios Cabrera Teresa Alejandra
Ingeniera química, máster en gestión y auditorías ambientales, docente de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental Universidad Central del Ecuador, consultora en gestión integral de residuos sólidos, mitigación al cambio climático, elaboración de estudios de impacto ambiental, planes de manejo y auditorías ambientales.
e-mail: teresaalejandrap3@gmail.com

COMPARACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES ENTRE LAS TÉCNICAS DEL EFECTO INDUCIDO Y EL EFECTO ESPONTÁNEO, UTILIZADOS EN LA MICROSÍSMICA DE BAJA FRECUENCIA PARA EXPLORAR PETRÓLEO

RESUMEN

La presente investigación se centró en el valor porcentual que afecta a la mesofauna edáfica, una vez aplicadas las técnicas del efecto Inducido y Espontáneo de la microsísmica, en la exploración de petróleo en la Amazonia.

Para el análisis de la mesofauna edáfica se utilizó como bioindicadores las variedades: Arácnidos, Ciempiés (Artrópodos) y lombrices (Anélida); para el efecto, se establecieron tres áreas de estudio; uno en cada punto de aplicación de las técnicas del efecto Inducido y efecto Espontáneo de la microsísmica y un tercero, realizado en un punto equidistante de los dos anteriores como medida de control comparativa del estado y conservación de la mesofauna edáfica en el sector.

En cada área de estudio se utilizó la metodología de "Muestreo en Cruz" que consiste en el trazado de 2 transectos en forma de cruz (+) de 51 m cada uno, donde se establecieron 10 sitios de muestreo de 1 m² cada uno, separados a 5 m de distancia, de donde se extrajeron 5 bloques de suelo de 20x20x20 cm, dando un total de 20 puntos de muestreo por área estudiada, lo que dio un total de 100 bloques cuantificados. Para el caso de las áreas de aplicación de la microsísmica, el punto de intersección de los transectos se ubicó en el centro de ejecución de las actividades. Al comparar porcentualmente entre las dos técnicas de la microsísmica la afectación a la mesofauna edáfica, respecto a la reducción de especímenes, se determinó que en el área de la técnica del Efecto Espontáneo se redujo un 39%. Mientras que en el área de la técnica del Efecto Inducido, la mesofauna edáfica se redujo un 61%; siendo la técnica del Efecto Inducido causante de mayor afectación en un 22%.

Palabras clave: *afectación, bioindicadores, efecto espontáneo, efecto inducido, microsísmica.*

ABSTRACT

This research focused on the determination of the allocation percentage to the soil mesofauna generated by the application of the techniques of Induced and spontaneous effect of microseismic, used for oil exploration in the Amazon.

For the analysis of soil mesofauna was used as bioindicators to Arachnids, Centipede (Arthropods) and worms (Anelida), to the effect varieties three study areas were established; one at each point of application of the techniques of induced effect and spontaneous effect of microseismic, and a third made at a point equidistant from the two previous comparative measure as state control and soil conservation mesofauna in the sector.

the methodology of "Sampling Cruz" which consists in tracing two transects crosshair (+) of 51m each was used in each study area, where 10 sampling sites 1m² each, separated 5m they settled away, where five blocks 20x20x20cm extracted soil, giving a total of 20 sampling points per area studied, giving a total of 100 quantized blocks. In the case of the application areas of microseismic, the point of intersection of the transects was located in the center of implementation of activities. Comparing percentage between the two techniques microseismic involvement mesofauna the soil, on the reduction of specimens, it was determined that in the area of application of the technique of Spontaneous Effect decreased 39%. While in the area of application of the technique effect induced mesofauna the soil it was reduced by 61%. As the technique of induced effect causing greater involvement by 22%.

Keywords: *affectation, bioindicators, spontaneous effect, induced effect, microseismic.*

cimiento que sobrepasa los contornos del mismo, y que es captado mediante un sensor de baja frecuencia (Arutiunov S.L., Grafov B.M., Dvornikov V.V., Karnaujov S.M., Kuznetsov O.L., Sirotinskiy I.V., Suntsov A.E. 1992-2010).

El Efecto Inducido consiste en la aplicación de una influencia externa de vibración, la cual provoca una radiación obligada del yacimiento de petróleo, esto conlleva al acrecentamiento agudo de la potencia espectral de la radiación microsísmica sobre el yacimiento de petróleo, (Arutiunov S.L., Grafov B.M., Karnaujov S.M., Kuznetsov O.L., Sirotinskiy I.V., Suntsov A.E. 1992-2010).

Este trabajo de investigación se realizó en el sector Pin-do Mirador, del cantón Mera provincia de Pastaza.

Al aplicar la microsísmica se observa, afectación directa e indirecta principalmente al suelo, sobre todo a la estructura biológica como es la mesofauna edáfica.

La mesofauna del suelo intercede en los procesos de descomposición de la materia orgánica y en la aceleración y reciclaje de los nutrientes. Los grupos que la integran son reguladores del proceso trófico del medio edáfico, al ayudar en la formación de su microestructura con sus aportes de deyecciones, excreciones, secreciones y con sus propios cadáveres, además, a decir del mismo autor, son conocidos como catalizadores de la actividad microbiana. (García, A. y Bello, A., 2004).

Por lo antes expuesto, se utilizó a la mesofauna edáfica como bioindicador, para determinar el valor porcentual de afectación al suelo, al aplicar las técnicas del efecto Inducido y Espontáneo de la microsísmica, empleadas para explorar petróleo.

