



Bioperturbación por la acción de lombrices de tierra y escarabajos estercoleros: un ejercicio de Arqueología Experimental en suelos del municipio de Caucaasia, Antioquia.

Mauricio Andrés Cuartas Cano

Trabajo de grado presentado para optar al título de Antropólogo

Tutor

Andrés Godoy Toro

Magíster (MSc) en Medio ambiente y desarrollo

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas

Antropología

Caucaasia, Antioquia, Colombia

2022

Cita	(Cuartas Cano, 2022)
Referencia	Cuartas Cano, M. A. (2022). <i>Bioperturbación por la acción de lombrices de tierra y escarabajos estercoleros: un ejercicio de Arqueología Experimental en suelos del municipio de Caucasia, Antioquia</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Caucasia, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



CRAI María Teresa Uribe (Facultad de Ciencias Sociales y Humanas)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decana: Alba Nelly Gómez.

Jefe departamento: Sneider Rojas Mora.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

A mis padres

Agradecimientos

Primeramente a Dios por ser el sustento que me ha permitido sortear cada una de las dificultades presentadas a lo largo de este proceso; a mi familia por el apoyo y acompañamiento; a mis compañeros por enriquecer con sus consejos y compañía mi formación como persona y como profesional; a mis profesores, mis guías en esta aventura; a la corporación SIPAH por brindarme su ayuda y a mi asesor de tesis, el profe Andrés Godoy por el apoyo, consejos y paciencia que me ayudaron inicialmente a precisar mi idea de investigación y a que se desarrollara sin mayor inconvenientes.

A todos, gracias totales.

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract	12
1. Introducción	13
2. Planteamiento del Problema	17
2.1 Pregunta de investigación.....	17
2.2 Objetivos	17
2.2.1 Objetivo general	17
2.2.2 Objetivos específicos.....	18
3. Justificación	19
4. Marco teórico	22
4.1 Procesos de formación del registro arqueológico	22
4.2 Bioturbación	27
4.3 Arqueología experimental	30
5. Antecedentes	32
6. Algunas generalidades de los agentes bioperturbadores.....	35
6.1 Escarabajos estercoleros.....	35
6.2 Lombrices terrestres	37
7. Área de estudio	42
7.1 Generalidades	42
7.2 Geomorfología	43
7.3 Unidades litológicas	44
7.4 Clima	44
7.5 Suelos y material parental	45
7.6 Uso actual del suelo.....	46

8.	Materiales y Métodos.....	47
8.1	Generalidades	47
8.2	Análisis de los fragmentos de cerámica	48
8.3	Análisis de las semillas carbonizadas.....	49
8.4	Análisis espacial	49
8.5	Análisis de los restos óseos de ictiofauna	50
8.6	Descripción e identificación de la muestra de suelo	50
8.7	Análisis del estado de conservación de los materiales	51
8.8	Análisis del espacio poroso	51
9.	El experimento	52
9.1	Pre-montaje	52
9.1.1	Selección y quema de semillas.....	52
9.1.2	Fragmentos de cerámica.....	55
9.1.3	Restos óseos de ictiofauna.....	56
9.1.4	Recolección de las lombrices de tierra y escarabajos estercoleros	58
9.1.5	Muestra de suelo.....	61
9.1.6	Contenedores para las unidades experimentales (Uexp.).....	62
9.2	Montaje.....	63
10.	Resultados	66
10.1	Unidad experimental 1: Anélidos.....	69
10.2	Unidad experimental 2: Coleópteros.....	79
11.	Discusión.....	87
12.	Conclusiones	94
13.	Referencias	96
14.	Anexos.....	102

Lista de tablas

Tabla 1 Clasificación de los agentes de alteración.....	25
Tabla 2 Algunos principios que rigen el ejercicio de la arqueología experimental.	31
Tabla 3 Clasificación etológica de los escarabajos estercoleros.	35
Tabla 4 Clasificación etológica de las lombrices terrestres.	38
Tabla 5 Algunas funciones de la actividad de las lombrices terrestres sobre el sustrato.	40
Tabla 6 Distribución vertical de las áreas de los contenedores y de la ubicación de los materiales depositados	48
Tabla 7 Valores del área correspondiente al espacio poroso Uexp 1	74
Tabla 8 Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 1	75
Tabla 9 Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 2	76
Tabla 10 Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 3	76
Tabla 11 Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 4	77
Tabla 12. Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 5 ...	77
Tabla 13 Valores del área correspondiente al espacio poroso Uexp 2.....	84
Tabla 14 Registro de la ubicación inicial y final de los materiales con cambios en su posición original respecto a las Coord. X y Y.	86

Lista de figuras

Figura 1 Procesos de Pedoturbación	26
Figura 2 Mapa de ubicación del municipio de Caucasia y de los sitios del experimento y recolección de la muestra de suelo, escarabajos y lombrices.....	42
Figura 3 Proceso de quema y registro de las semillas.....	54
Figura 4 Fragmento de cerámica C18	56
Figura 5 Fragmentos de cerámica C16.....	56
Figura 6 Bocachico (<i>Prochilodus magdalenae</i>).....	57
Figura 7 Radio de la aleta ventral P3	58
Figura 8 Recolección de las lombrices.....	59
Figura 9 Escarabajos estercoleros	59
Figura 10 Trampa de caída o pitfall	60
Figura 11 Montaje de las trampas de caída.....	60
Figura 12 Vista de la zona aledaña al lugar de donde se recolectó la muestra de suelo	61
Figura 13 Lugar de recolección de la muestra de suelo	61
Figura 14 Representación gráfica de los contenedores de las Uexp.	62
Figura 15 Capa de piedras en el fondo de los contenedores.	63
Figura 16 Capa de suelo sin materiales depositados de 9 cm de grosor.	63
Figura 17 Ubicación de una semilla empleando la técnica de la perpendicular al eje de referencia	64
Figura 18 Planta del Nivel 2 de la Uexp 2 con la ubicación espacial de los materiales depositados	64
Figura 19 Etapa final del montaje de la Uexp. 1	65
Figura 20 Herramientas y lugar de trabajo.....	66
Figura 21 Duración del experimento.....	67
Figura 22 Algunas etapas del proceso de excavación.....	68

Figura 23 Vista de la cara frontal de la Uexp 1.....	70
Figura 24 Lombriz observada en la cara frontal de la Uexp 1	70
Figura 25 Quilópodo o ciempiés	70
Figura 26 Distribución de las lombrices y huevos recuperados por niveles de excavación	71
Figura 27 Algunos rasgos asociados a la actividad de las lombrices terrestres	72
Figura 28 Estado de conservación de los materiales en la Uexp 1	73
Figura 29 Preopérculo de <i>Prochilodus magdalenae</i>	74
Figura 30 Espacio poroso en las caras del contenedor de la Uexp 1	75
Figura 31 Registro de la ubicación inicial y final en algunas plantas de nivel	78
Figura 32 Superficie de la Uexp 2.....	79
Figura 33 Boca de galería	79
Figura 34 Galerías en la cara frontal de la Uexp 2.....	80
Figura 35 Vista de un escarabajo desde la cara frontal de la Uexp.....	81
Figura 36 Larva de escarabajo al interior de una bola de crianza o “Brood balls”	81
Figura 37 Galerías y bolas de crianza	82
Figura 38 Cavidad	83
Figura 39 Vista de la cavidad en la cara frontal de la Uexp	83
Figura 40 Estado de la cara frontal de la Uexp	83
Figura 41 Espacio poroso en las caras del contenedor de la Uexp 2	84
Figura 42 Estado de conservación de los materiales en la Uexp 2	85
Figura 43 Galerías de lombrices	91
Figura 44 <i>Galerías rellenas de suelo oscuro</i>	92
Figura 45 Crotovina	92

Siglas, acrónimos y abreviaturas

Aprox.	Aproximadamente
A.P.	Años antes del presente con relación al año 1.950 después de Cristo
C	Fragmentos de cerámica
cm	Centímetros
Coord.	Coordenadas
F	Semillas carbonizadas de <i>Phaseolus vulgaris</i>
G	Semillas carbonizadas de <i>Annona muricata</i>
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Kg	Kilogramos
Km	Kilómetros
M	Semillas carbonizadas de <i>Zea mays</i>
m	Metros
mm	milímetros
MSc	Magister Scientiae
P	Restos óseos de <i>Prochilodus magdalenae</i>
Uexp.	Unidad experimental

Resumen

Los procesos de formación del registro arqueológico son todos aquellos eventos que determinan el estado final en que son encontrados los yacimientos arqueológicos (Castillo, 2006). Mediante el presente trabajo se aborda un aspecto de este asunto, a partir de un ejercicio de Arqueología Experimental en suelos del municipio de Caucasia, Antioquia; con el fin de analizar la forma en que la acción de las lombrices de tierra y los escarabajos estercoleros perturban fragmentos de cerámica, macrorrestos botánicos carbonizados, restos óseos de *Prochilodus magdalenae* y alteran la composición física de la matriz de suelo en el que están contenidos.

Para ello, se realizó un experimento en dos unidades independientes para cada agente bioperturbador, donde además se depositaron respectivamente: semillas carbonizadas, fragmentos de cerámica de carácter experimental y restos óseos de pez. Luego del experimento se analizó macroscópicamente el estado de conservación de cada material y su localización final. Se destaca además la posibilidad de observar algunos rasgos asociados a la actividad de estos agentes como: grumos fecales, bocas de túneles, galerías, larvas y huevos. Finalmente, se registraron algunos desplazamientos horizontales y verticales en cuanto a la posición original de varios materiales y distintos grados de conservación.

Palabras clave: Procesos de formación en arqueología, arqueología experimental, bioperturbación, lombrices de tierra, escarabajos.

Abstract

The formation processes of the archaeological record are all those phenomena that determine final state in which the archaeological sites are found (Castillo, 2006). Through the present work, this topic is addressed from an Experimental Archeology exercise in soils of the municipality of Cauca, Antioquia; in order to analyze the action of earthworms and beetles disturb ceramic fragments, charred botanical macro-remains, bone remains of *Prochilodus magdalenae* and modify the physical composition of the soil matrix in which they are contained.

To understand this central topic, an experiment was carried out in two independent units employing earthworms and beetles, where were placed charred edes, pottery sherds and fish bone remains. After the experiment, the conservation condition of each material were macroscopically analyzed, allow us to follow and record some characteristics associated with the activity of these agents such as: faecal lumps, galleries, larvae and eggs. Finally, also some horizontal and vertical displacements were recorded regarding the original position and conservation condition.

Keywords: Formation processes in archaeology, experimental archaeology, biodisturbance, earthworms action, beetles galleries.

1. Introducción

El conocimiento de nuestro pasado está determinado por las acciones del ser humano y por los distintos procesos naturales que les dan forma a los yacimientos arqueológicos; de igual manera, de otros eventos más distantes que establecen qué permanece y qué desaparece para siempre (Renfrew & Bahn, 2011). En este sentido, las evidencias del pasado que forman el registro arqueológico están sujetas a sufrir alteraciones debido a diferentes eventos. El poder reconstruir esos sucesos que a través del tiempo definen su forma; permitirá un mejor acercamiento interpretativo y analítico tanto de los sitios arqueológicos, así como, de las conductas humanas del pasado (Favier, 2001).

En la arqueología el interés por el estudio de los procesos de formación del registro arqueológico empieza en la década de los años 70 con la Nueva Arqueología norteamericana a partir de los trabajos de investigadores pioneros como L. Binford y Michael Schiffer; quienes hacen un llamado de atención por la forma en que se venían realizando las inferencias sobre el pasado (Castillo, 2006; Jiménez, 2008 y López, 2018). Ya en un época más reciente, con la entrada en escena de nuevos enfoques, el estudio de los procesos de formación del registro arqueológico puede realizarse también desde diferentes perspectivas; ya sean estudios actualísticos como tafonómicos, etnoarqueológicos o experimentales; sin embargo, es la perspectiva geoarqueológica muy relevante debido a su atención a la matriz del registro, dado que su análisis involucra el marco sedimentario, pedológico y geomórfico de la evidencia cultural (Favier, 2001). En este mismo sentido, no es en vano que autores como Butzer (1989); Benito-Calvo, Lozano y Karampaglidis (2014) la consideren como la encargada de analizar entre otras cuestiones, los procesos de formación de los yacimientos y del registro arqueológico.

Ahora bien, esta investigación busca contribuir en el conocimiento sobre los procesos de formación del registro arqueológico; para ello, se realizó un ejercicio de Arqueología Experimental en suelos del municipio de Caucasia, Antioquia; con el propósito de analizar la forma en que la acción de las lombrices de tierra y los escarabajos estercoleros perturban fragmentos de cerámica, macrorrestos botánicos carbonizados, restos óseos de *Prochilodus magdalenae* y alteran la composición física de la matriz de suelo en el que están contenidos.

Para desarrollar este estudio se realizaron durante cuatro meses -del 21 de octubre del 2021 al 21 de febrero del 2022- dos unidades experimentales; una por cada agente bioperturbador, donde

con el suelo recolectado se establecieron 5 niveles de 5 cm de grosor y en cada uno se depositaron respectivamente: semillas carbonizadas de *Phaseolus vulgaris*, *Annona muricata*, *Zea mays*, fragmentos de cerámica de carácter experimental y huesos de *Prochilodus magdalenae*. Luego del experimento se analizó macroscópicamente el estado de conservación de cada material para establecer si habían presentado cambios en el aspecto físico en relación con el que tenían inicialmente. Por otro lado, también se registró la ubicación final de cada material mediante la técnica de la perpendicular al eje de referencia para evaluar si hubo cambios en relación con la posición original. Se destaca que durante el experimento se observaron algunos rasgos asociados a la actividad de estos agentes como: grumos fecales, bocas de túneles, galerías, larvas y huevos y; finalmente, se registraron algunos desplazamientos horizontales y verticales en cuanto a la posición original de varios materiales y distintos grados de conservación.

Este tipo de estudios, son importantes debido a que la gran biodiversidad de Colombia constantemente puede ejercer presión sobre el estado de conservación y formación del registro arqueológico del país, siendo uno de los factores que en última instancia influyen en la forma en como son encontrados e interpretados los sitios arqueológicos; entonces, resulta necesario que se tomen en consideración a los agentes bioperturbadores en las investigaciones arqueológicas que se adelanten en el país; dado que, es muy probable su presencia o la huella de sus acciones en algunos yacimientos arqueológicos (Posada & Parra, 2010; Carvajal, 2013; Godoy, 2019 y Godoy et al., 2021). Además, algunas consecuencias de la acción de ciertos agentes bioperturbadores, pueden ser problemas interpretativos definitivos para el análisis de un sitio arqueológico; ya que, por ejemplo, la micro, meso o macro fauna del suelo (Jaramillo, 2002) pueden trasladar materiales - objetos arqueológicos, materia orgánica, carbón vegetal asociado a actividades antrópicas y susceptibles de ser datados y/o componentes paleoambientales propios de un período tales como granos de polen, fitolitos y estructuras vegetales- de un horizonte de suelo o un estrato arqueológico a otro, alterando su depositación original. Asimismo, con su actividad los agentes bioperturbadores pueden dejar expuestos objetos arqueológicos a la acción erosiva del viento o el agua; lo que puede borrar definitivamente del registro arqueológico a cierto tipo de evidencia cultural o entran a determinar el estado de conservación en que serán hallados. Ahora bien, la importancia de estos estudios, también se expresa en que sus resultados son útiles para contar con registros sistemáticos de las alteraciones que pueden generar diversos agentes bioperturbadores (Backwell et al., 2012 y Huchet, 2014a; 2014b); igualmente, permiten diseñar modelos analíticos para interpretar procesos

de formación (Fernández & Escosteguy, 2019); así como validar la practicidad o no, de distintas técnicas analíticas y metodológicas a la hora de estudiar bioperturbaciones (Grave & Kealhofer, 1999).

En cuanto el contenido de la investigación, esta inicia con el planteamiento del problema, integrándolo; la pregunta de investigación, el objetivo general y específicos; después la justificación.

Luego, en el marco teórico, se hace una contextualización de las categorías centrales de este estudio a partir del análisis de la bibliografía especializada en el tema; primeramente, se expone una definición general de los *procesos de formación del registro arqueológico*; luego, se habla del momento en que empieza a ser un tema de interés para los arqueólogos; después se abordan algunos enfoques teóricos desde donde han sido tratados; de igual modo, se mencionan ciertos aspectos a considerar al analizarlos y, finalmente, se realiza una aproximación a la forma en que son estudiados desde la arqueología. Seguidamente, se aborda la bioperturbación, se inicia presentando al suelo como el contexto donde se materializa; seguidamente se expone una definición general a partir de distintos elementos planteados por algunos autores como Grave y Kealhofer (1999) o Butzer (1989); luego se presentan y analizan algunos aspectos a considerar al momento de estudiar este tipo de procesos. El capítulo finaliza, haciendo una breve aproximación a la *Arqueología experimental*, dando cuenta de su origen; por otro lado, se menciona que a pesar del carácter polisémico que se le podría asignar dadas las distintas definiciones; estas se enrutan hacia un mismo fin. Se hace énfasis en la importancia que tiene para estudiar los procesos de formación del registro arqueológico, los principios que lo permiten, lo que implica, ventajas y limitaciones de su práctica.

En el capítulo de los antecedentes, se hace una contextualización del papel de ciertos agentes bioperturbadores en los procesos de formación del registro arqueológico, para ello se analizaron y reseñaron algunos estudios tanto a nivel nacional como internacional; donde se destacan los trabajos de Wood y Johnson (1978); Armor-Chelu y Andrews (1994); Canti (2003); Babot et al., (2009); Peña (2019); González y Zapata (2019) y Fernández y Escosteguy (2019). Se hizo énfasis en la metodología y en los principales hallazgos.

Posteriormente, en el capítulo sobre algunas generalidades de los agentes bioperturbadores, se presenta una descripción general de estos agentes tomando en consideración aspectos como su biología, origen, taxonomía, funciones ecológicas y su papel dentro de los procesos de formación del registro arqueológico.

Respecto al capítulo de materiales y métodos, se inicia con una breve resumen del experimento y, en modo general, en este apartado se aborda la propuesta metodológica para describir y analizar a cada uno de los elementos usados y se mencionan los referentes empleados.

Después, se presenta un capítulo donde se describe por completo el proceso para realizar el experimento a partir de la descripción de las dos etapas que lo configuran. En la primera de ellas, el pre-montaje, se aborda el proceso de preparación de los materiales empleados, de recolecta de los agentes bioperturbadores y de la elaboración de los contenedores de cada unidad experimental. En la segunda etapa, el montaje, se describe la forma en la que se integraron todos los materiales para formar las unidades experimentales y se indica también la forma en que se realizó el registro del estado de las Uexp durante el desarrollo del experimento.

En el siguiente capítulo, se muestran los resultados por cada unidad experimental, donde se destaca: el comportamiento de los agentes bioperturbadores durante el experimento así como su impacto edafogénico, los distintos grados de conservación y movimientos verticales y horizontales en algunos materiales.

En el siguiente apartado se exponen las discusiones que se derivan del análisis de los resultados y, finalmente, se presentan las conclusiones que se desprenden de este ejercicio.

2. Planteamiento del Problema

La presente investigación surge de un interés personal por estudiar a los insectos en contextos arqueológicos a principios del cuarto semestre; sin embargo, a medida que avance en el pregrado y con el comienzo del curso Diseño de proyectos, la idea se perfiló hacia los agentes bioperturbadores del registro arqueológico donde se escogió a los escarabajos estercoleros y posteriormente, se incluyeron las lombrices de tierra; principalmente por su capacidad de mover el contenido y partículas del suelo de un horizonte a otro o hacia la superficie a través de su actividad como organismos excavadores. Además, tras la revisión de la literatura existente sobre el tema y, en especial, en el contexto colombiano, se encontró con que han sido muy pocos los estudios que se han enfocado en analizar el papel de la fauna edáfica como agentes que inciden en la formación del registro arqueológico.

2.1 Pregunta de investigación

Desde un ejercicio de arqueología experimental en suelos del municipio de Cauca, Antioquia ¿Cómo la acción de agentes bioperturbadores como las lombrices de tierra y los escarabajos estercoleros perturban fragmentos de cerámica, macrorrestos botánicos carbonizados, restos óseos de *Prochilodus magdalenae* y alteran la composición física de la matriz de suelo en el que están contenidos?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

Analizar desde un ejercicio de arqueología experimental en suelos del municipio de Cauca, la forma en que la acción de agentes bioperturbadores como las lombrices de tierra y los escarabajos estercoleros perturban fragmentos de cerámica, macrorrestos botánicos carbonizados, restos óseos de *Prochilodus magdalenae* y alteran la composición física de la matriz de suelo en el que están contenidos.

2.2.2 *Objetivos específicos*

- Registrar a través de un ejercicio de experimentación en suelos del municipio de Caucasia, datos sobre la alteración por acción de las lombrices de tierra y escarabajos estercoleros en fragmentos de cerámica, macrorrestos botánicos calcinados, restos óseos de *Prochilodus magdalenae* y en la composición física de la matriz de suelo en el que están contenidos dichos elementos.
- Analizar los dos agentes bioperturbadores a partir de la bibliografía especializada disponible y desde comparaciones entre sus alteraciones en los distintos elementos empleados en la investigación.
- Describir posibles huellas diagnósticas que permitan inferir la interacción de estos agentes bioperturbadores con semillas carbonizadas, fragmentos de cerámica y restos óseos de ictiofauna.
- Contribuir al conocimiento de las tendencias teóricas y metodológicas que se vienen implementando para el estudio de los procesos de formación del registro arqueológico.

3. Justificación

Colombia es uno de los países más ricos en flora y fauna: “(...) el segundo país en el mundo en megadiversidad, siendo su biota la herencia de procesos evolutivos y de especiación del Terciario y el Cuaternario (...)” (Hernández, 1992 y Van Der Hammen, 1997 citados en Feijoo et al., 2004, p. 197-198). Esta condición del país más su riqueza arqueológica; hechos que pueden concurrir en un mismo espacio, son muestras del potencial para investigar la acción de varios agentes bioperturbadores y su papel en los procesos de formación del registro arqueológico. Por otra parte, dada la capacidad de algunos agentes de alterar, conservar o destruir tanto depósitos - suelos o sedimentos- como artefactos, ecofactos y otros tipos de evidencia arqueológica; su estudio es significativo para la arqueología en la medida que permite comprender también, la formación de un horizonte (Goldberg & Macphail, 2006, traducción propia) además, los mismos autores añaden que:

Artefactos y rastros de actividad humana, como hogares y carbón vegetal, se revuelven y esparcen por el suelo. Esto puede ocurrir a través del crecimiento de las raíces, lombrices de tierra e insectos excavadores, o más destructivamente por mamíferos como topes y conejos. (p. 58)

La gran biodiversidad de Colombia hace necesario que los agentes bioperturbadores sean tomados en consideración en investigaciones arqueológicas en campo que se desarrollan o vayan a realizar en el país; dado que, es muy probable su presencia o la huella de sus acciones en algunos yacimientos arqueológicos (Posada & Parra, 2010; Carvajal, 2013 y Godoy et al., 2021). Asimismo, la importancia de estos estudios se expresa en que sus resultados son útiles para contar con registros sistemáticos de los tipos de alteraciones que pueden generar diversos agentes bioperturbadores para así identificarlas (Backwell et al., 2012 y Huchet, 2014a; 2014b); a su vez, permiten diseñar modelos analíticos para interpretar procesos de formación (Fernández & Escosteguy, 2019). De igual modo, se puede validar la practicidad o no, de distintas técnicas analíticas y metodológicas a la hora de estudiar bioperturbaciones (Grave & Kealhofer, 1999). Además, también se pueden diseñar propuestas de gestión y conservación del patrimonio arqueológico en zonas que sean propensas a sufrir alteraciones como causa de la acción de algunos agentes bioperturbadores (Gianfrancisco, 2015).

Por otro lado, al identificar ciertos agentes bioperturbadores que intervienen en los procesos de formación del registro arqueológico, se abre la posibilidad de registrarlos y estudiarlos adecuadamente para reducir así las probabilidades de interpretaciones o lecturas erróneas acerca de los yacimientos arqueológicos. En este sentido, expresa Ruiz (2010) que “(...) el contexto actual en el que encontramos depositados distintos legados materiales, es un palimpsesto distorsionado por diferentes acciones naturales y culturales diacrónicas que complican sobremanera su interpretación” (p. 109). Tal aspecto del registro arqueológico hace pertinente enfocar nuestra atención en el estudio de dichas distorsiones. Dentro de la literatura especializada en el tema, Schiffer al igual que Binford son destacados dentro de la disciplina como pioneros en teorizar y desarrollar investigaciones sobre los procesos de formación del registro arqueológico; sin embargo, a pesar de haber transcurrido varios años de la entrada en escena de este enfoque dentro de la arqueología y de la publicación de los principales planteamientos de Schiffer sobre la formación del registro arqueológico -*Formation processes of the archaeological record, 1987-* y la formulación de otras corrientes teóricas en la disciplina como el posprocesualismo (Gómez, 2005), Jiménez (2008) plantea que “(...) aún hoy puede considerarse una obra de referencia” (p. 126).

Ahora bien, en cuanto a las lombrices de tierra, varios estudios (Stein, 1983; Balek, 2002; Van Nest, 2002; Canti, 2003 y Fernández & Escosteguy, 2019) han analizado su papel en los procesos de formación del registro arqueológico. Por ejemplo, se ha encontrado que “(...) continuamente mezclan y desplazan partículas de suelo, entierran progresivamente los objetos más grandes y transportan hacia la superficie los más pequeños. Como consecuencia, son un agente potencial de disturbación de sitios arqueológicos” (Canti, 2003, p. 100, traducción propia). A pesar del avance en el estudio de las lombrices de tierra, algunas investigaciones solo se han concentrado en una especie en particular de anélido; ante lo cual Fernández y Escosteguy (2019) plantean que el accionar de la *L. terrestris* -especie introducida desde Europa al resto del mundo- ha sido ampliamente estudiado; sin embargo, recalcan los mismos autores que:

(...) los modelos propuestos a partir del estudio de *L. terrestris* u otros lumbrícidos para la bioturbación de sitios arqueológicos europeos o norteamericanos no son del todo útiles para interpretar procesos de formación en el cono sudamericano, ya que se ha constatado que dicha especie presenta mayor capacidad de alterar el registro. (p. 108)

En este mismo sentido, Canti (2003) afirma que las lombrices de tierra tienen efectos significativos en la estratigrafía arqueológica; aunque se conoce que estas causan el entierro de los hallazgos debido a la fundición en la superficie, algunas de sus otras actividades se registran con menos frecuencia, como: el entierro activo de piedras y semillas, la construcción de mojoneros y su producción de gránulos de carbonato de calcio; en su mayoría son aspectos que no se han estudiado en mayor detalle y no se han explotado significativamente desde un punto de vista interpretativo.

Con respecto a estudios sobre el papel de los escarabajos estercoleros -escarabajos coprófagos de la subfamilia *Scarabaeinae* (González-Alvarado & Medina, 2015), como agentes bioperturbadores, su rastreo bibliográfico arroja pocos resultados en comparación con los estudios de las lombrices de tierra; en algunos textos (Goldberg & Macphail, 2006; Babot et al., 2008, Godoy, 2019 y Godoy-Toro et al., 2021) se le hace mención brevemente o se le incluye dentro de los insectos excavadores responsables de alteraciones en el registro arqueológico; pero, no se realiza un análisis particular y exhaustivo de las bioperturbaciones por su acción.

Por lo que se refiere a esta investigación, las condiciones ambientales, propias del trópico dadas en el municipio de Cauca más las características del suelo y las otras variables analizadas le asignan un carácter particular a este estudio; el cual, busca profundizar en el conocimiento acerca del papel de las lombrices terrestres y de los escarabajos estercoleros como agentes bioperturbadores del registro arqueológico a partir de un ejercicio de arqueología experimental. Asimismo, la investigación permitirá contextualizar la forma en que se han venido realizando estos estudios en Colombia y otros países y, así, acercarnos a una mejor comprensión de las tendencias teóricas, metodológicas y prácticas que se vienen implementando para estudiar el tema. Por otro lado, la investigación aquí planteada, también pretende contribuir a visibilizar la importancia del tema para la arqueología y que no se minimice el impacto que puede tener la acción de algunos agentes bioperturbadores en los procesos de formación del registro arqueológico.

4. Marco teórico

4.1 Procesos de formación del registro arqueológico

Los procesos de formación de sitios arqueológicos hacen referencia a “todos aquellos eventos que afectan a los artefactos o depósitos después de su uso inicial (...) alteran, modifican, preservan o destruyen los yacimientos arqueológicos” (Castillo, 2006, p. 17). Asimismo, estos procesos de formación no solo degradan los artefactos, además, pueden introducir patrones propios (Schiffer, 1983). Por otra parte, procesos geomórficos, biológicos y antrópicos actúan sobre los materiales arqueológicos una vez estos se integran al paisaje, afectándolos y modificando sus relaciones espaciales y temporales; de igual modo, la meteorización, la erosión, el pisoteo, los agentes de sepultamiento y los procesos postdepositacionales (físicos, químicos, biológicos y antrópicos) son los que establecen el estado final en que son encontradas las evidencias arqueológicas; en síntesis, son todos estos eventos los que se conocen como procesos de formación del registro arqueológico (Favier, 2001).

El estudio de estos eventos dentro de la teoría arqueológica empezó gracias al interés de la *Nueva Arqueología* norteamericana y, en especial con la obra de L. Binford (Jiménez, 2008), quien desde principios de los años 1970 realizó un llamado de atención sobre las inferencias arqueológicas, las cuales no estaban debidamente justificadas, y que los supuestos sobre el pasado eran más bien ideas intuitivas (López, 2018). En relación con el análisis de los procesos de formación del registro arqueológico, “Binford señaló que el registro “... no puede ser una distorsión de su propia realidad” y que el verdadero desafío de la interpretación arqueológica radica en considerar que la alteración es una parte significativa e inherente a él” (Binford 1983, citado en López, 2018, p. 60).

La Nueva Arqueología, cuyo objetivo era “construir un camino para hacer de la arqueología una ciencia (...) se orientó adoptando en forma poca crítica el positivismo lógico al asumirlo como el único modelo de ciencia posible” (Gómez, 2005, p. 204), esto generó en la historia de la disciplina, una ruptura con la arqueología tradicional. La actitud de Binford permitió que “los arqueólogos se preocuparan por temas que para 1950 eran insospechados: la construcción de una teoría arqueológica, la justificación de las inferencias y la adopción de una metodología científica” (López, 2018, p. 57). En este mismo sentido, David Clarke en su obra *Arqueología Analítica*

(1984) presenta y valora algunos de los grandes cambios que ha experimentado la metodología arqueológica a partir de la introducción de elementos de la geografía y la cibernética; de igual modo, indicaba que debía desarrollarse una teoría central que configurare los modelos de las grandes entidades (atributos, artefactos, culturas y grupos culturales) que usan los arqueólogos en la contemporaneidad (Clarke & Aubet, 1997).

Ahora bien, a pesar de que Schiffer inició haciendo parte de la Nueva Arqueología, posteriormente empezó a cuestionar algunos de los planteamientos de esta perspectiva; es así, como sus nuevas ideas se enfocaban en la justificación de las inferencias a partir de la comprensión de los patrones de modificación y formación de sitios arqueológicos (Castillo, 2006). Tal actitud, es la promotora del reconocimiento a Michael Schiffer sobre sus teorizaciones acerca de los procesos de formación de sitios arqueológicos desde la perspectiva conocida como *Arqueología conductual* o *Arqueología del comportamiento* (*Behavioral Archaeology*) desarrollada a partir de sus trabajos (Schiffer, 1976, 1985, 1987) que desde el comienzo se enfocó con mayor énfasis en el estudio de la formación del registro arqueológico (Jiménez, 2008); es a partir de allí, que se “abrió un nuevo campo de inferencia, análisis y validación en la disciplina arqueológica” (Castillo, 2006, p. 15).

En su obra, *Formation processes of the archaeological record* (1987) están aglutinados e integrados de manera coherente los análisis sobre la formación del registro arqueológico (Jiménez, 2008); además, es en ella, “donde se profundiza de manera más extensa y puntual acerca de estos aspectos de alteración del registro” (Castillo, 2006, p. 16).

Por otro lado, Schiffer hace una clara distinción entre los procesos responsables de la variabilidad del registro arqueológico, los cuales tipifica en dos: *transformaciones no naturales o culturales* (Transformaciones -C) y *transformaciones naturales* (Transformaciones -N):

Los primeros engloban las actividades deliberadas o accidentales de los seres humanos, en la medida en que fabrican o usan artefactos, construyen o abandonan edificaciones, aran sus campos, etc. Los segundos están constituidos por los acontecimientos naturales que determinan tanto el enterramiento como la supervivencia del registro arqueológico (Renfrew y Bahn, 2011, p. 46).

En cuanto a los procesos culturales son todos aquellos fenómenos de alteración efectuados por la acción del ser humano que mantienen, desechan o reintegran artefactos tanto al *contexto*

sistémico como al *contexto arqueológico* (Castillo, 2006). Al respecto, Schiffer (1990) establece una clara distinción al plantear que el contexto sistémico hace referencia a la condición de un elemento que está aún participando en un sistema conductual; mientras que, el contexto arqueológico, describe los elementos que han pasado por un sistema conductual y que se vuelven los objetos de estudio de los arqueólogos.

En contraste con lo anterior, existen clasificaciones sobre los procesos de formación del registro arqueológico que se han planteado en función de si se originan durante la deposición/enterramiento o posterior a ella; en este sentido, se plantea una distinción entre procesos deposicionales y procesos postdeposicionales (Jiménez, 2008). El mismo autor, sostiene que esta tradicional discriminación ha resultado ser más equívoca e imprecisa de lo deseable.

Por otra parte, Schiffer (1983) plantea que “Los procesos de formación de depósitos son identificables (se pueden inferir) en principio porque tienen efectos físicos predecibles” (p. 679 traducción propia), pero, según López (2018) “Esto no significa que se trate de buscar una metodología generalizante, sino que, para cada problema, en cada escala, se deben construir los pasos necesarios para encontrar las respuestas” (p. 68).

Otro aspecto por considerar dentro de la perspectiva Schifferiana sobre los procesos de formación, es el referido a el tamaño del artefacto, dado que es un atributo implicado de manera consistente en este tipo de estudios; Schiffer expresa que los efectos sobre el tamaño se producen porque los procesos de formación pueden reducir el tamaño de los artefactos (Schiffer, 1983, p. 679). Asimismo, plantea “un modelo de flujo simple con el cual se visualice la historia de vida de cualquier elemento y que, además, permita entender en términos conductuales la producción del registro arqueológico” (Schiffer, 1990, p. 83), es decir; poder comprender, por ejemplo, los procesos en los que participan los elementos durante su vida: obtención, manufactura, uso, mantenimiento, desecho, reúso, transporte, almacenamiento etc.

En cuanto al objetivo principal de la perspectiva Schifferiana, ésta busca entender cómo los procesos de formación de sitios arqueológico son responsables de la variabilidad del registro arqueológico; de igual modo, la arqueología conductual dedica gran atención a las relaciones dadas entre la conducta humana y los diferentes tipos de artefactos (Castillo, 2006). En este sentido, López (2018), indica que “(...) con fines a la lógica de un diseño de investigación desarrollado desde el método hipotético deductivo, el conocimiento de los procesos de formación (...) del contexto arqueológico resultaba decisivo para el contexto de justificación arqueológico” (p. 58).

Ahora bien, para el estudio de los procesos de formación de sitios arqueológicos es necesario distinguir otros aspectos de estos fenómenos; por ejemplo, cada uno de los procesos y agentes responsables de la variabilidad del registro arqueológico. En este sentido, Guevara (2001) plantean clasificaciones sobre los agentes de alteración de acuerdo a su origen. (Ver tabla 1)

Tabla 1

Clasificación de los agentes de alteración.

Agentes de alteración	
<i>Extrínsecos</i>	<i>Intrínsecos</i>
Afectan a los objetos desde el exterior, incluyendo el medio ambiente donde se encuentran o el contexto de enterramiento.	Forman parte del objeto, como los materiales constitutivos o la tecnología con que fueron manufacturados (citado en Fantuzzi, 2010, p. 30).

Nota. Elaborada a partir de lo planteado por Guevara, 2001.

Por su parte, Waters (1992) expresa que “El análisis de los procesos naturales de formación de sitio se orienta a la comprensión de los factores físicos, químicos y biológicos responsables del enterramiento, alteración y destrucción del contenido de un sitio” (Citado en Favier, 2001, p. 10). En este orden de ideas, Balek (2002) plantea que:

Los estudios sobre procesos de formación naturales de sitios arqueológicos deben focalizarse no sólo en el análisis de factores externos como la erosión o la depositación que afectan el movimiento de artefactos o la superficie y horizontes de suelo, sino también en aquellos factores que se relacionan con las características y acción de la biota (Citado en Aldazabal, Macchi & García, 2010, p. 216).

Por otro lado, la pedoturbación, es otro evento responsable de la alteración del suelo y su contenido, Buol et al., (1973) la definen como “el batido, mezclado y ciclo biológico, químico o físico de los materiales del suelo” (Citado en Wood & Johnson, 1978, p. 318 traducción propia). En este sentido, Hole (1961) enumeró y definió nueve procesos de pedoturbación (véase figura 1) que provocan la mezcla del suelo (Citado en Wood & Johnson, 1978, p. 318 traducción propia):

Figura 1

Procesos de Pedoturbación

TABLE 9.1

Pedoturbation Processes^a

Process ^b	Soil-mixing vectors
Faunalturbation	Animals (burrowing forms especially)
Floralturbation	Plants (root growth, treefall)
Cryoturbation	Freezing and thawing
Gravilturbation	Mass wasting (solifluction, creep)
Argillilturbation	Swelling and shrinking of clays
Aeroturbation	Gas, air, wind
Aquaturbation	Water
Crystallurbation	Growth and wasting of salts
Seismiturbation	Earthquakes

^aModified from Hole (1961).

^bShortened terminology.

Nota. Fuente Wood y Johnson, (1978)

Estos procesos dejan su huella tanto a nivel superficial como en el subsuelo, por ello, la importancia de estudiar la estratigrafía de un sitio, ya que, esta puede representar los efectos combinados de distintos procesos, junto con actividades humanas; entonces, se debe aislar esos factores y la primera etapa para lograrlo es el registro detallado de la estratigrafía (Goldberg & Macphail, 2006).

En cuanto al estudio de los procesos de formación del registro arqueológico, Favier (2001) expresa que estos pueden ser estudiados desde diferentes perspectivas; ya sea a partir de los estudios actualísticos (*tafonómicos, etnoarqueológicos y experimentales*) o mediante el *análisis del contexto arqueológico*. No obstante, plantea el mismo autor, que estos estudios se centran en los materiales arqueológicos y sus perturbaciones postdepositacionales, dando menor atención a la matriz del registro. Es por estos motivos que sugiere que la perspectiva geoarqueológica es muy relevante dada la información que esta aporta, debido a que su análisis involucra el marco

sedimentario, pedológico y geomórfico de la evidencia cultural. Entonces, la geoarqueología con los datos que suministra permite complementar los estudios sobre este tema y, así, ayuda a mejorar la comprensión acerca de los procesos de formación del registro arqueológico; por ello, no es en vano que autores como Butzer (1989); Benito-Calvo, Lozano y Karampaglidis (2014) consideren a la geoarqueología como la encargada de analizar entre otras cuestiones, los procesos de formación de los yacimientos y del registro arqueológico.

4.2 Bioturbación

El suelo como contenedor de evidencias arqueológicas, suele incluir el registro o huellas de procesos de formación del registro arqueológico; dado que, según Jenny (1940) en su formación intervienen cinco factores formadores: clima “cl”, tiempo “t”, organismos “o”, relieve “r” y material de origen “p”. Y, algunos de ellos, como los organismos; también son responsables de la materialización de procesos en la formación de sitios arqueológicos tales como la bioperturbación.

Ahora bien, Benito-Calvo, Lozano y Karampaglidis (2019) consideran que “El paisaje físico no es un medio invariable, sino que esta caracterizado por constantes cambios a diversas escalas, que condicionan las características y los recursos del territorio, influyendo de manera notable en el desarrollo de las culturas (...)” (p. 52). En este mismo orden de ideas, Wood y Johnson (1978) expresan que “El suelo no es un cuerpo estático; es un sistema dinámico y abierto, en el que una variedad de procesos puede actuar para mover no solo la materia del suelo, sino también los objetos (incluidos los artefactos) (...)” (p. 317 traducción propia). Es en este sentido, la fauna es un factor formador del suelo (Jenny, 1940 y Goldberg & Macphail, 2006) al incidir, por ejemplo, en los procesos de meteorización y un agente bioperturbador, al mezclar las partículas del suelo y su contenido.

En cuanto a la bioturbación “se puede definir como la interacción entre animales, plantas y materiales del suelo durante los cuales la tela del suelo es alterada por procesos aditivos o sustractivos” (Grave & Kealhofer, 1999, p. 1240 traducción propia). En contraste, Butzer (1989) plantea que es el:

(...) concepto que sirve para describir la reordenación *in situ* de los yacimientos sepultados.

Aquí se define como un movimiento fundamentalmente vertical de los agregados

sepultados, que afecta a partículas de masa, forma y materiales distintos, y que introduce cambios de inclinación, de orientación y de posición horizontal o vertical que distorsionan o eliminan las relaciones tridimensionales originales (p. 101).

Lo anterior puede quedar sintetizando cuando Balek (2002) define la “(...) bioturbación como mecanismo de enterramiento de artefactos y proceso de formación de sitios” (p. 41 traducción propia)

Ahora bien, la fauna del suelo, la cual según Fantuzzi (2010) incide en la preservación de distintos materiales debido su capacidad de mezclar el suelo y el contenido arqueológico de los sitios; por ejemplo, la acción de algunos animales de tamaños considerables en interacción con la cerámica puede producir alteraciones físicas como la fragmentación. En este sentido, plantea el mismo autor, que la microfauna del suelo tenderá a afectar a los materiales orgánicos, aunque en algunos casos también a materiales inorgánicos como la cerámica.