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha aumentado el interés por la prospección microsísmica, como una nueva técnica de búsqueda de petróleo; según los autores, este es un método de pronóstico directo de yacimientos de petróleo, mediante dos técnicas establecidas; el efecto Inducido y el Espontáneo, que fueron elaborados en Rusia y patentados a principios del año 1992 y luego en el año 1998, convirtiéndose en pioneros en la búsqueda de petróleo, a través de la microsísmica, (S.L. Arutyunov, et al. 1993, O.L. Kuznetsov, S.L. Arutyunov. 2003).

La tecnología microsísmica de prospección de petróleo se fundamenta, según los autores, en las siguientes definiciones:

El Efecto Espontáneo se produce por la potencia espectral de la radiación de fondo microsísmica sobre el ya-

2 MATERIAL Y MÉTODOS

Se procedió a realizar el análisis de la mesofauna directamente en el suelo, aplicando el método de conteo in situ, mediante el "Muestreo en Cruz" propuesto por: D. Ruilova, en el año 2015.

Los bioindicadores de la mesofauna edáfica considerados en la cuantificación fueron: los artrópodos: ciempies y arácnidos; los anélidos: lombrices.

Se realizó la cuantificación de la mesofauna edáfica, de cada área afectada por la aplicación de las técnicas de microsísmica. Luego se realizó la comparación del nivel de afectación a la mesofauna entre las dos técnicas de microsísmica, teniendo como referencia el muestreo realizado, como medida de control en un punto equidistante, para lo cual se procedió de la siguiente manera:

a) Se realizó la ubicación, trazado y medición de cada área de estudio, estableciendo el mismo diseño del “Muestreo en Cruz” conformado por 2 transectos que forman una cruz (+) de 51 metros de distancia cada uno, para lo cual el punto afectado por la microsísmica se ubicó en el centro de la intersección de los transectos, según se observa en el siguiente esquema.

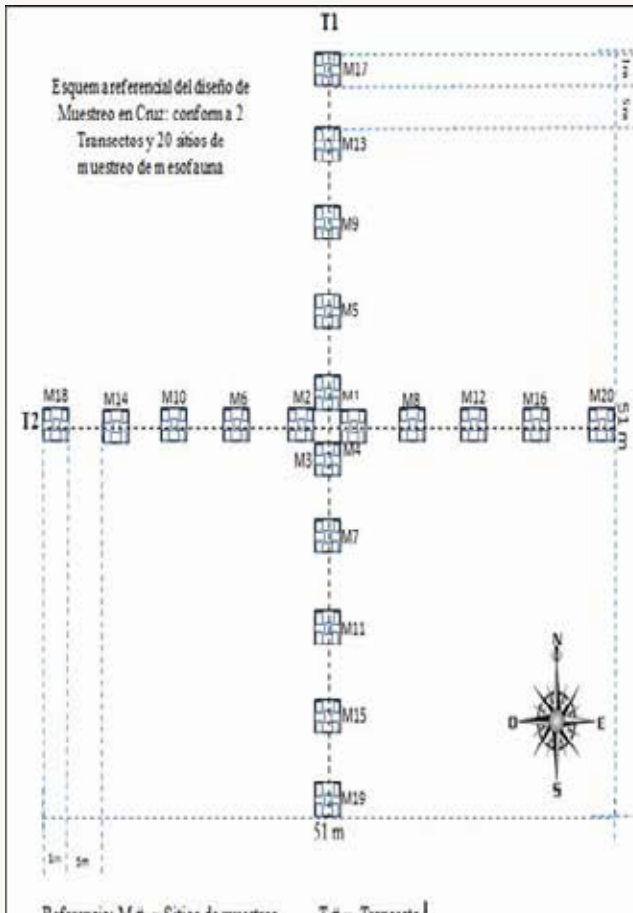


Figura 1. Esquema del diseño para el muestreo de mesofauna edáfica. Elaborado por: Flavio Nogales, 2015

b) En cada transecto se establecieron 10 sitios de muestreo de 1 metro cuadrado cada uno, separados por 5 metros de distancia, dando un total de 20 sitios muestreados por área de estudio.

c) El estudio en el área establecida como medida de control, se realizó antes de aplicar las mediciones de las técnicas de microsísmica, con la finalidad de evitar la mínima perturbación ambiental.

d) Las evaluaciones de la mesofauna edáfica en las áreas de aplicación de las técnicas de microsísmica, se realizó después de ejecutadas las respectivas actividades.

e) La cuantificación de la mesofauna edáfica en las tres áreas de estudio se realizó empezando por los sitios próximos a los puntos de intersección de los transectos, es decir desde la muestra M1 de manera consecutiva hasta la muestra M20.

f) La extracción de los bloques de suelo se realizó de manera consecutiva, para evitar al máximo la perturbación a la mesofauna edáfica por las labores de muestreo.

g) En cada sitio de muestreo se realizó 5 mediciones, distribuidas una en cada esquina y una en el centro del cuadrante, cada bloque de suelo analizado dentro de la muestra fue de 20 cm x 20 cm y por 20 cm de profundidad, dando un total de 100 cuantificaciones de mesofauna por área de estudio, según se describe en la figura 2.

h) Posteriormente, con la ayuda de las herramientas adecuadas se procedió a extraer por bloques el suelo (monolitos) y colocar en bandejas de polietileno para el conteo de campo de los organismos visibles, con el uso de agujas de disección y pinzas pequeñas, se incluyó en la revisión, la hojarasca superficial dentro del cuadrante.