Entonces, dentro de estos procesos de alteraciones faunísticas, son responsables tanto especies de invertebrados como de vertebrados; su impacto puede ser selectivo, favoreciendo la mezcla o la destrucción de los materiales (Menta, 2012; Kooistra, 2014; Zubimend et al., 2015 y Dorrnsoro, 2020). De igual modo, el clima es un factor que dinamiza estos eventos, por ejemplo, Renfrew y Bahn (2011) expresan que “El clima tropical es el más destructivo, con su combinación de lluvias torrenciales, suelos ácidos, temperaturas cálidas, alto grado de humedad, erosión y riqueza de vegetación y actividad de insectos” (p.53).

De modo general, el ambiente, tiene un papel central en este tipo de procesos, según Butzer (1989) “Un gran número de perturbaciones son debidas a las actividades subterráneas de ciertos animales, roedores sobre todo, preferentemente en ambientes exteriores secos y en las cueva” (p.107). En relación con la anterior, Balek (2002) plantea que “Las tasas de renovación del suelo inducidas biogénicamente que conducen al entierro de artefactos varían ampliamente dependiendo del suelo y la composición de la fauna del suelo” (p. 43 traducción propia).

En cuanto a la bioperturbación de los suelos por invertebrados:

(...) es difícil de inferir directamente ya que la mayoría de estos animales son de cuerpo blando, por lo que sus restos solo rara vez se recuperan de los paleosoles (Pierce, Oates & Carruthers, 1990). Sin embargo, se sabe que varias especies de lombrices de tierra excretan carbonato de calcio de sus glándulas calcíferas, que se mineraliza para formar

esferulitos de calcita (Nakahara & Bevelander, 1969) (Armor-Chelu & Peter Andrews, 1994, p. 441).

Por lo que se refiere al impacto que pueden generar estos agentes, Zubimend et al., (2015) plantean que puede ser discriminado según la manera en que afecte el registro:

- a) Selectiva: cuando sólo afectan una parte del mismo, generando sesgos o distorsiones (ejemplo: coleccionismo).
- b) Estructural: cuando afectan la totalidad del registro arqueológico, ya sea generando redepositación del material (reordenamiento) (p. 164).

Otros aspectos importantes en relación con la bioperturbación son los que recalcan Grave y Kealhofer (1999) al plantear que “convencionalmente, los científicos del suelo miden la tasa de renovación del suelo debido a bioturbación por indicaciones superficiales de alteración del suelo. Para complementar esto, las estructuras del suelo se pueden utilizar para evaluar la perturbación de plantas y animales” (p. 1239 traducción propia). Por otra parte, expresan que existen diferencias entre quienes se han interesado en tratar el tema, estos son agrupados en dos escuelas; por un lado, está la que sugiere que la bioturbación conduce a la homogeneización de los sedimentos, mientras que la otra ve el proceso como más complejo. Asimismo, Grave y Kealhofer (1999) afirman que “(...) los científicos del suelo usan medidas, como el tamaño de partícula, para evaluar a gran escala procesos de bioturbación (...) los arqueólogos miran a mayor escala medidas, como las características estratigráficas, para interpretar procesos de formación de sitios (...)” (p. 1241 traducción propia).

Finalmente, por lo que se refiere a entornos tropicales, Araujo (2013) expresa que la bioperturbación es un factor importante en la formación del suelo, que puede ocurrir antes, durante o después de la presencia de los seres humanos en dichos lugares; de igual manera, señala que, este factor puede ser el principal responsable del movimiento vertical de piezas en sitios arqueológicos en estas zonas. A su vez, afirma que hay una falta de datos de buena calidad respecto a la magnitud del desplazamiento de artefactos realizado por los animales excavadores tropicales. Por otra parte, resalta que, “aun así, la evidencia disponible sugiere que cuatro clases de animales pueden jugar un papel importante en el desplazamiento de artefactos en los trópicos: hormigas, termitas, lombrices de tierra y armadillos” (Araujo, 1995 citado en Araujo, 2013, p. 2125).

4.3 Arqueología experimental

La arqueología experimental tiene su origen en los años 60 en el marco de la Nueva Arqueología binfordiana con la pretensión de hacer de la arqueología una disciplina más científica; lo cual se buscaba realizar a partir de analizar los vestigios arqueológicos con la reproducción de su contexto sociocultural de manera que se lograra comprender mejor el *modus vivendi* de las sociedades a estudiar; los primeros acercamientos a este tipo de estudios fueron realizados en los años 60 por Hans-Ole-Hansen, en el Centro de Investigaciones de Lejre (Alejos, 2014). Ahora bien, de acuerdo con Morgado y Baena (2011) “esta perspectiva recientemente (...) ha tenido un progreso significativo, debido a las posibilidades explicativas e interpretativas que su práctica tiene dentro del análisis de la formación del registro arqueológico y del comportamiento humano en el pasado” (P. 21).

Este enfoque al igual que los estudios tafonómicos, etnoarqueológicos o geoarqueológicos; es uno de los medios con los que cuentan los arqueólogos para estudiar los procesos de formación del registro arqueológico (Favier, 2001). Se la ha definido como una herramienta de investigación y divulgación, una perspectiva de contrastación de hipótesis o un recurso analítico alternativo a la mera documentación del registro arqueológico y, también, se la ha asignado un papel heurístico; ya que puede ayudar a enunciar nuevos interrogantes sin que existan de antemano hipótesis previas (Morgado & Baena, 2011; Baena, Palomo & Cuartero, 2013 y Alejos, 2014).

La arqueología experimental facilita el análisis de los procesos culturales (transformaciones c) y no culturales (transformaciones n) de formación del contexto arqueológico (Fournier, 1990). En este sentido, Baena et al., (2013) plantean que esta perspectiva aún tiene mucho por decir de la restauración, conservación y alteraciones postdeposicionales del registro arqueológico cuando se pretende estudiar más que las alteraciones a nivel espacial; sino que también debe analizarse las transformaciones del estado y conservación de los yacimientos arqueológicos.

Por su parte, los procesos de formación del registro arqueológico se pueden estudiar desde el presente a través de la experimentación gracias a dos principios que integran y conectan, pasado y presente (Morgado & Baena, 2011). (Ver tabla 2)

Tabla 2

Algunos principios que rigen el ejercicio de la arqueología experimental.

Principio de actualismo o uniformidad	Principio de simulación
Mediante el cual se puede determinar que bajo condiciones concretas los procesos técnicos socioculturales y los procesos de formación de los yacimientos pueden ser reproducidos en el presente.	Dada la conservación de los elementos del registro arqueológico, una vez interpretado y formuladas las diferentes variables, éstas pueden ser estudiadas en el presente mediante la simulación de la interacción de dichas variables en función del tiempo.

Nota. Elaborada a partir de lo planteado por Morgado y Baena, 2011, p. 21.

Por otro lado, Baena et al., (2013) señalan que en el proceso metodológico experimental existen algunas contribuciones importantes en dicho proceso como por ejemplo: la experiencia, que radica en un primer acercamiento empírico al problema, la cual debe cumplir con unos requerimientos básicos de carácter científicos como también de un rigurosos encuadre histórico cultural; de igual modo, el experimento propiamente dicho, debe cumplir con unos requisitos que cumplan con los estándares científicos y de acoplarse a las peculiaridades del experimento con procesos y comportamientos humanos. En este mismo orden de ideas, Morgado y Baena (2011) plantean que la experimentación conlleva a un aislamiento del objeto de análisis a observar; tanto en relación con el sujeto como del entorno o contexto en que se enmarca dicho objeto y, tal realidad a observar es simplificada dadas las hipótesis previas que dotan de valor al experimento.

Finalmente, la experimentación en arqueología como en otras disciplinas tiene también sus limitaciones; en este caso, hay por ejemplo, realidades del pasado o de la formación del registro arqueológico que son observados e inferidos pero no pueden ser reproducidos mediante la experimentación o dicho de otro modo, no existe aún la posibilidad de una observación directa del pasado (Morgado & Baena, 2011).

5. Antecedentes

Ciertos estudios enfocados en el papel de agentes bioperturbadores, han estimado que “Quizás el agente faunístico más reconocido para la mezcla del suelo es la lombriz de tierra, que tiene esta distinción en parte debido al estudio clásico de Darwin (1881) (...)” (Wood & Johnson, 1978, p. 325 traducción propia). A su vez, estos agentes no solo modifican el suelo y mueven los materiales dentro de él, sino que en realidad crean tipos de suelos distintos; por otro lado, recalcan, que aunque las lombrices realizan sus actividades cerca de la superficie cuando el suelo está húmedo, sus madrigueras pueden extenderse a profundidades de 3 m (9 pies) o más. Por otra parte, expresan que la consecuencia más conocida de la acción de las lombrices es la difuminación de los límites naturales o culturales del suelo, la responsabilidad de este evento es atribuido en gran parte a estos agentes, aunque también, influyen otros procesos (Wood & Johnson, 1978).

De igual modo, Armor-Chelu y Andrews (1994) estudiaron el papel de las lombrices como agentes bioperturbadores, para ello, diseñaron un experimento para evaluar hasta qué punto los huesos de pequeños mamíferos pueden estar dispersos en los perfiles del suelo por la actividad de estos agentes. Algunos de los resultados indican que ciertas especies de lombrices de tierra desplazan los huesos de pequeños mamíferos, tanto vertical como horizontalmente. Además, los huesos pueden romperse y desgastarse y mezclarse con huesos de otras fuentes. Por otro lado, sugieren que los resultados del experimento se pueden extender a cualquier objeto pequeño en la superficie del suelo o ya enterrado dentro de él; de igual manera, señalan que pequeños artefactos arqueológicos, fósiles de invertebrados e incluso características estratigráficas pueden dispersarse dentro de un perfil del suelo si las lombrices están activas en cualquier momento de la deposición.

Por su parte, Canti (2003) presenta un artículo donde analiza el conocimiento existente sobre el tema y presenta algunas investigaciones recientes realizadas sobre varios aspectos de las acciones de los gusanos y su relación con la tafonomía. En este sentido, plantea que desde hace mucho tiempo se sabe que las lombrices de tierra tienen efectos significativos en la estratigrafía arqueológica; aunque se sabe que estas causan el entierro de los hallazgos debido a la fundición en la superficie, algunas de sus otras actividades se registran con menos frecuencia: el entierro activo de piedras y semillas, la construcción de mojones y su producción de gránulos de carbonato de calcio en su mayoría no se han estudiado en detalle y se han explotado poco desde un punto de vista interpretativo. Asimismo, expresa que las lombrices pueden producir entre 1 y 10 mm por año

de suelo y depositarlo sobre la superficie, desde que lo recogen de todo el perfil del suelo. Por otro lado, afirma que las piedras pequeñas, semillas y granos de arena en el rango de tamaño 5 mm-200 µm se transportan activamente hacia el interior de las madrigueras, algunos se utilizan para revestir cámaras de estivación.

Ahora bien, en Sudamérica, Araujo (1995) plantea que “Los datos sobre el papel de las lombrices tropicales (...) son, nuevamente, escasos (Araujo 1995 citado en Araujo, 2013, p. 2125). Sin embargo, menciona el estudio de Righi (1990) en Brasil, donde se estudia la acción de la *Pontoscolex corethrurus*, la especie de anélido más común en dicho país, sobre ella no existen datos sobre el volumen de tierra ingerida y excretada, el único dato disponible es que este anélido excreta en la superficie, enterrando potencialmente los materiales arqueológicos (Araujo, 2013).

En Argentina, Fernández y Escosteguy (2019) realizaron un experimento de tafonomía actualística, donde se evaluó la actividad de tres especies de anélido presentes en la microrregión del río Salado bonaerense, con el fin de conocer los efectos de estos agentes en sitios arqueológicos de dicha zona. Se dispusieron al aire libre tres contenedores transparentes, los cuales fueron rellenos con sedimento extraído del área de investigación que contenía humus y lombrices; en la superficie de cada contenedor se situaron huesos de armadillo, artefactos líticos y fragmentos cerámicos experimentales de distintos tamaños. Al concluir los experimentos, se registraron lombrices en los tres contenedores, en diferentes posiciones y a distintas profundidades; de igual manera, se observaron túneles, grumos fecales y un cocón. Por otra parte, los huesos se encontraban semienterrados y enterrados a distintas profundidades, mayormente hasta los primeros 5 cm. Finalmente, concluyen que:

Los modelos propuestos a partir del estudio de L. terrestres u otros lumbrídeos para la bioturbación de sitios arqueológicos europeos o norteamericanos no son del todo útiles para interpretar procesos de formación en el cono sudamericano, ya que se ha constatado que dicha especie presenta mayor capacidad de alterar el registro (Fernández & Escosteguy, 2019, p. 108).

En cuanto a los escarabajos investigaciones como las realizadas por Babot et al., (2009) donde estudiaron un entierro agropastoril ubicado en la estructura 1 del sitio Punta de la Peña 9, sector I, en el desierto puneño de Antofagasta de la Sierra, Puna Meridional Argentina; cuya

ocupación la han situado entre los *ca.* 2000 y los 400 años AP (López, 2001 y Cohen, 2005 citados en Babot et al., 2009). Este entierro lo abordaron multidisciplinariamente integrando enfoques y líneas de evidencia que incluyeron análisis bioantropológicos, arqueobotánicos, zooarqueológicos, cerámicos, técnico-tipológicos de artefactos líticos etc. En este contexto en los niveles 1 y 2 recuperaron restos de coleópteros de la familia Carabidae y de una especie fitófaga de la familia Curculionidae; lo cual les permitió estimar la relación de estos escarabajos con procesos de formación y transformación del registro de la tumba, dado que afectaron a los materiales arqueofaunísticos, bioantropológicos y posiblemente, arqueobotánicos.

En el contexto colombiano, las investigaciones sobre agentes bioperturbadores no se han enfocado en analizar el papel de las lombrices terrestres y los escarabajos estercoleros de forma que se registre sistemáticamente el tipo de alteraciones que pueden generar en distintos tipos de evidencias arqueológicas. Algunas investigaciones (Peña, 2019; González & Zapata, 2019) han analizado el papel de otros agentes bioperturbadores en varios tipos de evidencias; por ejemplo, Peña (2019) realiza una investigación de corte experimental donde utiliza restos óseos de dos cerdos cada uno de 65 Kg y los entierra a una profundidad de 85 cm en dos suelos de uso diferente -ganadero y cultivo- en una finca ubicada en Yarumal, Antioquia. El objetivo era determinar las diferencias tafonómicas que pueden presentar los restos óseos de acuerdo a su lugar de inhumación. Por su parte, González y Zapata (2019) analizan de manera descriptiva una muestra de restos óseos exhumados en suelo en la zona 2 del Jardín Cementerio Universal en la ciudad de Medellín-Colombia, en la cual buscaron relacionar la intervención de hongos en las afectaciones tafonómicas, para ello se obtuvieron muestras de hongos por raspado superficial *in situ* a fragmentos de ataúd, piezas óseas y suelos; luego, observaron y fotografiaron las muestras en el laboratorio para analizarla a partir de la bibliografía disponible; de igual manera, fotografiaron diferentes huesos con afectaciones tafonómicas macroscópicas a fin de evidenciar el deterioro con el que son extraídos al momento de la exhumación por las condiciones específicas del suelo en dicha zona. Estas investigaciones brindan entre otras cosas, una ruta teórica y metodológica que sirve de guía a la hora de afrontar cuestionamientos similares; por otro lado, sugieren que al tema se le ha prestado atención y no ha sido confinado al olvido por la arqueología en Colombia.

6. Algunas generalidades de los agentes bioperturbadores

6.1 Escarabajos estercoleros

Se cree que estos insectos existen desde hace aproximadamente 145 millones de años atrás; entre el período Jurásico y Cretácico. Inicialmente su dieta se basaba en humus, pero luego empezaron a alimentarse con estiércol de mamíferos en el Terciario. En el mundo se han descrito alrededor de 6000 especies de escarabajos estercoleros, agrupadas en aproximadamente 257 géneros (González, 2013). Etológicamente se agrupan en 3 categorías ecológicas. (Ver tabla 3)

Tabla 3

Clasificación etológica de los escarabajos estercoleros.

Paracópridos	Telecópridos	Endocópridos
Construyen túneles o galerías al interior del suelo en donde depositan el estiércol desde una bosta superficial, con la que construyen su nido.	Toman y transportan una porción de bosta de la superficie, lejos de la ubicación original del estiércol.	Dentro del estiércol desarrollan gran parte de su ciclo biológico.

Nota. Elaborada a partir de Hanski y Cambefort, 1991; Nichols et al., 2008 citados en González 2013.

La dieta de estos escarabajos está compuesta principalmente de materias fecales; la cual usan de dos formas distintas: 1) se alimentan del líquido rico en microorganismos que se encuentra en el excremento y 2) usan el material más fibroso para criar a sus larvas (Solís, 1987; Basto-Estrella et al., 2012 y González-Alvarado & Medina, 2015). En cuanto a los nidos pueden estar conformados por una o más bolas de crianza “Brood balls” en cada una de estas se ubica individualmente las larvas (Halffter & Edmonds, 1982 citados en González, 2013).

Por otra parte, estos insectos suelen tener patas fuertes y peludas, antenas con nueve articulaciones terminadas en maza, cuerpo deprimido con cabeza romboidal y dentada por delante y patas anteriores desprovistas de tarsos. De igual modo, se caracterizan por sus antenas lameladas

formadas por once artejos (Solís, 1987; Basto-Estrella et al., 2012; González, 2013 y González-Alvarado & Medina, 2015).

Los escarabajos estercoleros cumplen funciones muy importantes tanto para la agricultura como para el medio ambiente, ya que son excelentes limpiadores del suelo; además, mediante la dispersión de semillas y el reciclaje de nutrientes, mantienen la integridad del ecosistema; asimismo con su actuar ayudan a suprimir, por ejemplo, los parásitos del ganado, dado que con su actividad subterránea, airean más al suelo, cortan el ciclo de vida de estos con lo cual retardan la difusión de parásitos y de los agentes patógenos, lo cual reduce el número o presencia de dichos organismos (Solís, 1987; Basto-Estrella et al., 2012; González, 2013 y González-Alvarado & Medina, 2015).

Por otro lado, se ha observado que algunas comunidades de escarabajos coprófagos son sensibles a la abundancia del recurso alimenticio y son fuertemente influenciadas por el tipo de excremento y los cambios en la disponibilidad de estos; lo anterior incluye cambios en la composición, abundancia y estructura trófica, debido al aumento o disminución de especies; dado que la destrucción, fragmentación y aislamiento del bosque puede causar la disminución o limitar la distribución de las poblaciones de vertebrados que suministran el recurso que es consumido por los escarabajos; lo cual puede afectar la cantidad, calidad y distribución del excremento que es requerido por este grupo de insectos (Rangel-Acosta et al., 2012). En este sentido, factores de origen antrópico tienen un papel determinante en la distribución y abundancia de estos insectos, tales como: la deforestación y fragmentación de bosques, uso de pesticidas y antiparasitarios de uso veterinario y la construcción de vías (Davis et al., 2004; Floate et al., 2005; Escobar et al., 2007; Nichols et al., 2007; Larsen et al., 2008; Carpio et al., 2009; Numa et al., 2012; Wall & Beynon, 2012 citados en González, 2013).

Los escarabajos estercoleros también son un grupo ampliamente usado en estudios ecológicos y evaluaciones de diversidad. En Colombia se han registrado 283 especies y 35 géneros (Medina et al., 2001). No obstante, se desconoce el número real de especies debido a que después del listado de Medina et al., (2001) no se conoce un listado actualizado de las especies para el país (González-Alvarado & Medina, 2015).

Ahora bien, en relación con su papel como agentes bioperturbadores, investigaciones como las realizadas por Babot et al., (2009) en un entierro agropastoril cuya ocupación la han situado entre los *ca.* 2000 y los 400 años AP (López, 2001 y Cohen, 2005 citados en Babot et al., 2009) sitio localizado en el desierto puneño de Antofagasta de la Sierra, Puna Meridional Argentina; han

permitido estimar su relación con procesos de formación y transformación del registro de la tumba, dado que afectaron a los materiales arqueofaunísticos, bioantropológicos y posiblemente, arqueobotánicos.

En términos generales, los estudios sobre el papel de los escarabajos estercoleros, como agentes bioperturbadores; su rastreo bibliográfico arroja pocos resultados en comparación con los estudios de las lombrices de tierra; en algunos textos (Goldberg & Macphail, 2006 y Godoy-Toro et al., 2021) se le hace mención brevemente o se le incluye dentro de los insectos excavadores responsables de alteraciones en el registro arqueológico, además, también se les considera un indicador de las condiciones paleoambientales del pasado y de las relaciones ecológicas de grupos prehispánicos con el medio ambiente; sin embargo, como agentes bioperturbadores, no se realiza un análisis particular y exhaustivo de las perturbaciones por su acción.

6.2 Lombrices terrestres

Existen en el mundo aproximadamente 8302 especies, de las cuales en general se conoce su descripción morfológica y el género al que pertenecen únicamente; se sabe poco o nada de sus ciclos de vida y de su ecología (Domínguez & Gómez-Brandón, 2010). En este mismo sentido, Canti (2003) expresa que la mayor variedad se encuentra en suelos tropicales, estas se caracterizan por vivir en hojarascas o en madrigueras y comer casi todas las formas de materia orgánica presente en el suelo. Son de sangre fría y respiran a través de su piel, dichas características la hacen sensible a los cambios ambientales repentinos; de igual modo, son sensibles a la luz a través de fotorreceptores ubicados principalmente en sus cabezas. Por otra parte, “son anélidos hermafroditas que se reproducen por apareamiento, autofecundación o partenogénesis y nacen de huevos llamados “cocones” (Díaz Cosín, Novo & Fernández, 2011 citados en Fernández & Escosteguy, 2019). Por otro lado, dependiendo de la especie de anélido, cuando excavan construyen galerías, túneles y cámaras de distintos tamaños. A su vez, se les considera “ingenieros del ecosistema” dado que inciden directamente en las propiedades hidráulicas del suelo debido a su influencia en la porosidad de este y en el proceso de descomposición de la materia orgánica (Fernández & Escosteguy, 2019).

Ahora bien, según algunas características entre las que destacan las estrategias de alimentación o de formación de galerías, las lombrices se clasifican en tres grupos. (Véase tabla 4)

Tabla 4*Clasificación etológica de las lombrices terrestres.*

Epígeas	Endógenas	Anécicas
Viven en el horizonte orgánico, en o cerca de la superficie del suelo.	Viven a mayor profundidad en el perfil del suelo.	Viven de forma más o menos permanente en galerías verticales, que pueden extenderse varios metros hacia el interior del perfil del suelo.
Se alimentan principalmente de materia orgánica en descomposición (restos vegetales, heces de animales etc.).	Se alimentan principalmente de suelo y de materia orgánica asociada.	Por las noches emergen a la superficie para alimentarse de hojarasca, heces y materia orgánica en descomposición, que transportan al fondo de sus galerías.
Suelen ser especies de pequeño tamaño, uniformemente pigmentadas.	Tienen poca pigmentación y construyen sistemas de galerías horizontales muy ramificadas.	Normalmente son de gran tamaño y de un color pardo oscuro en la edad adulta.
Altas tasas reproductivas y metabólicas que les permite adaptarse a las condiciones ambientales tan variables de la superficie del suelo.	Presentan tasas de reproducción más bajas y ciclos de vida más largos en comparación con las especies epígeas. Son más resistentes a períodos de ausencia de alimento.	Sus tasas reproductivas, medidas como producción de capullos son relativamente bajas.
Producen deyecciones holorgánicas y presentan una tasa alta de consumo, digestión y asimilación de la materia orgánica.	Llenan con sus deyecciones mientras se mueven por el horizonte orgánico-mineral del suelo sus sistemas de galerías.	Sus excrementos los depositan en la superficie.

Nota. Elaborada a partir de lo expuesto por Lee, 1985 y Domínguez y Gómez-Brandón, 2010.

Las lombrices de tierra cumplen una gran variedad de funciones ecológicas (ver tabla 5), lo cual según Vázquez (1997) no es un descubrimiento reciente, ya que en la antigüedad esto era sabido; tal es el caso de los egipcios que desde tiempos de los faraones conocían que la gran fertilidad del valle del río Nilo era debido a la presencia de las lombrices en estas áreas, dado que con su actividad fomentaban y aumentaban la fertilidad y calidad de los suelos. De igual modo, señala el mismo autor que los griegos también reconocían el papel de las lombrices tanto para la agricultura como para el mejoramiento de los suelos, no es en vano que Aristóteles las llamo “el intestino de la tierra”. Ya en un período más reciente fue el naturalista Gilbert White en el año de 1775, el primer científico en reconocer la importancia de las lombrices de tierra, dado que en resumidas palabras expresó que la tierra sin lombrices se vuelve estéril rápidamente (Vázquez, 1997).

Tabla 5*Algunas funciones de la actividad de las lombrices terrestres sobre el sustrato.*

Morfología	Construyen redes de galerías que facilitan la aireación y drenaje del suelo.
Porosidad	La aumentan de 30-40% a 60-70%.
Erosión	En la superficie de los suelos planos, disminuyen la erosión, por capas y sus excretas frenan la erosión superficial. Formación de macro y micro agregados.
Retención de H₂O	Aumentan esta capacidad al actuar sobre la estructura del suelo y formar complejos coloidales.
Nitrógeno	Favorecen la nitrificación de la materia orgánica y aumentan el N disponible en el suelo.
Calcio	Segregan CaCO ₃ en forma de pequeñas concreciones de calcita.
Enzimas	Aumentan el potencial enzimático del suelo (invertasas, fosfatasas, proteasas, etc.,).
Microflora	La aumentan cuali y cuantitativamente
Humificación	La favorecen al mezclar los desechos vegetales del suelo, deyecciones y de sus propios cadáveres.

Nota. Elaborada a partir de lo expuesto por Vázquez, 2013, pp. 26-27.

Estos anélidos son reconocidos como agentes bioperturbadores dado que permanentemente mezclan y desplazan partículas de suelo, entierran progresivamente los objetos más grandes y transportan hacia la superficie los más pequeños (Fernández & Escosteguy, 2019). En este mismo sentido, Butzer (1989) expresa que los excrementos que evacuan las lombrices hasta la superficie pueden llegar a cubrir rápidamente todo tipo de objetos; asimismo, a lo largo de un período de tiempo, la actividad de estas en un tipo de suelo altamente húmico puede producir el sepultamiento

gradual de una superficie y la consiguiente estratificación de los materiales originales en los 25 a 30 cm del sedimento biogénico.

En relación con sus madrigueras, a menudo son visibles en las excavaciones, generalmente donde ciertas especies han estado activas, las madrigueras de especies que viven cerca de la superficie típicamente se pierden durante el desmonte de la capa superficial del suelo o son apenas visible debido al escaso contraste de color entre la matriz del suelo y la madriguera; a su vez, los restos de lo más profundo de las madrigueras aparecen como numerosas franjas casi verticales aproximadamente de 1-3 cm de ancho llenos de tierra oscura y por lo tanto visible contra el subsuelo de color más claro (Canti, 2003).

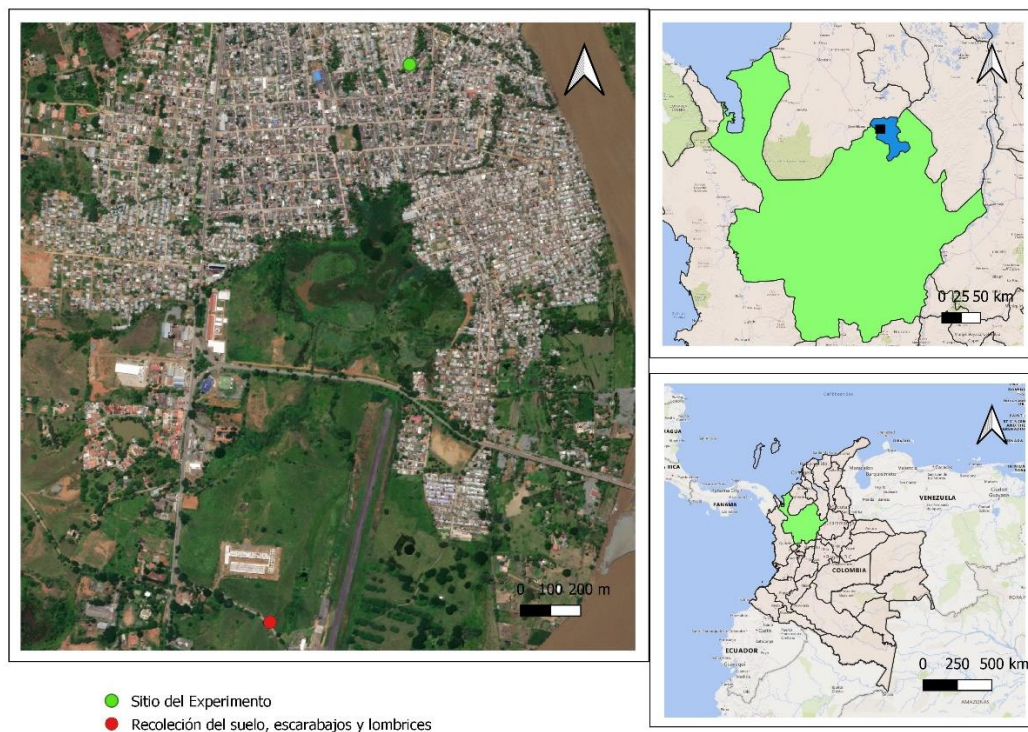
7. Área de estudio

7.1 Generalidades

El municipio de Caucaasia se encuentra localizado en la subregión del Bajo Cauca al nororiente del Departamento de Antioquia en riberas del río Cauca a unos 50 msnm entre las estribaciones y el pie de monte de las cordilleras central y occidental del sistema montañoso andino. Limita por el norte con el Departamento de Córdoba, por el oriente con los municipios antioqueños de Nechí y El Bagre, por el sur con el municipio de Zaragoza, y por el occidente con el Municipio de Cáceres. Tiene una extensión de 1.058 Km², es un territorio biodiverso dados sus recursos naturales y gracias a su ubicación geográfica es competitivo en temas como la agricultura, ganadería, minería, comercio, entre otros (Ramírez, 2019; Alcaldía de Caucaasia, 2020 y Rivas-Casarrubia, 2020).

Figura 2

Mapa de ubicación del municipio de Caucaasia y de los sitios del experimento y recolección de la muestra de suelo, escarabajos y lombrices



La zona en donde se ubica Caucasia antes de la conquista fue probablemente parte del territorio dominado por el grupo indígena Zenú hasta el siglo X aproximadamente, donde inicia la desintegración de la organización social de este grupo en las zonas de la sabana, la Depresión Momposina y el Bajo Cauca; de igual manera, esta última zona fue posiblemente el centro de intercambios comerciales entre Malibúes provenientes de las orillas y lagunas del Magdalena, los Zenúes y grupos provenientes de la zona Andina (Botero & Monsalve, 1999 citados por Cardozo, 2006).

Ya en tiempos de la Colonia el poblamiento de las riberas del río Cauca pudo haberse dado también por la necesidad de los viajeros y comerciantes de hacer paradas para descansar en algunos lugares de sus rutas (González, 1981 citado por Cardozo, 2006).

En un período más reciente, esta zona de descanso y paso atrajo a muchas personas dada la fertilidad de sus tierras y por su cercanía a algunos ríos; en este sentido, se tiene registro desde mediados del siglo XIX de colonos desmontando tierras. Estos primeros pobladores provenían de distintas partes como: las tierras bajas y cenagosas del sur de Bolívar, Medellín, Barranquilla, Magangué, Zaragoza, Córdoba y pueblos del interior de Antioquia (González & Rueda, 2009).

Ahora bien, la población de Caucasia según datos del 2019 de la Dirección Seccional de Salud de Antioquia es de 123.304 habitantes donde el 79 % reside en la zona urbana y aproximadamente el 21% vive en la zona rural; cifra que lo convierte en el municipio con mayor densidad poblacional de la región, además de ser el mayor productor de ganado, con 132.500 hectáreas destinadas a esta actividad (Alcaldía de Caucasia, 2020).

7.2 Geomorfología

El municipio de Caucasia se localiza sobre la unidad de relieve conocida como planicie del Caribe que para esta región del país se caracteriza por su geomorfología suave, con colinas y planicies como elementos dominantes del paisaje (Botero, 2017). De igual modo, se considera que esta zona ocupa la posición geomorfológica de terrazas, algunas disectadas, formadas en épocas antiguas y recientes de la planicie aluvial donde el relieve es plano o ligeramente plano en las cimas y ondulado a fuertemente inclinado en las partes disectadas y taludes y, las pendientes son cortas, planas y plano convexas menores del 25% (IGAC, 2007).

Por otra parte, Restrepo (2016), plantea que la zona presenta dos unidades geoestructurales dominantes: la unidad de cordilleras central y occidental y la fosa interandina del río Cauca; la primera, presenta un ambiente orogénico, estructural, erosional y deposicional, con un macro-paisaje de lomerío con relieve de lomas y colinas conformadas por calizas, lodolitas y areniscas calcáreas y; la unidad estructural correspondiente a la fosa interandina del Cauca presenta un ambiente fluvial deposicional, con un paisaje de valle y planicie aluvial donde predominan los planos de inundación y las terrazas aluviales compuestas por depósitos sedimentarios aluviales y lacustres (Citado por Ramírez, 2019).

7.3 Unidades litológicas

Las unidades fluviales terciarias del municipio pertenecen a la Formación Caucasia conformada por conglomerados poco consolidados de guijarros y bloques de rocas metamórficas de alto grado y de cuarzo lechoso, flotando en una matriz areno-arcillosa de color rojo. Por su parte, los tipos de rocas predominantes son sedimentario continental del Cuaternario que se encuentran pequeñas terrazas sobre material metamórfico de edad Mesoproterozoico (IGAC, 2007).

Por otro lado, las secuencias sedimentarias detríticas de edad Neógeno- Cuaternario, presentes en Caucasia han sido agrupadas por el Servicio Geológico Colombiano en el denominado Grupo Sincelejo que está conformado por intercalaciones arenosas, arcillosas, limosas y en menor proporción lodos y arenas ligeramente conglomeráticas que desarrollan geoformas de colinas bajas redondeadas cubiertas superficialmente y en forma generalizada por horizontes de suelo residual areno limoso de color café a café amarillento (Botero, 2017).

7.4 Clima

Caucasia presenta un clima cálido y húmedo, con temperatura promedio de 24°C y precipitación aproximada entre 2000 y 3000 milímetros (mm) anuales (IGAC, 2007). En este municipio los veranos suelen ser cortos y cálidos; los inviernos son largos, calurosos y mojados y está opresivo y nublado durante todo el año; además, durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 38 °C (Rivas-Casarrubia, 2020).

7.5 Suelos y material parental

En Caucasia el material parental está constituido por aluviones antiguos finos a gruesos, los suelos son de mediana a alta evolución pedogenética, muy profundos y profundos, de texturas finas y moderadamente finas, bien a pobremente drenados, de reacción extremadamente ácida y fertilidad natural baja a muy baja (IGAC, 2007). Asimismo, estos suelos son descritos como suelos de clima cálido húmedo, con altas saturaciones de aluminio (Restrepo, 2016 citado por Ramírez, 2019).

Por otro lado, según el IGAC (2007) los suelos localizados en esta unidad – Asociación Caucasia- son clasificados como Oxíc Dystrudepts (35%), Typic Hapludults (30%), Acrudoxic Kanhapludults (25%) e inclusiones de los suelos Typic Endoaquepts, Typic Humaquepts y Typic Dystrudepts en proporciones de 5% cada uno. De acuerdo con el IGAC (2007) en su orden estos suelos presentan las siguientes características: los suelos Oxíc Dystrudepts (Perfil Modal AS124, réplica AS121, A56) ocupan la posición de plano de terraza, derivados de aluviones finos y muy finos; son profundos, bien drenados. Los suelos presentan perfiles con secuencia de horizontes A-B-C. Por su parte los suelos Typic Hapludults. (Perfil Modal A57, réplica A55) se encuentran localizados en los planos de las terrazas principalmente de nivel medio. Los suelos se han derivado de aluviones finos antiguos; son bien drenados, profundos, de texturas finas y muy finas y morfológicamente presentan una secuencia de horizonte A, Bt, C; en cuanto a los suelos Acrudoxic Kanhapludults. (Perfil Modal A61, réplica A58) localizados en los planos de las terrazas de niveles altos, se han derivado de aluviones antiguos; son moderadamente profundos, limitados por factores físicos, bien drenados, de texturas finas y moderadamente finas y morfológicamente presentan una secuencia de horizontes A, Bt, Bw, C y, finalmente, los suelos Vertic Endoaquepts. (Perfil Modal AS92) ocupan la posición geomorfológica de los bajos de las terrazas de la planicie aluvial. El material parental está constituido por aluviones muy finos. Los suelos son de mediana evolución pedogenética, superficiales, limitados en su profundidad efectiva por fluctuaciones del nivel freático, de texturas muy finas, pobremente drenados, de reacción muy fuertemente ácida y fertilidad natural alta a moderada y morfológicamente presentan un perfil del tipo A-B-C.

Por otra parte, la Asociación Caucasia presenta las siguientes fases, según el IGAC (2007):

CAa: Asociación Caucasia, fase plana

CAa1: Asociación Caucasia, fase plana, ligeramente erosionada

CAb: Asociación Caucasia, fase ligeramente ondulada

CAb1: Asociación Caucasia, fase ligeramente ondulada, ligeramente erosionada

CAb2: Asociación Caucasia, fase ligeramente ondulada, moderadamente erosionada

CAC: Asociación Caucasia, fase moderadamente ondulada

CAC1: Asociación Caucasia, fase moderadamente ondulada, ligeramente erosionada

CAd: Asociación Caucasia, fase moderadamente quebrada.

CAe: Asociación Caucasia, fase ligeramente escarpada p. 418

Ahora bien, la muestra de suelo usada en el experimento proviene de una zona correspondiente a una planicie aluvial; la cual fue tomada de los primeros 40 cm de profundidad de un sector localizado en inmediaciones de la nueva sede del Hospital Cesar Uribe Piedrahita, en el municipio de Caucasia cuyas coordenadas geográficas son 7°57'59.7"N 75°12'01.6"W (Google Maps).

7.6 Uso actual del suelo

De acuerdo con el IGAC (2007) la vegetación natural ha sido talada y el uso actual de los suelos es la ganadería en pastos introducidos y nativos. Esta actividad pecuaria es la más importante en la zona, presentándose en forma extensiva a semi intensiva, ya sea en explotaciones de gran tamaño con pastos como pará (*Brachiaria mutica*), puntero (*Hyparrhenia rufa*), carimagua (*Andropogon gayanus*) y *Brachiaria decumbens*; dicho uso prevalece en zonas de terrazas bajas y altas y, del mismo modo, en colinas; en contraste, en las terrazas medias este uso disminuye significativamente dado que en estas unidades, es la actividad minera del oro la predominante impactando negativamente sobre el suelo y el medio ambiente en general (Jaramillo, 1996).

8. Materiales y Métodos

8.1 Generalidades

Con el fin de analizar la acción de la *Lumbricus terrestris* y de algunos escarabajos coprófagos de la subfamilia Scarabaeinae como agentes bioperturbadores del registro arqueológico; se realizó durante cuatro meses -del 21 de octubre de 2021 al 21 de febrero del 2022- una investigación de corte experimental en dos unidades experimentales -Uexp- una por cada agente bioperturbador (Uexp. 1 -anélidos- y Uexp. 2 -coleópteros).

El experimento se desarrolló en dos contenedores fabricados con láminas de vidrio de 5 mm de grosor con perforaciones en las bases y en los laterales para facilitar el drenaje y la circulación del aire. Las dimensiones del contenedor de la Uexp. 1 eran de 50 cm de largo por 10 cm de ancho y 50 cm de profundidad y el de la Uexp. 2 de 50 cm de largo, 8 cm de ancho y 50 cm de profundidad. En ambos contenedores (véase tabla 6) se depositó una capa de 1 cm -aproximadamente- de piedras en el fondo para el drenaje. Luego, se rellenaron los siguientes 9 cm con una muestra de suelo extraída de los primeros 40 cm de un sector localizado en inmediaciones de la nueva sede del Hospital Cesar Uribe Piedrahita en el municipio de Caucasia, Antioquia. Después, en cada uno de los 5 niveles establecidos se colocaron capas de 5 cm de grosor con la misma muestra de suelo en los que se depositaron respectivamente: semillas carbonizadas de frijol -*Phaseolus vulgaris*- F, guanábana -*Annona muricata*- G, maíz -*Zea mays*- M, fragmentos de cerámica de carácter experimental de diferentes tamaños C y huesos de pescado -*Prochilodus magdalenae*- P.

Tabla 6

Distribución vertical de las áreas de los contenedores y de la ubicación de los materiales depositados

Abreviación de los materiales empleados en la Uexp.	F, G, M, C, P	
Superficie- parte superior del contenedor	15 cm	
Nivel 1	5 cm (15-20 cm)	3, 3, 3, 2 y 2
Nivel 2	5 cm (20-25 cm)	3, 3, 3, 2 y 2
Nivel 3	5 cm (25-30 cm)	3, 3, 3, 3 y 2
Nivel 4	5 cm (30-35 cm)	3, 3, 3, 4 y 2
Nivel 5	5 cm (35-40 cm)	3, 3, 3, 4 y 2
Muestra de suelo sin materiales depositados	9 cm (40-49 cm)	
Capa de piedra- fondo del contenedor	1 cm (49-50 cm)	
Total de cm del tamaño del contendor	50 cm	Total: 14,15,15, 14 y 10

Después, en la superficie de cada contenedor, se colocó el tipo de alimento respectivo para cada agente bioperturbador; estiércol fresco de cerdo para los escarabajos y restos de vegetales y hojas en descomposición para las lombrices. Por otro lado, los contenedores fueron cubiertos por los laterales con cartulina negra, dado el hábito nocturno de estos animales (González-Alvarado & Medina, 2015 y Fernández & Escosteguy, 2019) y en la parte superior se puso malla plástica para evitar la salida de los agentes y el ingreso de otros materiales u organismos externos. Finalmente, para evaluar y registrar el estado de las unidades experimentales, se realizó un control de 3 días por semana que incluyó un registro fotográfico y en diario de campo.