i) La cuantificación, en campo de la mesofauna, se realizó separando los especímenes extraídos según la variedad estudiada, para luego contabilizarlos y devolverlos al medio natural, en los sitios donde se aplicó las técnicas del efecto Inducido y Espontáneo de la microsísmica para la exploración petrolera.

j) Para el registro de la cuantificación de la mesofauna edáfica, se utilizó formularios previamente establecidos, donde se registró la cantidad de especímenes de acuerdo a cada clase estudiada, la cantidad, el sitio de muestreo y el área de conteo, entre otros datos.

k) Luego se procedió a la sistematización, comparación y evaluación de resultados de la mesofauna edáfica, sobre la base de los datos registrados en los formularios de campo, con la ayuda de equipos y programas informáticos.

l) Se realizó un registro fotográfico y se verificó con las bases de datos de guías validadas, de esta manera se logró obtener la identificación de todas las especies registradas en cada punto de muestreo.

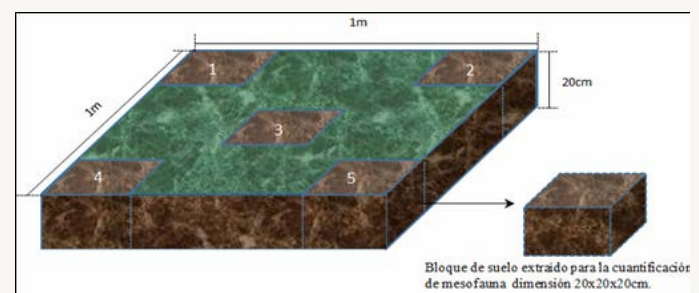


Figura 2. Diseño de los sitios de muestreo de la mesofauna. Elaborado por: Flavio Nogales, 2015

3 RESULTADOS

RESULTADOS DEL CONTEO DE LA MESOFAUNA REALIZADO COMO MEDIDA DE CONTROL

Se utilizó una medida de control del estado no alterado de la mesofauna edáfica, previo a la ejecución de las actividades de la microsísmica.

Se realizó la cuantificación. Se extrajo 5 bloques de cada sitio de muestreo, iniciando desde la muestra M1 tratando de no perturbar el área de estudio. Se observó cantidades de mesofauna con variaciones mínimas de una muestra a otra. Observar la figura 3.

RESULTADO DE LA CUANTIFICACIÓN DE LA MESOFAUNA EN EL ÁREA DEL EFECTO ESPONTÁNEO

Aplicando la microsísmica con la técnica del Efecto Espontáneo, se evaluó el estado de la mesofauna cuantificando un total de 100 bloques en 20 sitios de muestreo.

Se observó que en las muestras más cercanas al punto de aplicación de la microsísmica, existió menos especímenes y, conforme más se alejan los sitios de muestreo del punto de las actividades, hay incremento y estabilización de miembros de las poblaciones de la mesofauna edáfica, según se observa en la figura 4.

RESULTADO DEL ESTUDIO DE LA MESOFAUNA EN EL ÁREA DEL EFECTO INDUCIDO

Aplicada la microsísmica con Efecto Inducido, se evaluó la mesofauna de un total de 100 bloques de suelo, tomados de 20 puntos de muestreo.

Con la ayuda del sistema informático se observó que: en las muestras cercanas al punto de aplicación de la microsísmica, la presencia de mesofauna es mucho menor respecto a las muestras subsiguientes; es decir conforme el conteo se aleja del punto central donde realizaron las actividades de microsísmica, la mesofauna aumenta en cantidad, según se observa en la figura 5.

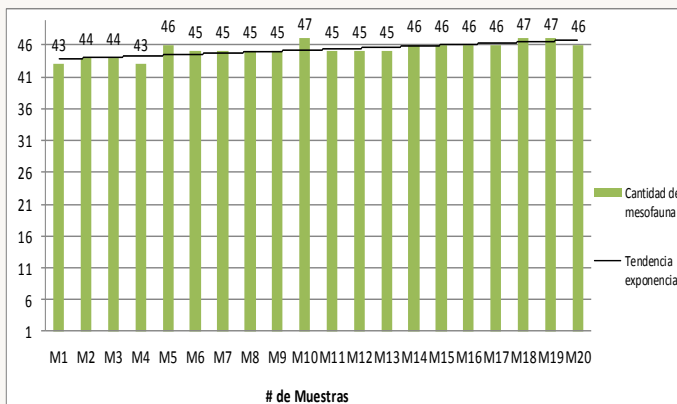


Figura 3. Resultado de la cantidad de mesofauna según cada muestra. Elaborado por: Flavio Nogales, 2015

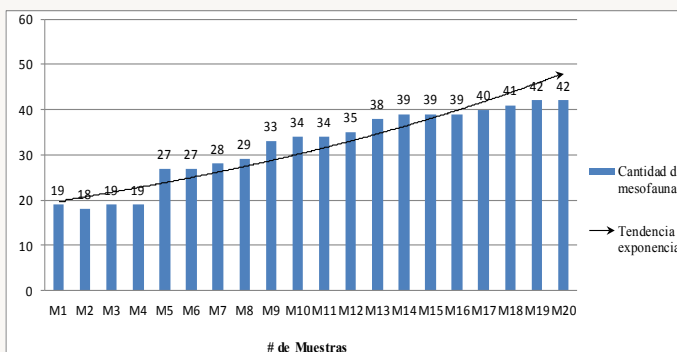


Figura 4. Resultado de la cantidad de mesofauna según cada muestra. Elaborado por: Flavio Nogales, 2015