8.2 Análisis de los fragmentos de cerámica

El análisis de los fragmentos cerámicos se realizó a partir de la terminología y metodología expuesta en Argüello (2010). Se elaboraron fichas en Microsoft Word para la identificación y descripción tanto cualitativa, cuantitativa y fotográfica de algunos atributos reflejados o que se determinan a partir del análisis visual de la superficie externa de los fragmentos cerámicos como los aspectos correspondientes a: huellas de uso, textura de la superficie o el estado de conservación. Estos aspectos se observaron macroscópicamente y las características cuantitativas

correspondientes a las dimensiones -largo, ancho y grosor- se establecieron con un calibre tipo “pie de rey”. Luego, estos datos fueron registrados sistemáticamente en una base de datos construida en Microsoft Excel para registrar las características previas al montaje y posteriores al desmontaje de las unidades experimentales; para así, tratar de establecer si se presentaron alteraciones asociadas o no a la acción de los dos agentes bioperturbadores empleados en la investigación.

8.3 Análisis de las semillas carbonizadas

Para analizar las semillas carbonizadas se elaboraron fichas de registro en Microsoft Word, en las cuales se registró algunas características cualitativas como la forma, la textura y el estado de la superficie de la ornamentación externa; asimismo, se registraron las características cuantitativas correspondientes al largo, ancho y el grosor y; de igual manera, se indicó el estado de conservación, el grado de carbonización y dos fotografías, una por cada cara de la semilla. Después, esta información se registró en una base de datos elaborada en Microsoft Excel, desde donde se registró las características previas al montaje y posteriores al desmontaje de las unidades experimentales con el propósito de establecer la presencia o ausencia de alteraciones. Las características morfológicas se establecieron a partir de un análisis macroscópico y se tomó como referente la propuesta metodológica y terminológica empleada por Buitrago (2016) quién plantea que, esta caracterización es un proceso que consta de dos tipos de medidas: cuantitativas: largo, ancho, grosor, peso y cualitativas: ornamentación de la superficie externa, ornamentación de la superficie interna y distribución, forma y posición de los poros, en caso de que las semillas cuenten con este tipo de rasgos.

8.4 Análisis espacial

Se realizaron dibujos de planta en hojas milimetradas por cada uno de los 5 niveles de ambas unidades experimentales, con una escala de 1: 2 cm, donde se registró la localización espacial inicial y final de las semillas carbonizadas, los fragmentos de cerámica y los restos óseos de ictiofauna en los contenedores de las unidades experimentales.

Se empleó la técnica de la perpendicular al eje de referencia (Domingo, Burke y Smith 2015), donde primeramente se estableció un eje de referencia correspondiente al largo de cada contenedor (50 cm) equivalente a la coordenada X; que va desde un punto cero, inicio de dicha

dimensión hasta los 50 cm del final del largo del contenedor y, luego, se midieron en un ángulo de 90 ° las distancias perpendiculares (coordenada Y: ancho de los contenedores) al eje de referencia para así establecer y registrar la ubicación de los distintos materiales empleados. Por otra parte, esta información sobre las coordenadas de la ubicación de los materiales se registró en una base de datos en Excel, al igual que la profundidad (coordenada Z) en que fueron enterrados y hallados con el fin de facilitar el análisis de la información con el fin de establecer la presencia de alteraciones en relación con esta variable.

8.5 Análisis de los restos óseos de ictiofauna

El análisis de los restos óseos de ictiofauna se realizó a partir de una observación macroscópica de algunas características morfológicas presentadas en la superficie ósea cortical, como la textura de la superficie, presencia o ausencia de perforaciones, forma de las perforaciones o la presencia o ausencia de manchas. Esta información, al igual que la correspondiente a las características cuantitativas como largo, ancho y grosor y, así, como las fotografías de cada hueso se registró en fichas de registro diseñadas en Microsoft Word a partir de las elaboradas por Souza (2017). Luego esta información se sistematizó en una base de datos en Excel desde donde se registró las características previas al montaje y posterior al desmontaje de las unidades experimentales para establecer alteraciones o no en este tipo de restos. También, para el análisis de estos restos óseos se tuvo en consideración la terminología empleada por Souza (2017) y lo que plantea Yravedra (2013) en el capítulo 8 sobre los procesos de alteración ósea por agentes biológicos como los insectos.

8.6 Descripción e identificación de la muestra de suelo

La identificación del tipo de suelo y sus características se realizó a partir de los datos del Estudio General de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Antioquia (IGAC, 2007). Por otro lado, también la identificación de la textura se estableció con la determinación de la textura al tacto con el método de Tamés (Tamés & Peral, 1958 citados en Aramendia, Rodríguez & Rodríguez 2015) donde se humedece una porción de la muestra de suelo hasta alcanzar el “punto de adherencia” y se estira por comprensión y por rodamiento, formando un filamento y se efectúan algunas observaciones como si se pueden formar filamentos de 3 mm de diámetro, si se pueden

enrollar en anillos sin romperse cuando el filamento tiene una longitud de 10 cm. Con lo anterior se establece si el suelo es arenosos, arcillosos, limosos o arenosos-limoso (Aramendia, Rodríguez, & Rodríguez 2015).

8.7 Análisis del estado de conservación de los materiales

Para establecer el estado de conservación se realizó un análisis macroscópico del aspecto físico de los materiales una vez finalizado el experimento y, se utilizó una escala de tres posibilidades de calificación para establecer el grado de conservación, la cual se tomó y adaptó de Peña (2019). Esta escala indica que un estado de conservación *Excelente* se refiere a que los materiales en su aspecto externo y su condición estructural no han sufrido alteraciones considerables que impidan definir su forma original. Por su parte, un estado de conservación *Bueno* indica que la superficie externa y/o la integridad del material están afectados, implicando pérdida y/o fragmentación, pero su forma original puede distinguirse y un estado de conservación *Malo* se refiere a que el grado de fragmentación y/o pérdida ha alterado significativamente la estructura del material, perdiendo su integridad.

8.8 Análisis del espacio poroso

Para estimar el espacio poroso creado por los agentes bioturbadores de manera relativa, se dibujaron las galerías presentes en las caras de los contenedores una vez finalizado el experimento en papel mantequilla, calcando de manera precisa la forma y distribución de las mismas, luego se colorearon de negro para resaltar su figura y el área que representaban creando un contraste alto. Luego, se escaneo el dibujo de las galerías en cuatro imágenes JPG por cada Uexp; después se analizaron mediante el software Imagej Fiji (Schindelin, et al., 2012) para calcular el espacio poroso con el algoritmo *mean* que arrojó valores porcentuales de las áreas marcadas en negro, luego de obtener el porcentaje estimado de cada imagen, se calculó el promedio acumulado del área porosa correspondiente a cada unidad.

9. El experimento

Para analizar la acción de la *Lumbricus terrestris* y de algunos escarabajos coprófagos de la subfamilia Scarabaeinae como agentes bioperturbadores del registro arqueológico; se realizó durante cuatro meses -del 21 de octubre de 2021 al 21 de febrero del 2022- una investigación de corte experimental en dos unidades experimentales -Uexp- Siguiendo en gran parte, la propuesta metodológica de Fernández y Escosteguy (2019). Se contribuye al estudio de los procesos de bioperturbación del registro arqueológico y, la documentación de posibles huellas diagnósticas que permitan inferir la interacción de estos agentes con semillas carbonizadas, fragmentos de cerámica y restos óseos de ictiofauna.

Este experimento consta de dos etapas: 1) *pre-montaje* donde se preparan los materiales que se van a emplear, se recolectan los agentes bioperturbadores y en donde se describe entre otras cosas la elaboración de los contenedores de cada unidad experimental y 2) el *montaje* propiamente dicho en el que se integran todos los materiales para formar las unidades experimentales. A continuación, se describen estas dos etapas:

9.1 Pre-montaje

9.1.1 Selección y quema de semillas

Las semillas que se utilizaron en ambas Uexp son: frijol -*Phaseolus vulgaris*- guanábana -*Annona muricata*- y maíz -*Zea mays*- Se emplearon 30 semillas de cada tipo, 15 semillas por cada Uexp. La carbonización de las semillas regularmente se hace mediante el uso de una mufla en la que se calientan las semillas en condiciones reductoras; pero, en este caso se utilizó un método alternativo, para el cual se usó una olla metálica con una tapa en vidrio con un pequeño orificio por donde sale el aire y una estufa a gas como fuente de fuego. A continuación, se presentan la etapas del proceso de quema empleado para carbonizar las semillas:

1. Las semillas se depositan al interior de la olla que es tapada para evitar la entrada y ausencia de oxígeno durante la quema. En la olla se colocan las semillas de una misma especie, por ejemplo, las de maíz y en una cantidad de 60 semillas.
2. Se monta la olla a la estufa y el tamaño de la llama al que se expuso la olla fue medio-alta.

-
3. El tiempo en que se carbonizan las semillas depende del estado y los cambios que van sufriendo durante el proceso de quema; dichos cambios se van observando a través de la tapa de vidrio y, la quema termina cuando se observe que las semillas alcanzan un grado de carbonización óptimo, sea parcial o total y donde sean pocas las fragmentadas; ya que para los fines de esta investigación, se van a emplear, en su mayoría semillas no fragmentadas.
 4. Finalmente, después del proceso de quema se escogen 30 semillas de cada tipo; aquellas con mejor grado de carbonización y estado físico. Luego, se guardaron en bolsas herméticas transparentes donde se indicaba la unidad experimental -1 o 2- asignada y el código alfanumérico de identificación de cada tipo de semilla: M1 hasta M30 para las semillas de maíz, de F1 hasta F30 para las de frijol y de G1 hasta G30 para las de guanábana. (Ver figura 2).

Figura 3*Proceso de quema y registro de las semillas*

Las semillas se carbonizan debido a la *pirólisis*, que es un proceso en que se transforma la materia orgánica en combustibles como el carbón, mediante el calentamiento a temperatura moderadamente alta (350-650°C) y en ausencia de oxígeno. La pirólisis se materializa gracias a varias series de reacciones en las que influyen muchos factores, por ejemplo: la estructura y composición de la materia prima, la tecnología utilizada, la velocidad de calentamiento etc. (Bridgwater, 2003; Sullivan & Ball, 2012 en Pinedo, 2013).

Seguidamente, las semillas se fotografiaron por ambas caras y estas fotografías se guardaron en un computador en carpetas por cada tipo de semilla (véase figura 2). Luego, con los códigos alfanuméricos asignados anteriormente y consignados en las bolsas herméticas

transparentes cada semilla se rotuló con su respectivo código; los cuales después de estar pegados con colbón se cubrieron con una capa de esmalte para conservar el estado y visibilidad de cada rótulo y, una vez rotuladas se guardaron en las mismas bolsas a la espera de realizar el montaje de las unidades experimentales.

Finalmente, la información correspondiente a la identificación y descripción de las semillas se registró inicialmente en fichas diseñadas en Microsoft Word; pero, después fue sistematizada en una base de datos elaborada en Microsoft Excel, la cual contiene información como: el nombre científico, el número de identificación, la unidad experimental asignada; características cuantitativas como las medidas correspondientes al largo, ancho y grosor; características cualitativas como la forma y aspecto de la ornamentación externa y, también, un espacio para registrar otras observaciones.

9.1.2 Fragmentos de cerámica

Se emplearon 30 fragmentos de cerámica, 15 para cada unidad experimental; estos fragmentos de uso pedagógicos provienen de la Corporación SIPAH, los cuales una vez finalizado el experimento serán devueltos a dicha entidad. Los fragmentos de cerámica se rotularon con códigos alfanuméricos -C1 hasta C30- y se rotularon siguiendo el mismo procedimiento empleado con las semillas. Seguidamente, se fotografiaron por ambas caras y las fotografías se guardaron en un computador en una sola carpeta (ver figura 4 y figura 5). El registro de la información correspondiente a la descripción e identificación y posterior sistematización se realizó del mismo modo que en las semillas carbonizadas; los aspectos de estos fragmentos en los que se enfatizó están consignados en el capítulo de Materiales y Métodos en el apartado correspondiente a este tipo de evidencia cultural.

Figura 4*Fragmento de cerámica C18***Figura 5***Fragmentos de cerámica C16*

Estos fragmentos se guardaron en bolsas herméticas transparentes en donde se indicaba su código de identificación y la unidad experimental que se le había asignado; esto, mientras se preparaban los demás materiales para poder hacer el montaje de las Uexp.

9.1.3 Restos óseos de ictiofauna

Los restos óseos empleados son de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (véase figura 6), el cual se escogió por ser una especie típica en la región y porque se consiguen regularmente en cualquier momento del año. Para la extracción del esqueleto del cuerpo del pez se usó el método descrito en Souza (2017). El cual, en resumidas cuentas, consiste en verter agua caliente sobre el

espécimen y hervir en una olla hasta que la piel, la musculatura y los tejidos se puedan desprender fácilmente con pinzas. Este método ha sido el más usado por los arqueoictiólogos (Playá, 2003 citado en Souza, 2017). Por su parte, para su ejecución deben tenerse en cuenta algunas consideraciones importantes, por ejemplo, el agua debe cubrir por completo todo el cuerpo del pez, se debe agregar agua caliente de a poco; además, el tiempo de cocción dependerá del tamaño y del peso del espécimen (Souza, 2017). Sin embargo, para los fines de esta investigación, las etapas finales de este método de extracción de los restos óseos de peces, no se llevaron a cabo; dado que, consisten en limpiar completamente los huesos hasta retirarle por completo toda la carne; ya que de hacerlo, surge un cuestionamiento sobre si esto influye en que los agentes bioperturbadores interactúen o no los huesos en dicho estado de limpieza.

Figura 6

Bocachico (Prochilodus magdalenae)



Ahora bien, se usaron 20 huesos entre ellos: costillas, vértebras precaudales, vértebras caudales, opérculos, cleitros, radio de la aleta ventral (ver figura 7) y preopérculos. Se registraron las características morfológicas presentadas en la superficie ósea cortical, como la textura de la superficie, presencia o ausencia de perforaciones, forma de las perforaciones o la presencia o ausencia de manchas; al igual que, algunas características cuantitativas como el largo, ancho y grosor. Esta información se registró y sistematizó al igual que en los materiales mencionados anteriormente; también, se tomaron fotografías, se rotularon con códigos alfanuméricos -P1 hasta P20- y se guardaron en bolsas herméticas.

Figura 7*Radio de la aleta ventral P3***9.1.4 Recolección de las lombrices de tierra y escarabajos estercoleros**

Las lombrices se recolectaron de forma manual (ver figura 8) en suelos ricos en materia orgánica en la finca La Trinidad 7°57'53.3" N 75°11'44.7" W -Google Maps- en el municipio de Cauca; para ello, se usó un palaustre para excavar con mucha precaución con el fin de evitar cercenar a las lombrices que se hallaron en el sitio y, una vez halladas se depositaron en un recipiente plástico que contenía una muestra de suelo de la misma área. Por otra parte, se fotografió el lugar, para dejar registro de la procedencia de las lombrices; de igual modo, se fotografiaron a los anélidos con el objetivo de poder facilitar posteriormente la identificación de las especies recolectadas. El número de anélidos que se emplearon fue de 15 individuos; estas lombrices se mantuvieron por unos días en un recipiente plástico cubierto con una malla plástica para evitar que se salieran. Por otra parte, en este contenedor se agregó como alimento para los anélidos cascarás de huevo secas trituradas, estiércol de ganado y se roció con agua lluvia para humedecer un poco el suelo y, se puso en un lugar apartado de la luz solar dado a que las lombrices son fotosensibles (Fernández & Escosteguy, 2019, p. 102); esto hasta que se fuera a realizar el montaje de las unidades experimentales.

Figura 8*Recolección de las lombrices*

En cuanto a los escarabajos estercoleros (véase figura 9), estos también se recolectaron en la finca antes mencionada; para ello se emplearon 5 trampas de caída o *pitfall* con estiércol fresco de cerdo como cebo (ver figura 10). Este tipo de trampa consiste en enterrar un recipiente preferiblemente plástico de paredes transparentes a ras de suelo con una o varias perforaciones en el centro para que drene el agua en caso de que llueva; después el cebo es suspendido por encima de la parte superior del recipiente plástico, sea desde una clavija metálica anclada al suelo o un pedazo delgado de una rama de algún tipo de árbol desde donde se cuelga atado el cebo puesto este en un pedazo de tela o rejilla plástica (Lobo, Martín-Piera & Veiga, 1988).

Figura 9*Escarabajos estercoleros*

Figura 10*Trampa de caída o pitfall*

Estas trampas fueron dispuestas a una distancia aproximada de 20 metros entre cada una de ellas y se colocaron en las horas de la tarde con el propósito de mantener el cebo fresco hasta la llegada de la noche con el fin de atraer a los escarabajos; ya que, los adultos de algunas especies se alimentan de los líquidos que emanan del estiércol fresco (Vega, Elizalde, González-Chang & Reyes, 2014) y, también por el hábito nocturno de algunas especies de coleópteros (González-Alvarado & Medina, 2015). Al día siguiente de haber colocado las trampas y en horas de la mañana estas se revisaron y, los escarabajos que se atraparon se dispusieron en un recipiente plástico que contenía una muestra de suelo de la zona y estiércol fresco de cerdo; este recipiente tuvo el mismo manejo que el dado al de las lombrices, solo que en este no se agregaron cascarás de huevo trituradas. Por su parte, a cada una de las etapas del proceso de recolección de los escarabajos se le realizó un registro fotográfico (ver figura 11). Ahora bien, tanto los escarabajos como las lombrices que sobrevivieron al finalizar el experimento fueron liberadas en el mismo sitio donde se recolectaron.

Figura 11*Montaje de las trampas de caída*

9.1.5 *Muestra de suelo*

La muestra de suelo fue tomada de los primeros 40 cm de profundidad de un sector localizado en inmediaciones de la nueva sede del Hospital Cesar Uribe Piedrahita en el municipio de Caucaasia, Antioquia, cuyas coordenadas geográficas son 7°57'59.7" N 75°12'01.6" W (Google Maps), sector correspondiente a una planicie aluvial. Este lugar hace parte de la finca donde se recolectaron las lombrices y los escarabajos. La muestra se tomó intentando conservar en lo posible, las características físicas de estructura y textura; para ello, se empleó un palaustre y tres baldes como contenedores para depositar el suelo; el cual presenta una textura franco-arenosa de bloques subangulares. Por otro lado, se fotografió la muestra de suelo al igual que el área donde se recolectó. (Ver figura 12 y figura 13)

Figura 12

Vista de la zona aledaña al lugar de donde se recolectó la muestra de suelo



Figura 13

Lugar de recolección de la muestra de suelo



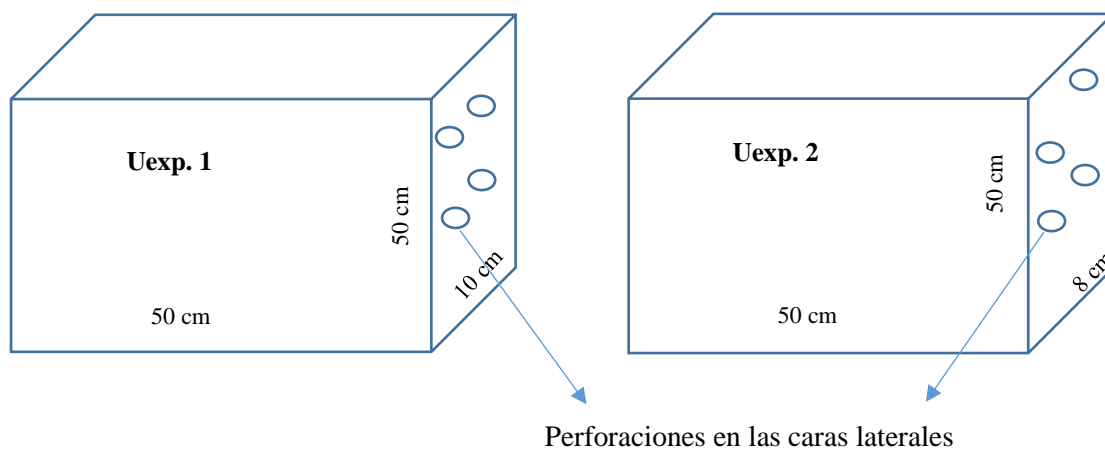
Por otra parte, también se recogió en bolsas plásticas piedras de la ribera del Río Cauca en el sector de la balastera en el barrio La Esperanza; debido a que era necesario depositar en el fondo de los contenedores una capa con estas piedras para facilitar el drenaje.