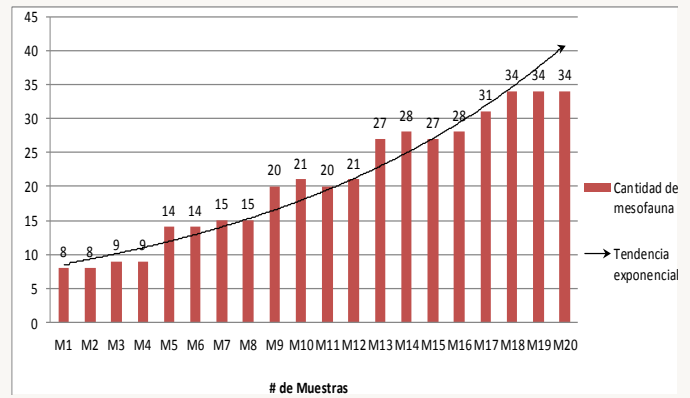


Figura 5. Resultado del conteo de la mesofauna en el efecto Inducido. Elaborado por: Flavio Nogales, 2015

4 DISCUSIÓN

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA MESOFAUNA EDÁFICA

Al comparar los resultados porcentuales de la mesofauna edáfica, obtenidos de los estudios realizados en las dos áreas en las cuales se aplicó las técnicas del Efecto Inducido y del Efecto Espontáneo de la microsísmica, observamos que en las primeras muestras existe una diferencia considerable en la reducción de mesofauna entre las dos técnicas de microsísmica. En tal sentido la muestra M1 presenta una diferencia del 40%, la muestra M2 del 38%, las muestras M3 y M4 el 36% de reducción, esto se atribuye a que las primeras muestras estuvieron más cercanas a los puntos de aplicación de la microsísmica.

Se demuestra, además, que conforme el muestreo se aleja del punto de aplicación de las técnicas de microsísmica, los valores tienden a equilibrarse entre sí. Sin embargo, se observa que en todas las muestras comparativas los valores porcentuales de mesofauna, son menores en la técnica del Efecto Inducido.

Cabe resaltar que, mientras mejor se distribuya el valor porcentual en las barras, significa que el nivel de perturbación a la mesofauna edáfica fue menor, según se observa en la figura 6.

Al unificar los valores totales de la mesofauna cuantificada en cada área de aplicación de las técnicas de microsísmica, y compararlos porcentualmente obtenemos que: en la técnica del Efecto Inducido se redujo en un 61% de mesofauna edáfica. Mientras que en la técnica del Efecto Espontáneo se redujo el 39% de especímenes, existiendo mediante este nivel de análisis comparativo un 22% de diferencia de afectación, según se observa en la figura 7.

ANÁLISIS PORCENTUAL DE LA AFECTACIÓN A LA MESOFAUNA EN LA TÉCNICA DEL EFECTO ESPONTÁNEO, RESPECTO A LA MEDIDA DE CONTROL.

El presente análisis se refiere a la comparación porcentual, de los resultados de los muestreos de mesofauna realizados en el área de aplicación de la técnica del Efecto Espontáneo de la microsísmica, con los valores obtenidos en el estudio realizado como medida de control.

Observamos que en las primeras cuatro muestras la mesofauna edáfica cuantificada, disminuye considerablemente: Las muestras, M1 y M4 representa el 44% de mesofauna, existiendo una disminución del 56% respecto a la medida de control, la muestra M2 presenta el 41% de mesofauna, por lo que se deduce una disminución del 59%, la muestra M3 representa el 43% de mesofauna por lo que se redujo el 57% la mesofauna respecto a la medida de control. En las subsiguientes muestras se observa una tendencia al aumento de los valores porcentuales de cada una.

En términos generales se puede observar que, conforme los muestreos se alejan del punto de aplicación de la microsísmica, la cantidad de mesofauna aumenta, es decir la alteración en las últimas muestras es mínima, en relación a los resultados obtenidos en el área estudiada, como medida de control; en la figura 8 se presentan los valores porcentuales encontrados en cada muestra.

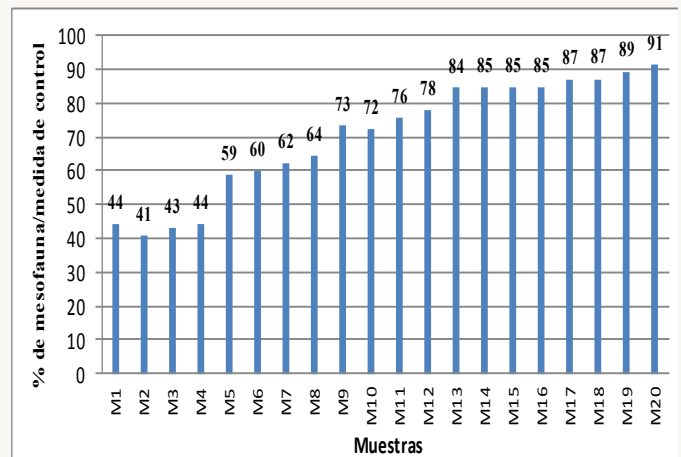


Figura 8. Disminución porcentual de la mesofauna en el efecto espontáneo. Elaborado por: Flavio Nogales, 2015

ANÁLISIS PORCENTUAL DE LA AFECTACIÓN A LA MESOFAUNA EN LA TÉCNICA DEL EFECTO INDUCIDO, RESPECTO A LA MEDIDA DE CONTROL

Al realizar el análisis comparativo porcentual, de los resultados de los muestreos de mesofauna realizados en el área de aplicación de la microsísmica, con los valores obtenidos en el estudio efectuado como medida de control, observamos que existe una disminución considerable de la mesofauna edáfica.

Al respecto se identifica que: en el primer cuadrante que conforma las primeras cuatro muestras la mesofauna edáfica cuantificada representa el 19% en la muestra M1, siendo la reducción del 81% de mesofauna; en la muestra M2 representa el 18% de mesofauna por lo que existe una reducción del 82%; se observa que la muestra M3 presenta el 20% de mesofauna, existiendo una reducción de 80% de mesofauna y el 21% de mesofauna en la muestra M4, por lo que la reducción equivale al 79%, que fueron los porcentajes más bajos de mesofauna encontrada en esta área de estudio.

En el siguiente cuadrante de muestras se observa que los resultados porcentuales son: el 30% de mesofauna en la muestra M5, el 31% en la muestra M6, el 33% de mesofauna en las muestras M7 y M8 respectivamente, notando que conforme el análisis de la mesofauna edáfica, se aleja del punto de aplicación de la microsísmica, se observa un aumento en la presencia de especímenes.

En los subsiguientes cuadrantes que abarcan cuatro muestras cada uno, nota un aumento progresivo de la mesofauna encontrada en cada sitio de muestreo.

En términos generales se puede señalar que, mientras más cerca están los muestreos del punto de aplicación de la microsísmica con la técnica del Efecto Inducido, la cantidad de mesofauna disminuye significativamente (ver figura 9); en relación a los resultados obtenidos en el área establecida

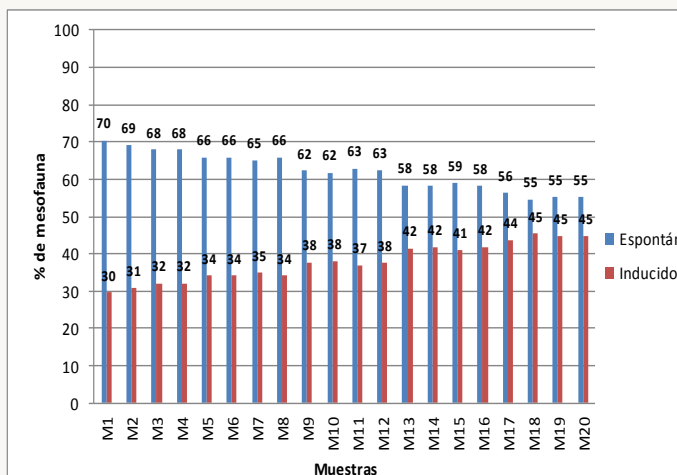


Figura 6. Comparación unificada por muestra de la mesofauna entre las técnicas de microsísmica. Elaborado por: Flavio Nogales, 2015

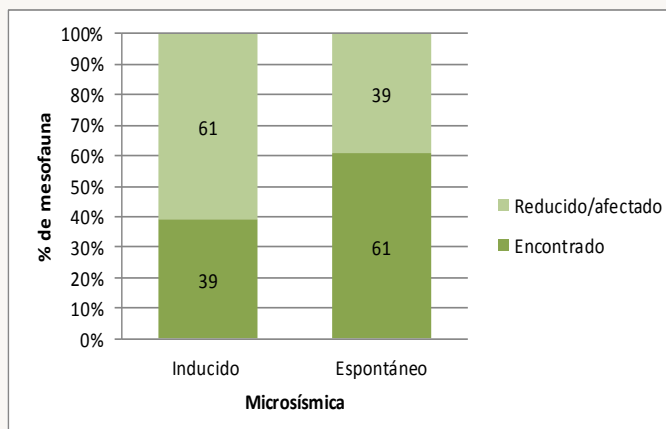


Figura 7. Comparación unificada total de la mesofauna entre las técnicas de microsísmica. Elaborado por: Flavio Nogales, 2015

como medida de control; en el siguiente gráfico se presentan los valores porcentuales encontrados en cada sitio de muestreo.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA DIFERENCIA PORCENTUAL DE AFECTACIÓN A LA MESOFAUNA SEGÚN LA VARIEDAD EN CADA TÉCNICA DE MICROSÍSMICA

Al realizar el análisis comparativo de los resultados porcentuales de la mesofauna edáfica según las variedades cuantificadas, en las áreas de aplicación de cada una de las dos técnicas de microsísmica tanto del efecto Inducido y Espontáneo, y contrastado con los resultados obtenidos en el área establecida como medida de control, se determinó lo siguiente:

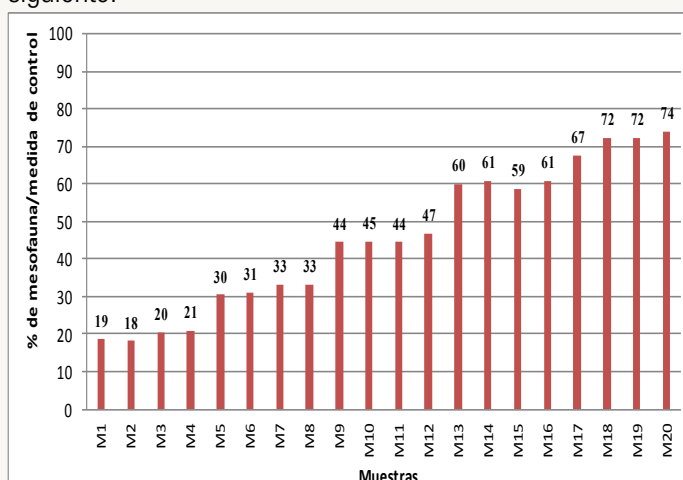


Figura 9. Disminución porcentual de la mesofauna en el efecto inducido. Elaborado por: Flavio Nogales, 2016

En cuanto a la variedad **arácnidos** observamos que, en el área donde se aplicó la técnica del efecto Inducido se registró un 48%, mientras que en esta misma variedad se encontró el 73% de especímenes en el área de aplicación de la técnica del efecto Espontáneo, cabe resaltar que en los dos casos se contrastó con el valor de la medida de control que equivale al cien por ciento. En el mismo sentido, se determina que existe un valor diferencial de 25% de especímenes encontrados entre las dos técnicas mencionadas.