9.1.6 Contenedores para las unidades experimentales (Uexp.)

Los contenedores se elaboraron con láminas de vidrio de 5 mm de grosor, estas se pegaron con silicona especial para pegar este tipo de materiales y, así formar cada uno de los contenedores (ver figura 14). El contenedor de Uexp 1 tenía unas dimensiones correspondientes a 50 cm de largo por 10 cm de ancho y 50 cm de profundidad y el de la Uexp 2 de 50 cm de largo, 8 cm de ancho y 50 cm de profundidad. Cada una de las láminas de las caras laterales de ambos contenedores tenían 4 perforaciones para un total de 8 perforaciones por contenedor, de igual modo, la lámina de vidrio del fondo de cada uno contenía una perforación en toda la mitad; ya que estos aspectos “son uno de los requisitos indispensables para la supervivencia de las lombrices” (Stein, 1983, citado en Fernández & Escosteguy, 2019, p. 102) debido a que facilitan la circulación del aire y ayudan a drenar los fluidos para mantener una adecuada humedad tanto para los anélidos como para los escarabajos.

Figura 14

Representación gráfica de los contenedores de las Uexp.



9.2 Montaje

En ambos contenedores se depositó en el fondo una capa de 1 cm -aproximadamente- de piedras en el fondo para el drenaje (ver figura 15). Luego, se rellenaron los siguientes 9 cm con la muestra de suelo recolectada en el municipio de Caucaasia (ver figura 16). Después, en cada uno de los 5 niveles establecidos se colocaron capas de 5 cm de grosor con la misma muestra de suelo en los que se depositaron respectivamente: semillas carbonizadas de frijol -*Phaseolus vulgaris*- F, guanábana -*Annona muricata*- G, maíz -*Zea mays*- M, fragmentos de cerámica de carácter experimental de diferentes tamaños C y huesos de pescado -*Prochilodus magdalenae*- P. (Véase tabla 6)

Figura 15

Capa de piedras en el fondo de los contenedores.



Figura 16

Capa de suelo sin materiales depositados de 9 cm de grosor.



Nota. La regla es el eje de referencia para ubicar espacialmente a los materiales y los números en rojo indican los centímetros en relación al tamaño del contenedor donde se establecen los niveles en los que se depositan los materiales.

Luego de que todos los materiales estuviesen dispuestos en el nivel asignado se cubrieron con granos muy finos de suelo hasta cubrirlos por completo. Se empleó la técnica de la perpendicular al eje de referencia (Domingo, Burke & Smith 2015) (ver figura 17), para establecer la ubicación espacial de cada uno de los materiales depositados en cada nivel establecido y, dicha ubicación se registró en la base de datos elaborada en Microsoft Excel, en los dibujos de planta realizados en hojas milimetradas para cada nivel y a partir de fotografías de cada planta (ver figura 18).

Figura 17

Ubicación de una semilla empleando la técnica de la perpendicular al eje de referencia



Figura 18

Planta del Nivel 2 de la Uexp 2 con la ubicación espacial de los materiales depositados

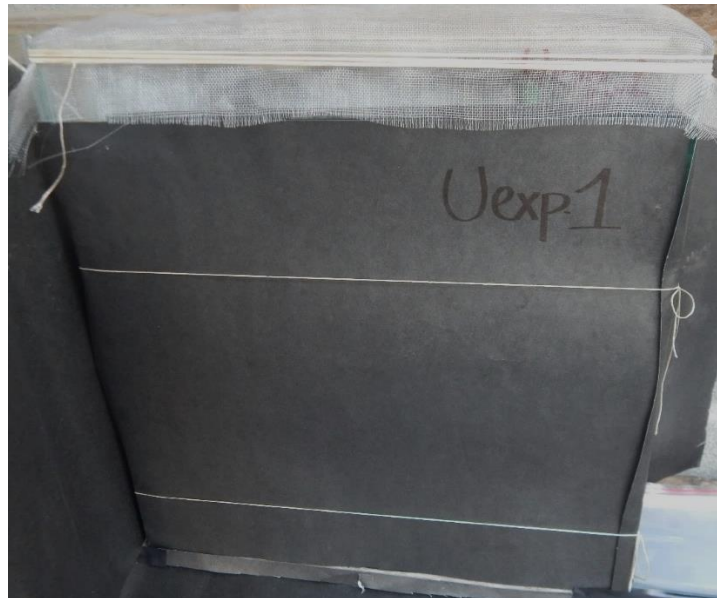


Después, en la superficie de cada contenedor, se colocó el tipo de alimento respectivo para cada agente bioperturbador; estiércol fresco de ganado para los escarabajos y restos de vegetales, cáscaras de huevo secas y trituradas y hojas en descomposición para las lombrices. Por otro lado, los contenedores fueron cubiertos con cartulina negra (ver figura 19), la cual tenía perforaciones

en las caras laterales para coincidir con los orificios de los contenedores y, así no cortar el flujo o circulación del aire. La razón de cubrir los contenedores con cartulina se debe al hábito nocturno de estos animales (González-Alvarado & Medina, 2015 y Fernández & Escosteguy, 2019). Seguidamente en el contenedor de la Uexp 1 se agregaron los 15 anélidos y en el contenedor de la Uexp 2 se dispusieron dos escarabajos machos y dos hembras donde el sexo se estableció por algunas diferencias morfológicas observadas como: la presencia de dos cuernos en los machos y de considerar otros rasgos expuestos por Vega, Elizalde, González-Chang y Reyes (2014).

Figura 19

Etapa final del montaje de la Uexp. 1



Por último, en la parte superior se puso malla plástica (ver figura 19) para evitar la salida de los agentes y el ingreso de otros materiales u organismos externos y, se dispusieron las Uexp en un lugar donde no estuviesen expuestas directamente a la luz solar y a las lluvias. Finalmente, para evaluar y registrar el estado de las unidades experimentales, se realizó un control de entre dos y tres días por semana que incluyó un registro fotográfico y en diario de campo. De igual modo, en estos controles se agregaba comida a las lombrices y escarabajos dependiendo del estado de la depositada en días anteriores y, asimismo se rociaba de vez en cuando un poco de agua lluvia en la parte superior para mantener la humedad; dado que esto es un aspecto importante para la supervivencia de estos animales y en especial de los anélidos.

10. Resultados

El 21 de febrero del 2022 finalizó el experimento y para el levantamiento de las unidades experimentales, se excavó por niveles arbitrarios de 5 cm hasta llegar al fondo de los contenedores. Para ello, se usaron algunas herramientas (ver figura 20), también, se emplearon contenedores plásticos en los que se colocó el suelo excavado; al igual que las semillas, fragmentos de cerámica y restos óseos de ictiofauna recuperados en cada nivel y los agentes bioperturbadores que sobrevivieron.

Figura 20
Herramientas y lugar de trabajo



Para registrar los distintos eventos durante el experimento, la figura 21 muestra en la primera columna los días calendarios que duro este ejercicio y, la segunda columna, sus equivalentes en días consecutivos; que son los que se emplearon para indicar dichos sucesos.

Figura 21
Duración del experimento

	L	M	M	J	V	S	D
Octubre				21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31
Noviembre	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30					
Diciembre			1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26
	27	28	29	30	31		
Enero						1	2
	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23
	24	25	26	27	28	29	30
	31						
Febrero		1	2	3	4	5	6
	7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19	20
	21						

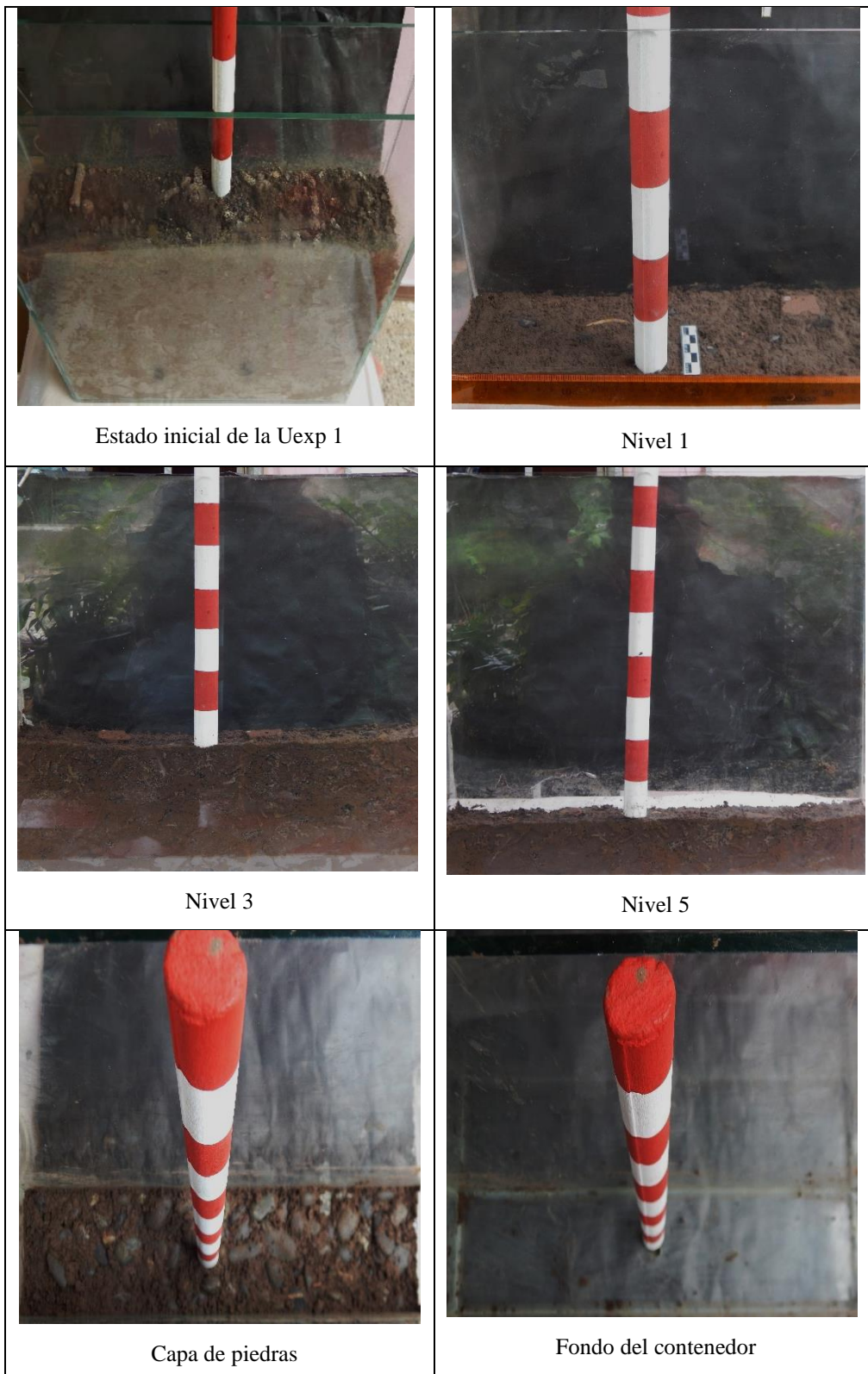
L	M	M	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39
40	41					
		42	43	44	45	46
47	48	49	50	51	52	53
54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67
68	69	70	71	72		
					73	74
75	76	77	78	79	80	81
82	83	84	85	86	87	88
89	90	91	92	93	94	95
96	97	98	99	100	101	102
103						
	104	105	106	107	108	109
110	111	112	113	114	115	116
117	118	119	120	121	122	123
124						

Días de Control

La Uexp 1 fue con la que se inició el desmontaje, se observó y describió el estado de la Uexp con notas en el diario de campo y fotografías. Luego se procedió con la excavación donde también se realizó un registro fotográfico de cada una de las etapas de este proceso. (Ver figura 22)

Figura 22

Algunas etapas del proceso de excavación



10.1 Unidad experimental 1: Anélidos.

El día del desmontaje de la Uexp 1, en la superficie no se encontraron rasgos asociados directamente a la actividad de las lombrices como grumos fecales o bocas de túneles; pero si se encontró, hacia la parte central de esta superficie un hundimiento o depresión de un centímetro de profundidad y de al menos 8 cm de circunferencia aproximadamente.

Ahora bien, a lo largo del experimento las lombrices se caracterizaron principalmente por su baja movilidad y por permanecer en las galerías a distintas profundidades y en posiciones tanto horizontales, verticales y oblicuas. En dichas circunstancias desarrollaron gran parte de su ciclo biológico; dado que, solo en los días 22 y 41 se vio respectivamente un anélido en superficie. De igual modo, algunos rasgos asociados a su actividad como grumos fecales únicamente se observaron en los días 3, 72, 77, 80 y 110. Asimismo, fueron pocas las bocas de galerías registradas en la superficie, únicamente en los días 22 y 71.

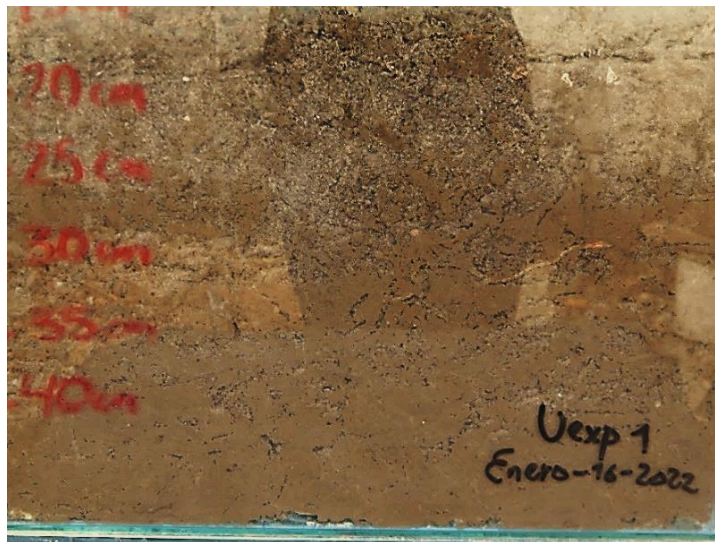
Durante el experimento las lombrices excavaron galerías de diferentes tamaños; algunas llegaron hasta el fondo de la Uexp y, con direcciones horizontales y verticales se extendieron por las caras del contenedor irrumpiendo la homogenización de la matriz del suelo y aumentando la porosidad de este; lo cual provocó que circulara con mayor velocidad el agua lluvia que se usaba para mantener la humedad del suelo. Importante agregar que, la mayoría de las galerías permanecieron visibles y no se rellenaron, por ejemplo, con partículas de suelo de niveles superiores. Por otra parte, a través de las caras del contenedor, no se registraron momentos de contacto entre anélidos; quizás lo evitaban.

A su vez, se destaca que a estas lombrices, al parecer no les atraía la bosta de ganado; dado que, nunca se les vio en contacto con esta. Además, cada vez que se retiraba el estiércol, este permanecía casi que intacto, sin rastros de huellas que sugirieran que había sido aprovechado por los anélidos; asimismo, tampoco se observaron bocas de galerías por debajo de las bostas.

Por otro lado, se registraron momentos de ausencia y presencia de lombrices; en este sentido, en el día 88 se observaron 6 individuos (véase figura 23 y 24); la mayor cantidad de lombrices vistas a través de las caras del contenedor. Por otra parte, también se registró la presencia de otros organismos como quilópodos o ciempiés en diferentes estadios de maduración. (Véase figura 25)

Figura 23

Vista de la cara frontal de la Uexp 1

**Figura 24**

Lombriz observada en la cara frontal de la Uexp 1

**Figura 25**

Quilópodo o ciempiés

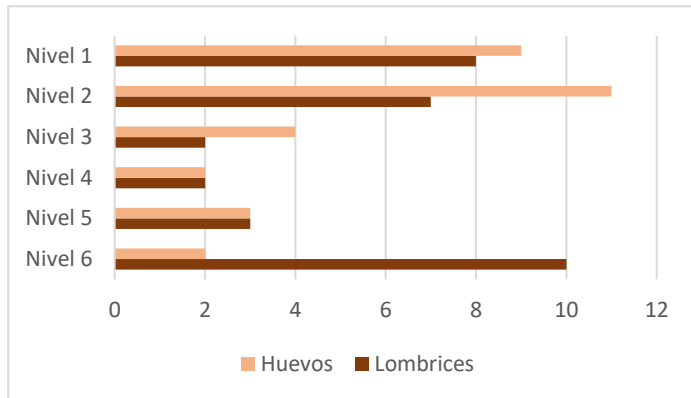


Una vez finalizado el experimento se hallaron 32 lombrices de distintos tamaños y también se recuperaron 31 huevos en diferentes estadios de desarrollo en casi todos los niveles establecidos durante la excavación. (Ver figura 26)

Figura 26

Distribución de las lombrices y huevos recuperados por niveles de excavación

Nivel	Nº lombrices	Nº Huevos
Nivel 1	8	9
Nivel 2	7	11
Nivel 3	2	4
Nivel 4	2	2
Nivel 5	3	3
Nivel 6	10	2
Total	32	31



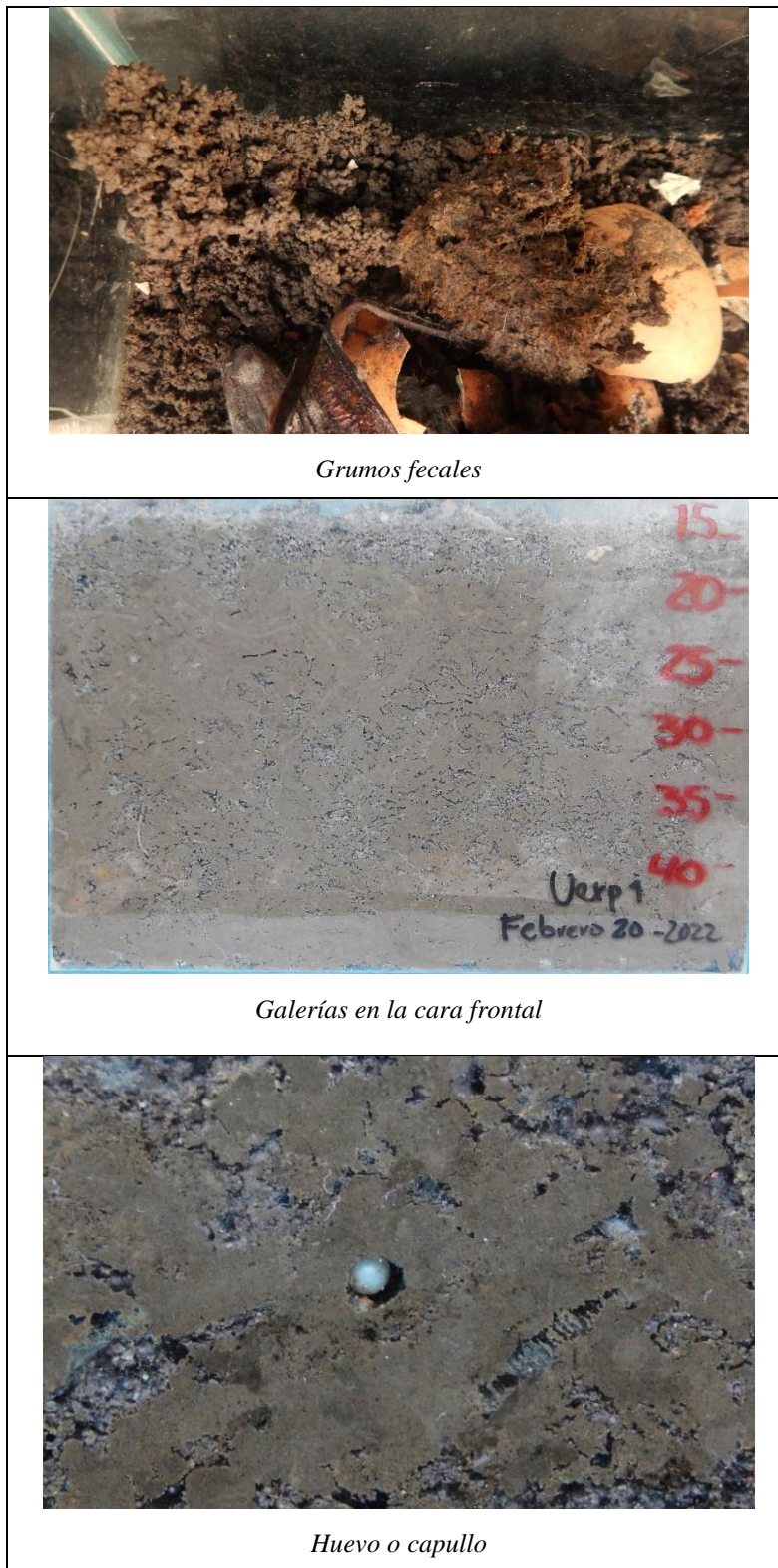
Con respecto a los grumos fecales en la superficie, estos se observaron por primera vez el día 3; los cuales se encontraban distribuidos por diferentes partes y alcanzaban distintos tamaños y no permitían ver algunas de las bocas de las galerías.

En cuanto a los túneles que llegaron hasta el fondo del contenedor, el primer registro de este suceso fue en el día 7. Por otra parte, al momento de levantar algunos fragmentos de cerámica, también se observaron bocas de túneles e incluso se encontraron varias lombrices; que al parecer se sentían atraídas para morar allí.