Respecto a la variedad de mesofauna **ciempiés** se determina que, en el área de aplicación de la técnica del efecto Inducido se registró un 50% de especímenes, respecto a los resultados de la medida de control; mientras que en esta misma variedad se encontró el 70% de especímenes en el área de aplicación de la técnica del efecto Espontáneo, en comparación con los resultados de la medida de control que es el cien por ciento. En efecto se observa que existe un valor diferencial de 20% de especímenes encontrados entre las dos técnicas.

En referencia a la variedad de mesofauna **lombrices**, se obtiene que, en el área de aplicación de la técnica del

efecto Inducido se registró un 43% de especímenes, respecto a los resultados de la medida de control; en el mismo sentido, respecto a esta misma variedad se encontró el 70% de especímenes en el área de aplicación de la técnica del efecto Espontáneo, en comparación con los resultados de la medida de control que representa el cien por ciento. Por lo que se observa que existe un valor diferencial de 27% de especímenes encontrados, entre las dos técnicas.

Además se puede acotar que la variedad de mesofauna/Lombrices representa el menor porcentaje respecto a las demás variedades dentro de la misma técnica de microsísmica; y en términos generales se observó menor cantidad de especímenes según las variedades estudiadas (arácnidos, ciempiés y lombrices), en el área donde se aplicó la técnica del efecto Inducido, Según se observa en la figura 10.

ANÁLISIS COMPARATIVO RESPECTO A LA AFECTACIÓN DE LA MESOFAUNA SEGÚN LA PROXIMIDAD DEL PUNTO DE MEDICIÓN DE LAS DOS TÉCNICAS DE MICROSÍSMICA.

Se determina que en la técnica del Efecto Inducido el valor promedio del primer cuadrante que conforman las 4 muestras iniciales (M1 hasta M4), es 19,5%, mientras que el valor promedio del último cuadrante es de 71% de mesofauna, siendo la diferencia porcentual el 51,5% de afectación debido a la reducción de la mesofauna edáfica.

En el mismo sentido se determina que en la técnica del Efecto Espontáneo el valor promedio del primer cuadrante que conforman las 4 muestras iniciales (M1 hasta M4), es 43%, mientras que el valor promedio del ultimo cuadrante es de 88,5% de mesofauna, siendo la diferencia entre estos dos valores de 45,5% de mesofauna afectada por la reducción. Según se muestra en la figura 11.

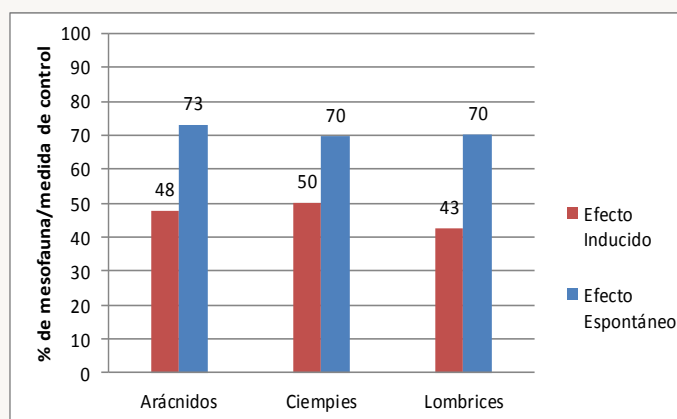


Figura 10. Comparación con la medida de control, de la disminución de mesofauna respecto a la variedad. Elaborado por: Flavio Nogales, 2016

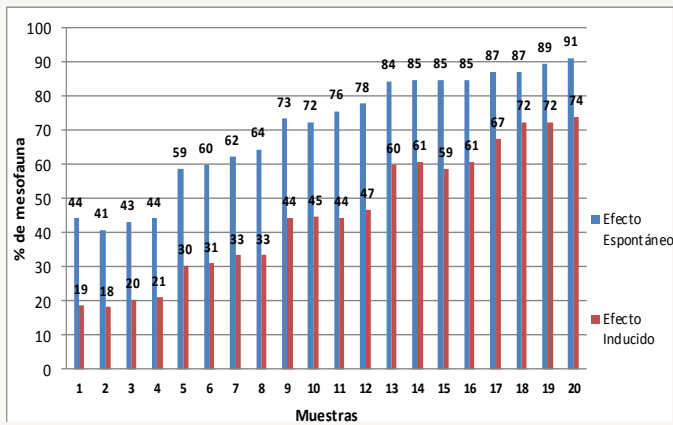


Figura 11. Comparación porcentual diferenciada de la mesofauna. Elaborado por: Flavio Nogales, 2016

5 CONCLUSIONES

a) En términos porcentuales se concluye que la técnica del Efecto Inducido, en las actividades de microsísmica, afecta en un 61% a la mesofauna edáfica; en tanto que en la técnica del Efecto Espontáneo, la afectación es del 39%. Siendo la diferencia porcentual de mayor afectación para la técnica del Efecto Inducido en un 22%.

b) Se concluye que el valor porcentual de afectación a la mesofauna edáfica estudiada, en el área de aplicación de la técnica del Efecto Espontáneo, de la microsísmica es del 29%, en relación a los resultados de la medida de control establecida.

c) Se concluye que el valor porcentual de afectación a la mesofauna edáfica, en el área de aplicación de la microsísmica, con la técnica del Efecto Inducido, corresponde al 54%, respecto al resultado obtenido como la medida de control.

d) Se concluye que la diferencia porcentual de afectación o reducción a la mesofauna edáfica según las variedades estudiadas, en las áreas de aplicación de las técnicas del Efecto Inducido y del Efecto Espontáneo, de la microsísmica son: arácnidos el 25%, ciempies 20% y lombrices el 27% de reducción en la técnica del Efecto Inducido.

e) Utilizando el primer y último cuadrante de muestras, en términos porcentuales, se concluye que la reducción de la mesofauna edáfica es de 45,5%; respecto a la proximidad del punto de medición de la microsísmica al aplicar técnica del Efecto Espontáneo. Mientras que en la técnica del Efecto Inducido se registró una reducción del 51,5%.

f) Se concluye que la metodología planteada en la presente investigación sí es aplicable, en la investigación de la afectación a la mesofauna edáfica, por la aplicación de las técnicas de microsísmica, utilizadas para explorar petróleo en la Amazonia.

RECOMENDACIONES

a) Dependiendo de las condiciones ambientales, para procesos de exploración de yacimientos de petróleo en la Amazonía mediante la microsísmica; se recomienda utilizar la técnica del Efecto Espontáneo, porque la afectación a la mesofauna edáfica es menor que, en la técnica del Efecto Inducido.

b) Se recomienda utilizar la técnica del Efecto Espontáneo de la microsísmica, en áreas altamente sensibles destinadas a la conservación, porque el grado de la afectación a la mesofauna edáfica es menor.

c) Es recomendable utilizar la técnica de microsísmica de Efecto Inducido, en áreas altamente intervenidas por acciones antrópicas lo cual disminuye el riesgo ambiental, debido a que la afectación a la mesofauna edáfica es mayor.

d) Se recomienda para estudios de mesofauna edáfica, como parte de la metodología, realizar cuantificaciones in situ de la mesofauna, lo cual permite contar con registros reales de los organismos vivos.

e) Se recomienda para estudios de mesofauna edáfica, establecer como bioindicadores a las distintas variedades de mesofauna, siendo los más representativos: los arácnidos, los ciempies y las lombrices, que muestran el estado real del nivel de perturbación de los suelos estudiados.

f) Es recomendable que los planes de remediación ambiental se enfoquen en los sitios más cercanos a los puntos de medición de la microsísmica ya que son los lugares donde se observa mayor reducción de la mesofauna edáfica.

g) Se recomienda utilizar la metodología planteada (Muestreo en Cruz) en la presente investigación, con la que se cubre toda el área posiblemente afectada; además de ser muy práctica para cualquier tipo de suelos a estudiar.

h) Debido a la facilidad de traslado de equipos por el poco volumen de carga y menor perturbación ambiental, es recomendable aplicar la microsísmica con la técnica del Efecto Espontáneo en áreas más agrestes y sin facilidades viales.