A su vez, el día 106 se observó por primera vez en una de las caras del contenedor, un huevo a 6 cm de profundidad aproximadamente. (Véase figura 27)

Figura 27

Algunos rasgos asociados a la actividad de las lombrices terrestres



Grumos fecales

Galerías en la cara frontal

Huevo o capullo

En cuanto a la conservación de los materiales depositados en la Uexp 1 (ver figura 28), el material cerámico se encontró en un estado de conservación excelente. Por su parte, los restos óseos de ictiofauna presentaron un color amarillo o marrón amarillento (véase la figura 29) y distintos grados de conservación. Respecto a las semillas de *Phaseolus vulgaris*, se hallaron con distintos grados de conservación; al igual que las semillas de *Zea mays*. A su vez, las semillas de *Annona muricata*, presentaron en modo general un excelente estado de conservación.

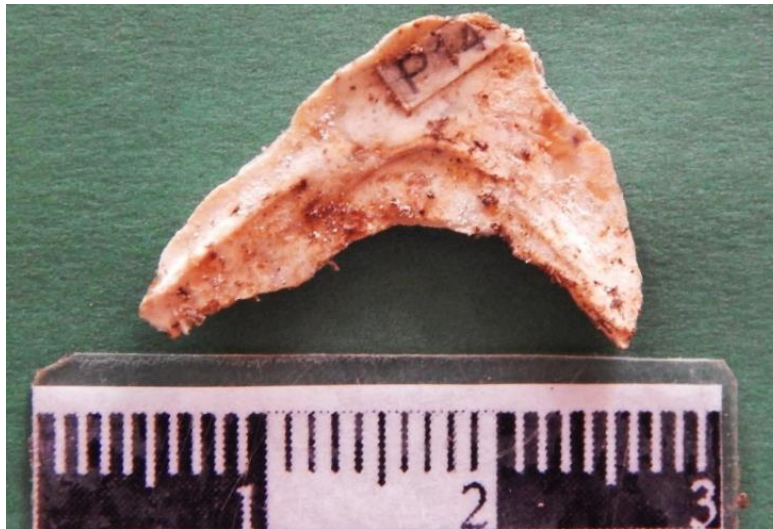
Figura 28

Estado de conservación de los materiales en la Uexp 1

N° del Fragmento	Estado de conservación	N° del hueso	Estado de conservación	N° del macrorresto	Estado de conservación
C12	Excelente	P9	Bueno	F8	Bueno
C10	Excelente	P12	Malo	F6	Excelente
C17	Excelente	P8	Bueno	F9	Bueno
C5	Excelente	P14	Bueno	F3	Excelente
C15	Excelente	P4	Malo	F11	Malo
C6	Excelente	P2	Malo	F10	Bueno
C8	Excelente	P17	Malo	F15	Bueno
C19	Excelente	P1	Bueno	F13	Bueno
C7	Excelente	P7	Malo	F2	Bueno
C27	Excelente	P3	Malo	F5	Bueno
C29	Excelente			F1	Excelente
C3	Excelente			F4	Malo
C25	Excelente			F14	Bueno
C9	Excelente			F12	Excelente
C24	Excelente			F7	Malo
C11	Excelente				

N° del macrorresto	Estado de conservación
G4	Excelente
G5	Excelente
G13	Excelente
G12	Excelente
G1	Excelente
G3	Excelente
G9	Excelente
G2	Bueno
G15	Excelente
G7	Excelente
G10	Excelente
G11	Bueno
G8	Excelente
G6	Excelente
G14	Excelente

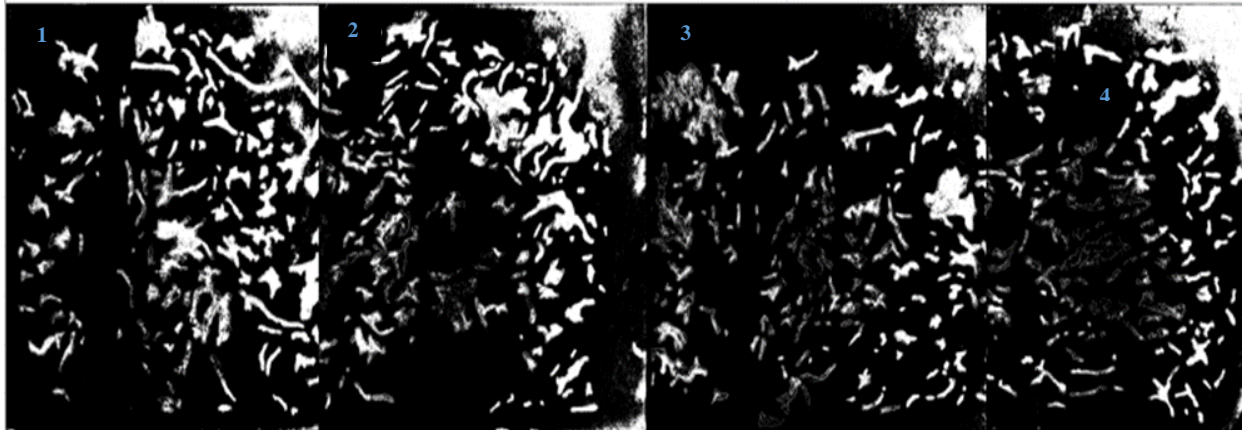
N° del macrorresto	Estado de conservación
M13	Bueno
M2	Excelente
M11	Excelente
M1	Malo
M15	Malo
M12	Malo
M4	Malo
M14	Malo
M7	Bueno
M8	Malo
M3	Bueno
M9	Bueno
M6	Bueno
M5	Malo
M10	Malo

Figura 29*Preopérculo de Prochilodus magdalenae*

Por otra parte, el espacio poroso estimado a partir del análisis de las cuatro imágenes de las galerías registradas en las caras del contenedor de la Uexp (ver figura 30) una vez finalizado el experimento, corresponde a los valores expresados en la Tabla 7. Las imágenes permiten observar la distribución y forma compleja del espacio poroso creado por los anélidos.

Tabla 7*Valores del área correspondiente al espacio poroso Uexp 1*

Imagen	Área (%)
1	17,1
2	16,58
3	11,85
4	15,58
Promedio acumulado	15,27

Figura 30*Espacio poroso en las caras del contendor de la Uexp 1*

Nota. Las áreas en color blanco corresponden al espacio poroso generado por la actividad de los anélidos.

De otro lado, en cuanto a la posición de los materiales depositados en cada uno de los niveles de la Uexp 1, se registraron en modo general desplazamientos verticales; en cambio, desplazamientos horizontales solo en algunos materiales y no se registraron movimientos hacia la superficie. Las tablas 13 a la 17 sintetizan los datos sobre la ubicación espacial inicial y final de los materiales por cada nivel, de igual modo la figura 28 ilustra en menor medida este mismo asunto.

Tabla 8*Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 1*

N° del material	Profundidad inicial (cm)	Coord. X (cm)	Coord. Y (cm)	Orientación inicial	Profundidad final (cm)	Coord. X (cm) final	Coord. Y (cm) final	Orientación final
P9	20	10	5	H/A	24	10	5	H/A
P12	20	23	3	H/A	24	23	3	H/A
F6	20	26	4	H/A	24	26	4	H/A
F8	20	10	4	H/A	24	10	4	H/A
F9	20	30	5	H/A	24	30	5	H/A
C10	20	40	2	H/A	24	40	2	H/A
C12	20	28	6	H/A	24	28	6	H/A
M11*	20	35	3	H/A	25	33	3	H/A
M13	20	15	1	H/A	24	15	1	H/A
M2	20	17	6	H/A	24	17	6	H/A
G13	20	40	6	H/A	24	40	6	H/A
G4	20	4	5	H/A	24	4	5	H/A
G5	20	20	2	H/A	24	20	2	H/A

Nota. H/A: horizontal/acostado. * Cambios en la posición original en relación con las Coord. X y Y.

Tabla 9*Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 2*

N° del material	Profundidad inicial (cm)	Coord. X (cm)	Coord. Y (cm)	Orientación inicial	Profundidad final (cm)	Coord. X (cm) final	Coord. Y (cm) final	Orientación final
C5	25	35	2	H/A	28	35	2	H/A
C15	25	44	4	H/A	28	44	4	H/A
C17	25	28	5	H/A	28	28	5	H/A
F3	25	10	5	H/A	28	10	5	H/A
F11	25	15	5	H/A	28	15	5	H/A
F10	25	26	3	H/A	28	26	3	H/A
G12	25	4	3	H/A	28	4	3	H/A
G1	25	20	6	H/A	28	20	6	H/A
G3	25	40	5	H/A	28	40	5	H/A
M1	25	20	2	H/A	28	20	2	H/A
M15	25	30	1	H/A	28	30	1	H/A
M12	25	33	6	H/A	28	33	6	H/A
P14*	25	15	1	H/A	28	15	3	H/A
P8	25	8	2	H/A	28	8	2	H/A

Tabla 10*Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 3*

N° del material	Profundidad inicial (cm)	Coord. X (cm)	Coord. Y (cm)	Orientación inicial	Profundidad final (cm)	Coord. X (cm) final	Coord. Y (cm) final	Orientación final
P4	30	20	2	H/A	33	20	2	H/A
P2	30	36	2	H/A	33	36	2	H/A
F15	30	21	6	H/A	33	21	7	H/A
F13	30	30	3	H/A	33	30	3	H/A
F2	30	36	5	H/A	33	36	5	H/A
C6	30	10	5	H/A	33	10	5	H/A
C8	30	27	4	H/A	33	27	4	H/A
C19	30	45	2	H/A	33	45	2	H/A
M4*	30	6	4	H/A	33	4	6	H/A
M14	30	10	1	H/A	33	10	1	H/A
M7	30	18	5	H/A	33	18	5	H/A
G9	30	15	3	H/A	33	15	3	H/A
G2	30	25	2	H/A	33	25	2	H/A
G15	30	40	5	H/A	33	40	5	H/A

Tabla 11*Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 4*

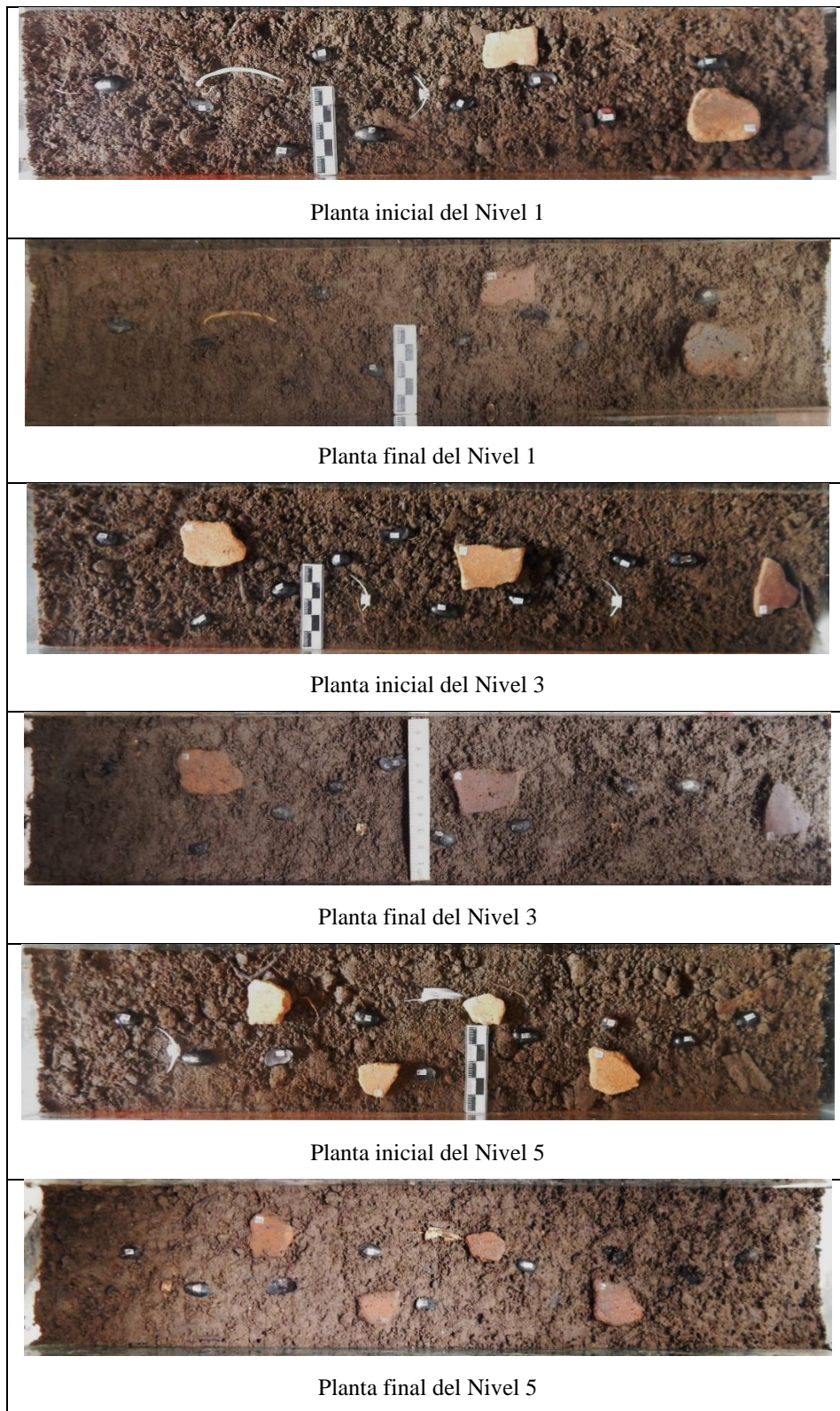
N° del material	Profundidad inicial (cm)	Coord. X (cm)	Coord. Y (cm)	Orientación inicial	Profundidad final (cm)	Coord. X (cm) final	Coord. Y (cm) final	Orientación final
P17*	35	4	2	H/A	37	5	3	H/A
P1	35	41	1	H/A	37	41	1	H/A
F5	35	15	3	H/A	37	15	3	H/A
F1	35	27	3	H/A	37	27	3	H/A
F4	35	35	2	H/A	37	35	3	H/A
C7	35	14	4	H/A	37	14	4	H/A
C27	35	27	5	H/A	37	27	5	H/A
C29	35	30	6	H/A	37	30	6	H/A
C3	35	37	5	H/A	37	37	5	H/A
M8	35	5	5	H/A	37	5	5	H/A
M3	35	20	2	H/A	37	20	2	H/A
M9	35	31	5	H/A	37	31	5	H/A
G7	35	10	3	H/A	37	10	3	H/A
G10	35	20	5	H/A	37	20	5	H/A
G11	35	40	5	H/A	37	40	5	H/A

Tabla 12.*Registro de la ubicación inicial y final de los materiales depositados en el Nivel 5*

N° del material	Profundidad inicial (cm)	Coord. X (cm)	Coord. Y (cm)	Orientación inicial	Profundidad final (cm)	Coord. X (cm) final	Coord. Y (cm) final	Orientación final
P7	40	8	2	H/A	41	8	2	H/A
P3	40	24	6	H/A	41	24	6	H/A
F14	40	15	3	H/A	41	15	3	H/A
F12	40	24	2	H/A	41	24	2	H/A
F7	40	40	4	H/A	41	40	4	H/A
C25	40	13	5	H/A	41	13	5	H/A
C9	40	20	1	H/A	41	20	1	H/A
C24	40	26	5	H/A	41	26	5	H/A
C11	40	35	1	H/A	41	35	1	H/A
M6	40	5	5	H/A	41	5	5	H/A
M5	40	35	5	H/A	41	35	5	H/A
M10	40	44	5	H/A	41	44	5	H/A
G8	40	10	3	H/A	41	10	3	H/A
G6	40	20	5	H/A	41	20	5	H/A
G14	40	30	4	H/A	41	30	5	H/A

Figura 31

Registro de la ubicación inicial y final en algunas plantas de nivel



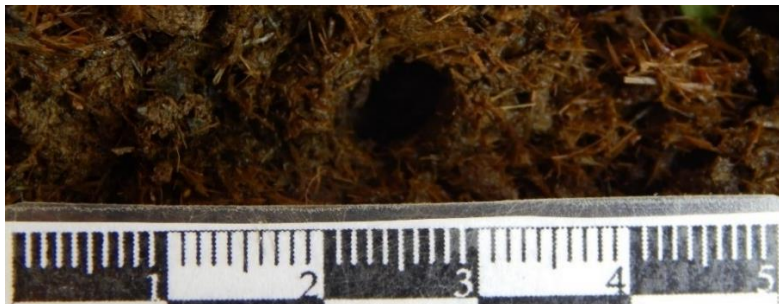
10.2 Unidad experimental 2: Coleópteros.

El día del desmontaje en la superficie de esta Uexp (véase figura 31) había una boca de galería (ver figura 32) con su contorno bien definido hacia el costado este del contenedor cerca de una de las caras laterales; también, restos de estiércol dispersos en la parte central y algunos brotes de plantas. Por otra parte, no se registró la presencia de escarabajos ni en superficie ni en ninguna de las caras del contenedor. Sin embargo, tras el proceso de excavación se encontraron 3 escarabajos; localizados a 5 cm de profundidad, de igual modo, se destaca el hallazgo de quilópodos y lombrices.

Figura 32
Superficie de la Uexp 2



Figura 33
Boca de galería



Durante el experimento se destaca la actividad nocturna de los escarabajos, momento en que salían a la superficie para entrar en contacto con el excremento. Introduciéndose primero en él para luego dispersarlo por la superficie e introducirlo al interior del suelo.

Por su parte, las actividades diurnas en la superficie fueron únicamente registradas en los días 24, 35, 39, 43, 95 y 104; las cuales consistían en explorarla, así como, volar hasta donde les permitía la malla plástica que cubría la Uexp. A su vez, en los días 18, 91 y 97 se observaron a

través de las caras del contenedor; escarabajos inmóviles cerca de la superficie -entre los 2 y 5 cm de profundidad- al parecer protegiendo el acceso a las galerías (ver figura 34). Asimismo, en los días 47, 67 y 91; se observó en algunas galerías parejas de escarabajos que subían hacia la superficie e inmediatamente descendían por los túneles, no se les observó transportando estiércol.

Los escarabajos excavaron tanto por debajo de la bosta de ganado como por sus alrededores. De manera general, las bocas de los túneles se situaban aproximadamente medio centímetro por encima de la superficie; dado que, las partículas de suelo removido y estiércol definían su contorno y elevación. Algunas bocas de galerías eran tapadas con suelo y restos de estiércol producto de la actividad posterior de los escarabajos. Por su parte, las galerías (ver figura 33 y 36), fueron construidas en los días 3, 8, 37, 39, 47, 60, 99, 102, 104 y 113; estas alcanzaron diferentes profundidades y formas. Las galerías se identificaban por el rastro de estiércol fresco en su interior que definía su forma; dado que, el color de la bosta contrastaba con el del suelo. A su vez, las formas de las galerías irrumpían la homogenización de la matriz del suelo, aumentando así su porosidad. Por otro lado, aquellas que entraban en desuso por los escarabajos posteriormente se rellenaban con diferentes materiales provenientes de niveles superiores.

Figura 34

Galerías en la cara frontal de la Uexp 2



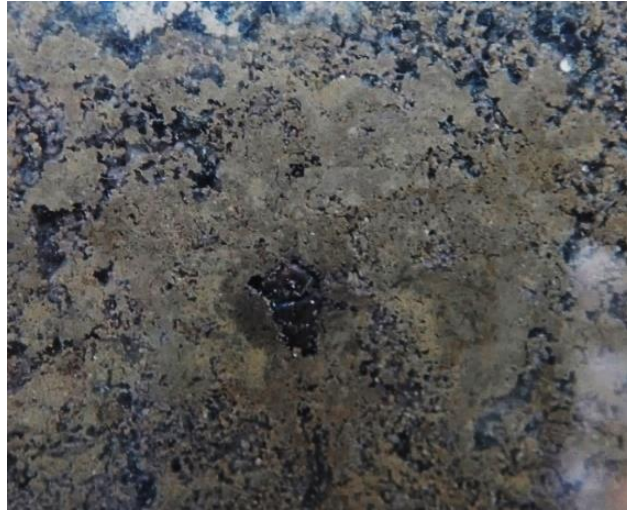
En cuanto a las larvas, tenían un color claro que permitía identificarlas al interior de las bolas de crianza donde se mantuvieron activas hasta que alcanzaron la fase de pupa -primer registro día 53- para ese momento ya habían consumido el estiércol que las cubría y; en esta etapa se caracterizaban por tener un color mate y baja movilidad.