i) La capacidad de resiliencia de la mesofauna edáfica en la técnica del Efecto Inducido es sobre el 90% en aproximadamente un año. Mientras que en la técnica del efecto espontáneo es al 100% en alrededor de 6 meses; el factor tiempo en ambos casos está dado en función de las variables climáticas y ambientales del lugar de estudio y del nivel de perturbación de las actividades.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, S. Misael. Ecología y Fitoecología. Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito. Ecuador 1977.
- Aguilera, S. M., 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. pp. 77-85.
- Albuja, L. y ARCOS, R. 2007. Lista de Mamíferos Actuales del Ecuador. Quito: s.n., 2007. págs. 7-33, en *Politécnica* 27 (4) *Biología* 7.
- Anderson, J, & Ingram. Programa de Biología Fertilidad de los Suelos Tropicales, TSBF, 1989.
- Bedano JC. 2004. Comunidades de invertebrados edáficos en el examen de calidad de suelos en agroecosistemas del sur de Córdoba. Tesis Doctoral, UNRC. 390 pp.
- Bolford, Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz: El País, 2000.
- Cañadas, L. Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador; Quito, 1983.
- Cerón, C. Manual de Botánica, Quito – Ecuador, 1996.
- Cevallos J, Ospina P. Evaluación de Impactos e Indicadores Ambientales en el Ecuador, Quito – Ecuador, Mayo 1999.
- Chocobar, A., 2010. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias, Especialista en Edafología.
- ENTRIX AMÉRICAS S.A. Estudio de Impacto ambiental. Fase de producción, Desarrollo, Transporte y Almacenamiento. Proyecto de Desarrollo del Campo Villano – Bloque 10. Arco oriente, inc. 1998.
- Ferris, H., Bongers, T. y Goede, R. G. M. (2001) 'A framework for soil food web diagnostics: Extension of the nematode faunal analysis concept', *Applied Soil Ecology*, vol. 18, no 1, pp. 13–29.
- FREDES, N., MARTINEZ, P., V. B. & OSTERRIETH, M., 2009. Microartrópodos como indicadores de disturbio antrópico en entisoles del área recreativa de Miramar. *Ciencia del suelo*, Volumen 27, pp. 89-101.
- Gallardo, A., Delgado, M. & Morillas, L. y C. F., 2009. Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta.. *Ecosistemas*, pp. 18(2):4-19.
- García, A. y Bello, A., 2004. Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost. Eco-Biología del Suelo y el Compost., p. 211.
- Google Earth, 2015.
- Meza, T. Componente faunístico, Plan de Manejo del Bosque del Oglan Alto, Estación científica de la Universidad Central, Proyecto Juri Kawsay. Arajuno, Pastaza, 2006.
- Moreno, C. E. Métodos para medir la biodiversidad. M & T - Manuales y Tesis Sea. Zaragoza. 84 pp, 2001.
- Nogales, F., J. Valencia, C. Cueva, J. Gómez, F. Cupueran, A. Onofa y A. Agreda. 2006. Informe técnico de la Evaluación Ecológica Rápida de la Cuenca Baja del río Pastaza.
- O.L. Kuznetsov, S.L. Arutyunov, y otros "Anchar tecnología Rusa de infrasonidos: La práctica única de exploración y desarrollo de los recursos de petróleo y gas". Conferencia Geofísico -Internacional "300 años de Rusia SGA", San Petersburgo., 2000, p. 183.
- O.L. Kuznetsov, S.L. Arutyunov, y otros. "Aspectos teóricos de los yacimientos de petróleo y gas modelo de tecnología de la radiación infrasonido Anchar." Conferencia -Internacional Geofísica y Exposición "Geofísica del siglo XXI - un gran avance en el futuro", M., 2003.
- O.L. Kouznetsov, S.L. Arutiunov, etc. Inducido Sismo acústico emisión - Bases para Nuevas Tecnologías de Identificación de fluidos ". - EAGE 67ª Conferencia y Exposición, Madrid, 2005.
- Rojo López, J. (1988). Teoría y Práctica de la compactación. Dynapac. Madrid.
- Oliveros Rives, F. (1957). compactación de suelos por vibración. Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Madrid.
- D'Apolonia, D.J., Whitman, R.V., Dappolonia, E. (1969) (Sand Compaction with Vibratory Rollers). *Journal of the Soils Mechanics and Foundation Division. Proceedings of the American Society of Civil Engineers.*
- Kelm, M. y Grabbe, J. (2004). Numerical simulation of granular soils with vibratory rollers.
- S.L. Arutyunov, O.L. Kuznetsov y otros "El método Anchar - campos efectivos de petróleo y gas de tecnología de búsqueda en la computadora.". - Conferencia Internacional Geofísico y Exposición EAGO, SEG, EAGE. Volumen II, San Petersburgo., 1995.
- S.L. Arutyunov, O.L. Kuznetsov y otros "método Anchar en la búsqueda de yacimientos de gas -. La eficiencia y la agregación". - *Geología y desarrollo de campos de gas. Los resúmenes de conferencias Severnigaz, Ujtá*, 1997, p. 15.
- S.L. Arutyunov, N. Vostrov y otros. "El método de la baja frecuencia de inteligencia acústica" Anchar "(uso y desarrollo). - Conferencia internacional "problemas reales de la ciencia moderna", 1997, p. 202.
- L. Arutyunov, O.L. Kuznetsov y otros "Anchar -. Nuevos principios de la geofísica de exploración". - Conferencia Internacional Geofísico y Exposición EAGO, SEG, EAGE, M., 1997.
- S.L. Arutyunov, M.V. Kirsanov y otros "Anchar - tecnologías geofísicas efectivos de la prospección y exploración de petróleo y gas.". - *Geología y recursos minerales del sur-este de la Plataforma de Rusia. Los resúmenes de conferencia científica, Saratov, NVNIIGT*, 1998, p.67.
- S.L. Arutiunov, O.L. Kouznetsov, V.V. Dvornikov, A.V. Suntsov 'Identificar y delinear los campos de petróleo y gas por la encuesta infrasonido método Anchar'. Congreso, Teherán, 2001.
- S.L. Arutyunov, N. Vostrov y otros. "Infrasonido exploración de petróleo y gas por Anchar bajo zonas de la plataforma y de tránsito.". "Operaciones Marinas", Murmansk, 2001, p. 2.
- S.L. Arutyunov, S.M. Karnauhov y otros. "La práctica de utilizar los infrasonidos
- Tecnología sísmica Anchar para la detección directa y delimitación de hidrocarburos
- depósitos ". - Conferencia Geofísico Internacional y Exposición "Geofísica XXI
- Siglo - un gran avance en el futuro ", M., 2003.
- Scheu, S., 2002. The soil food web: structure and perspectives. *European Journal of Soil Biology*, p. 38:11.
- Socarrás, A.; M. E. Rodríguez y A. Ávila: Utilización de la Mesofauna Edáfica como Indicador Biológico del Estado del Suelo. II., La Habana, Cuba. CD-room, 2002.
- Usher, A., 2006. Estudio global de los rankings universitarios. Calidad en la Educación. Calidad en la Educación, pp. 33-53.
- Vázquez, M.M. 1994. Composición faunística edáfica en las selvas tropicales de Quintana Roo. *Ava. Cient.* 8: 21-25.
- Yu.V. Sirotinsky, S.L. Arutyunov, y otros. "La tecnología Anchar. Sistema de medición Subsónico y las perspectivas para su uso en estudios geofísicos marinos bajo las zonas de la plataforma y de tránsito. " - 2ª Conferencia Internacional y Exposición sobre el desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías para la alta mar y en los océanos, Gelendzhik, 2001, p. 136. 21-25.