Ahora bien, a lo largo del experimento se registraron momentos de ausencia y presencia de escarabajos. El día 18 se registró por primera vez, en una de las caras del contenedor, la presencia

de un escarabajo cerca de una de las bocas de un túnel a una profundidad de 2 cm aproximadamente. (Ver figura 34)

Figura 35

Vista de un escarabajo desde la cara frontal de la Uexp



Por otra parte, el día 24 se observó por primera vez a un escarabajo en superficie y los días 47, 67 y 91; fueron donde más individuos se avistaron; se observaron respectivamente dos escarabajos movilizándose por la misma galería. En cuanto a las larvas, el día 6 se registró la primera de estas, a una profundidad de 23 cm aproximadamente. (Ver figura 35)

Figura 36

Larva de escarabajo al interior de una bola de crianza o “Brood balls”

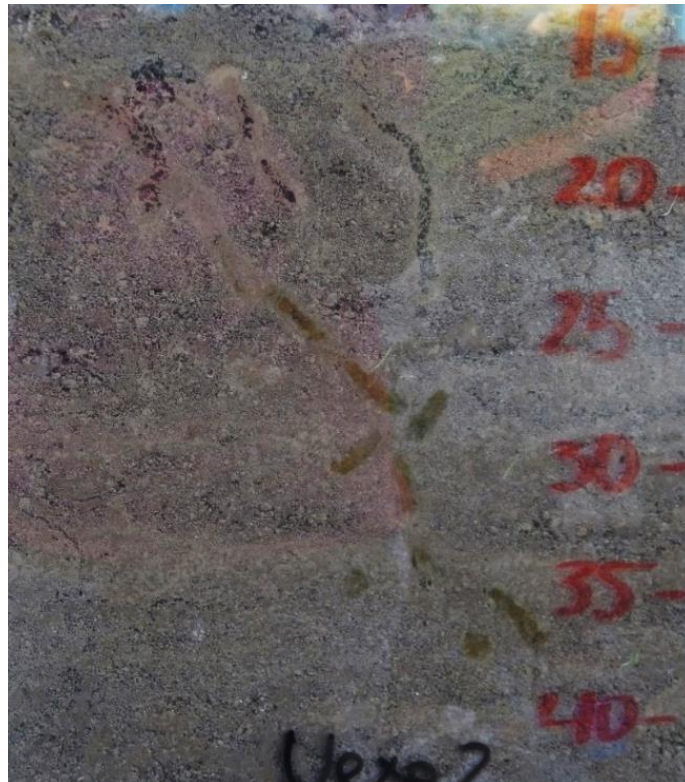


Respecto a las bocas de las galerías, se registraron varias veces durante el experimento y, el primer registro fue el día 3, donde se observaron 4. Ahora bien, algunas galerías eran construidas por debajo de la bosta de ganado, lo cual impedía observar directamente sus bocas; solo se veían cuando se retiraban los restos de estiércol seco que las tapaban.

De igual modo, a lo largo del experimento se registraron durante varios momentos la presencia de galerías y bolas de crianza. Las galerías alcanzaron diferentes profundidades, siendo el día 3 donde se registró la mayor profundidad alcanzada (23 cm aprox.) y; también, fue el día en que se observaron por primera vez varias galerías. (Véase figura 36)

Figura 37

Galerías y bolas de crianza



Por otro lado, se destaca también que tanto galerías como bolas de crianza, luego de cumplir su función y entrar en desuso; dieron lugar a que se generaran a diferentes profundidades cavidades (ver figura 37) que con el paso de los días se rellenaron de a poco con fibras vegetales secas provenientes de los restos de bostas de ganado y con partículas de suelo de niveles superiores. (Véase figura 38 y figura 39)

Figura 38
Cavidad



Figura 39
Vista de la cavidad en la cara frontal de la Uexp

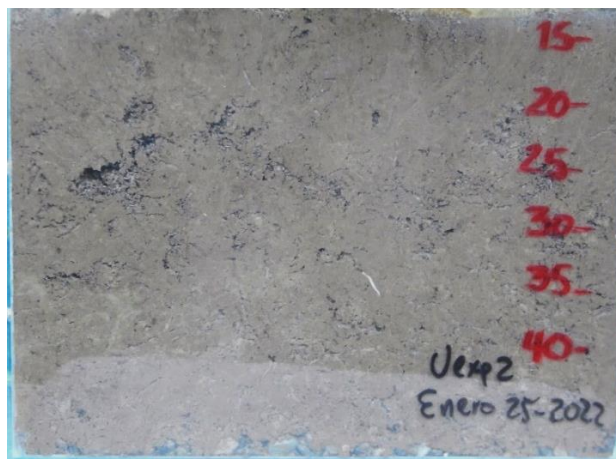
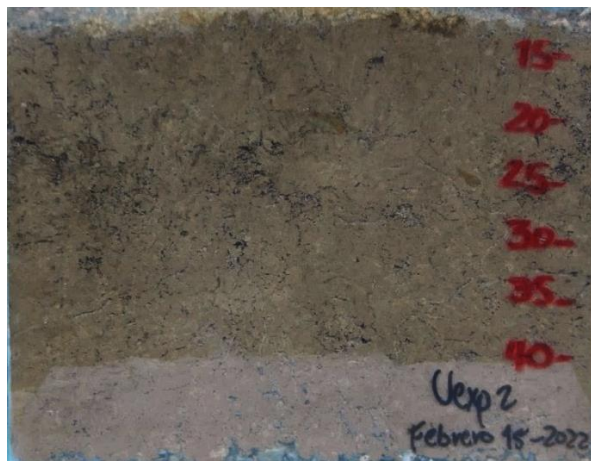


Figura 40
Estado de la cara frontal de la Uexp



En cuanto al espacio poroso estimado a partir del análisis de las cuatro imágenes de las galerías registradas en la Uexp 2 (ver figura 41), la Tabla 13 presenta los valores correspondientes, se destaca la localización de la concentración del espacio poroso en la parte superior de la unidad.

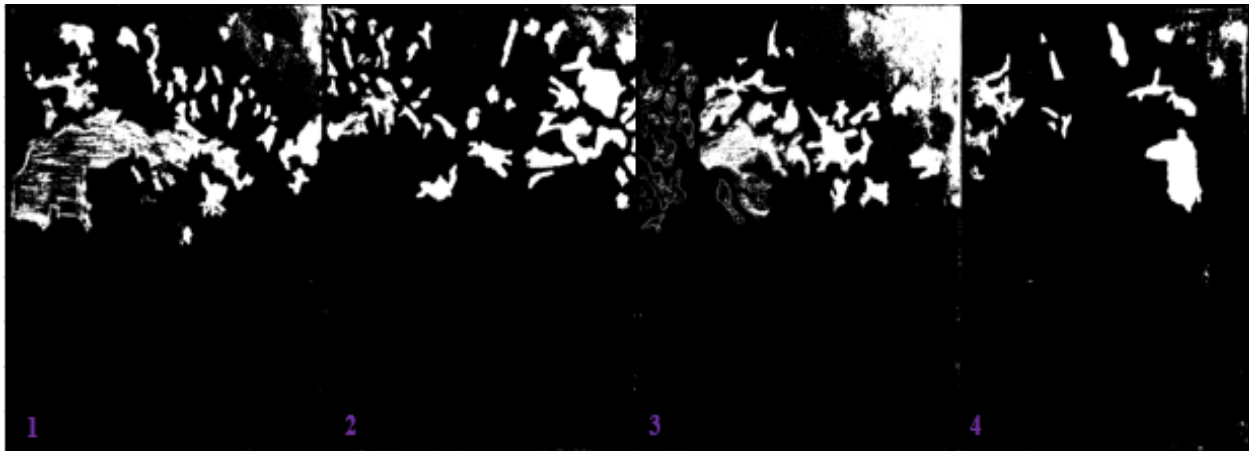
Tabla 13

Valores del área correspondiente al espacio poroso Uexp 2

Imagen	Área (%)
1	10,34
2	9,56
3	13,5
4	5,72
Promedio acumulado	9,78

Figura 41

Espacio poroso en las caras del contenedor de la Uexp 2



Por su parte, respecto a la conservación de los materiales depositados en la Uexp 2 (ver figura 40), el material cerámico no presentó cambios significativos y cada uno de los fragmentos se encontró en un estado de conservación excelente. En cuanto a los restos óseos de ictiofauna, presentaron un color amarillo o marrón amarillento; a la vez que distintos estados de conservación. Por su parte, las semillas de *Annona muricata*, se hallaron en modo general en un excelente estado de conservación. Por lo que se refiere a las semillas de *Zea mays*, no fueron recuperadas todas las depositadas en el montaje del experimento, no se encontraron M28, M26 y M22 y; las semillas que se hallaron presentaron distintos grados de conservación. Respecto a las semillas de *Phaseolus vulgaris*, no se halló F22 y presentaron el peor estado de conservación en esta Uexp.

Figura 42*Estado de conservación de los materiales en la Uexp 2*

N° del fragmento	Estado de conservación	N° del hueso	Estado de conservación	N° del macrorresto	Estado de conservación
C24	Excelente	P20	Bueno	G18	Excelente
C20	Excelente	P15	Malo	G19	Malo
C14	Excelente	P18	Excelente	G16	Excelente
C16	Excelente	P5	Bueno	G25	Excelente
C28	Excelente	P16	Bueno	G22	Excelente
C1	Excelente	P10	Excelente	G27	Excelente
C13	Excelente	P11	Malo	G29	Excelente
C18	Excelente	P13	Malo	G23	Excelente
C23	Excelente	P19	Excelente	G24	Bueno
C21	Excelente	P6	Malo	G21	Excelente
C26	Excelente			G20	Excelente
C2	Excelente			G28	Excelente
C30	Excelente			G30	Excelente
C22	Excelente			G17	Excelente
				G26	Excelente

N° del macrorresto	Estado de conservación
M30	Bueno
M24	Malo
M28	¿?
M26	¿?
M19	Bueno
M23	Excelente
M20	Bueno
M25	Bueno
M21	Bueno
M28	Excelente
M16	Bueno
M27	Excelente
M29	Excelente
M17	Malo
M22	¿?

N° del macrorresto	Estado de conservación
F26	Malo
F16	Excelente
F22	¿?
F21	Bueno
F28	Bueno
F30	Bueno
F27	Malo
F20	Malo
F23	Excelente
F19	Excelente
F25	Malo
F24	Bueno
F18	Excelente
F17	Malo

Acerca de la posición de los materiales depositados en cada uno de los niveles de la Uexp 2; se presentaron tanto desplazamientos verticales como horizontales y; no se registraron desplazamientos hacia la superficie. La tabla 15 presenta aquellos materiales que sufrieron este tipo de desplazamientos.

Tabla 14

Registro de la ubicación inicial y final de los materiales con cambios en su posición original respecto a las Coord. X y Y.

N° del material	Profundidad inicial (cm)	Coord. X (cm)	Coord. Y (cm)	Orientación Inicial	Profundidad final (cm)	Coord. X (cm) final	Coord. Y (cm) final	Orientación final
F16	20	18	2	H/A	21	17	2	H/A
F18	40	15	1	H/A	40	18	3	H/A
G16	20	40	4	H/A	20	41	4	H/A
M24	20	29	3	H/A	21	29	2	H/A
M30	20	18	4	H/A	21	17	4	H/A
P6	40	42	5	H/A	40	44	5	H/A

11. Discusión

Con el estudio del comportamiento de las lombrices terrestres y los escarabajos estercoleros, se pudo constatar su papel dentro de procesos edafogénicos reflejados en la matriz del suelo como la alteración de su homogeneidad, aumento de la porosidad y la permanente translocación y transporte de partículas de suelo y restos de materia orgánica hacia la superficie como al interior del suelo; producto de la interacción con la matriz edáfica y reflejo de sus bioturbaciones (Wood & Johnson, 1978; Solís, 1987; Buzter, 1989; Armor-Chelu & Andrews, 1994 y Balek, 2002).

El comportamiento de las lombrices registrado a lo largo del experimento corresponde al de especies geófagas o endógenas (Lee, 1985 y Domínguez & Gómez-Brandón, 2010); por ello, el bajo registro en superficie de anélidos, deyecciones, bocas de galerías y su poco contacto con la bosta de ganado. En cuanto a los escarabajos su actuación coincide con el de especies pertenecientes al grupo de paracópridos (Hanski & Cambefort, 1991; Nichols et al., 2008 citados en González 2013); de ahí, la construcción de galerías y bolas de crianza o “*Brood balls*” al interior del suelo y, su mayor interacción con la bosta de ganado en comparación con las lombrices terrestres.

En cuanto al estado de conservación de los materiales, los fragmentos cerámicos no sufrieron alteraciones. Lo cual corrobora el hecho de que este tipo de evidencia no se ve tan afectada como otros materiales debido a que los silicatos y óxidos que la componen son estables en una amplia variabilidad de contextos (Rye 1994 citado en Fantuzzi, 2010); en este caso del trópico. Aunque, en zonas tropicales la cerámica enterrada en condiciones húmedas prolongadas puede deteriorarse o debilitarse tal como lo han comprobado Oakley y Jain (2002).

Por otro lado, tanto las lombrices como los escarabajos no produjeron una presión considerable que ocasionara alteraciones físicas como la fragmentación; suceso que en casos particulares pueden ocurrir por la fauna de un tamaño mayor y, no solo producto de la acción de animales cavadores sino también por otros procesos vinculados al pisoteo (Fantuzzi, 2010). A su vez, estas alteraciones también se extienden a otro tipo de evidencia como restos óseos, donde investigaciones experimentales como las de Peña (2019) han documentado fracturas *perimortem* en restos óseos de cerdos, presuntamente, dadas por la fuerza mecánica que produce el pisoteo del ganado sobre el terreno, generando una fractura por presión, denominada *fractura en tallo verde*

(Etxeberria, 1998 citado en Peña, 2019). Por otra parte, se documentó la presencia de lombrices por debajo de fragmentos cerámicos; pero, este contacto a nivel macroscópico no dejó marcas en la superficie del material cerámico que luego pudiesen ser consideradas como huellas diagnósticas para inferir la interacción de los anélidos con este tipo de evidencia cultural. Además, la duración del experimento fue de solo cuatro meses; sin embargo, si el experimento lo proyectamos, por ejemplo, a un año o más, tal vez la acción de los escarabajos y anélidos deje marcas en los materiales y, de igual modo, es probable que al aumentar el espacio poroso provoquen la movilidad de estos.

Respecto a las semillas, estas presentaron distintos grados de conservación; siendo las de *Annona muricata* las de mejor estado de conservación en comparación con los demás macrorrestos botánicos. En la Uexp 1 las semillas de *Zea mays* mostraron el peor estado de conservación; en cambio en la Uexp 2, fueron las de *Phaseolus vulgaris*. Esta variabilidad en el estado de conservación o alteración selectiva (Fantuzzi, 2010) en este tipo de evidencia no podría vincularse principalmente como resultado directo de la acción de las lombrices y de los escarabajos; debido a que a nivel macroscópico no se registraron marcas o huellas de sus acciones sobre las semillas que así lo sugieran, sino que, podrían deberse a aspectos intrínsecos (Fantuzzi, 2010) como las características físicas de cada semilla y su proceso de carbonización. También, a la humedad del suelo y a la acción indirecta de estos agentes bioturbadores que al aumentar la porosidad del suelo con la excavación de sus galerías (Solís, 1987; Goldberg & Macphail, 2006; Basto-Estrella et al., 2012; González, 2013; Vázquez, 2013; y González-Alvarado & Medina, 2015); aumentan la exposición de este tipo de evidencia al aire y al agua; incrementando así su deterioro y que luego puedan borrarse definitivamente del registro arqueológico.

Cabe señalar que, el efecto de la biota en suelos y depósitos arqueológicos además de aumentar la porosidad, también provocan la homogenización lo que conlleva a la difuminación de los límites naturales o culturales del suelo; entonces comprender la acción de la fauna edáfica puede contribuir a identificar entornos pasados, así como indicar una perturbación moderna (Wood & Johnson, 1978 y Goldberg & Macphail, 2006). De igual modo, su estudio permite entender su papel en procesos de formación del registro arqueológico (Fernández & Escosteguy, 2019).

Por su parte, dada la etología de las lombrices y los escarabajos, en este caso sus hábitos alimenticios, los distintos grados de conservación de los restos óseos de ictiofauna, se pueden explicar como resultado de un proceso natural de descomposición producto de la *desección*

progresiva que implica el paso de los huesos de un estado fresco a seco que conlleva a la reducción de la densidad ósea y a la fracturación (Yravedra, 2013). Asimismo, el color amarillo o marrón amarillento que presentaron, está asociado a la lixiviación o pérdida de grasa del hueso; lo cual, es también producto de la desecación progresiva (Giraldo, 2018 citado en Peña, 2019).

Sin embargo, el proceso de descomposición podría acelerarse por las condiciones climáticas propias del trópico; así como por la acción indirecta de estos agentes bioturbadores al incrementar el contacto de la evidencia osteológica con el aire, bacterias y hongos; que suelen generar afectaciones tafonómicas en los restos óseos (Yravedra, 2013 y González & Zapata, 2019); y con el agua que puede provocar descalcificación, desosificación y acrecentar la diagénesis (Hedges & Van Clinken, 1995 citados en Yravedra, 2013).

Con relación a la posición de los materiales depositados en cada uno de los niveles de la Uexp 1, se destaca el desplazamiento vertical general de 4 cm en los materiales encontrados en el Nivel 1; a excepción del macrorresto M11 que se encontró a 25 cm de profundidad. Por su parte en el Nivel 2 este desplazamiento fue de 3 cm, en el Nivel 3 de 3 cm, en el Nivel 4 de 2 cm y en el Nivel 5 de 1 cm. En cuanto a desplazamientos horizontales estos no fueron tan significativos en comparación con los verticales, debido a que fueron pocos los materiales que lo presentaron y desplazamientos hacia la superficie no se registraron.

En cambio, en la Uexp 2, se presentó un desplazamiento vertical general de 1 cm en los materiales encontrados en el Nivel 1; a excepción del macrorresto G16 que se encontró a 20 cm de profundidad. Por su parte, en el Nivel 2 este desplazamiento en modo general también fue de 1 cm; a excepción de los macrorrestos G25 y M23 que se encontraron a 25 cm de profundidad. En cambio, en el Nivel 3 y Nivel 4 no se presentó este tipo de desplazamiento; mientras que, en el Nivel 5, solo el macrorresto F17 se encontró a 1 cm de diferencia de su ubicación original y; al igual que en la Uexp 1 no se documentaron desplazamientos hacia la superficie.

Ahora bien, la forma en que tienden a disminuir los desplazamientos verticales con la profundidad es consistente con lo señalado por Buzter (1989) quien plantea que la actividad de la fauna edáfica disminuye con la profundidad, como se pudo demostrar en el análisis de imágenes correspondientes al espacio poroso creado por la edafofauna en las unidades experimentales; entonces los objetos más cercanos a la superficie se hundirán más rápidamente que los que se encuentran a mayor profundidad. Por lo tanto, es probable que las alteraciones o Transformaciones -N en términos de Schiffer (1987) sucedan con mayor intensidad en los primeros procesos de

sepultamiento del registro arqueológico luego del abandono y desuso de los contextos humanos. Además, la evidencia arqueológica no permanece intacta al paso del tiempo, sino que sufre sucesivas transformaciones desde que participaron en un sistema de comportamiento; siendo la actividad biológica uno de los factores que modifican los restos arqueológicos sea por erosión, sepultamiento, destrucción, preservación selectiva o alteración vertical y horizontal de su depositación original (Butzer, 1989).

Por otro lado, cabe señalar que el aumento de la porosidad del suelo por la acción de agentes bioperturbadores incide tanto en el estado de conservación de la evidencia arqueológica como en la perturbación del contexto primario, alterando las relaciones estratigráficas de los restos arqueológicos (Atkinson, 1957 citado Balek, 2002); lo cual tiene implicaciones en las interpretaciones que dependan de que los artefactos estén en su posición original (Wood & Johnson, 1978). Problemas interpretativos que serán definitivos para el análisis de un sitio arqueológico; ya que, la micro, meso o macro fauna del suelo (Jaramillo, 2002) pueden trasladar materiales -objetos arqueológicos, materia orgánica, carbón vegetal asociado a actividades antrópicas y susceptibles de ser datados y/o componentes paleoambientales propios de un período, tales como: granos de polen, fitolitos y estructuras vegetales- de un horizonte de suelo o un estrato arqueológico a otro, alterando su depositación original y provocando “dataciones por radiocarbono erróneas” (Butzer, 2000, p. 107). Es en este sentido que autores como Wood y Johnson (1978) señalan que antes de hacer interpretaciones debemos prestar más atención a la naturaleza dinámica del medio en el que excavamos.

En cuanto a la ausencia de desplazamiento hacia la superficie, puede deberse al tamaño de los materiales, el diámetro de las galerías y a las especies de lombrices y escarabajos; ya que, este tipo de desplazamientos están determinados en caso tal que el área de la superficie de la evidencia cultural sea menor al de las madrigueras de la fauna del suelo; de ahí que puedan trasladarse hacia arriba y depositarse, por ejemplo, en los montículos (Balek, 2002). Además, otro factor que incide en la posibilidad de desplazar materiales y la formación de nuevos espacios porosos tiene que ver con las características etológicas de la fauna edáfica; dado que esto condiciona la frecuencia con la que las especies requieran salir a la superficie para realizar etapas de su ciclo biológico (Fernández & Escosteguy, 2019). De igual modo, la temporada de lluvia, es un factor condicionante en el comportamiento de este tipo de fauna; ya que se verán forzadas a subir a la superficie en busca de oxígeno para no morir ahogadas (Stein, 1983 citado en Fernández & Escosteguy, 2019). A su vez,

las altas temperaturas anuales también pueden exacerbar fuertemente la bioturbación (Nye, 1955 y Maldague, 1964 citados en Grave & Kealhofer, 1999).

Por su parte, el espacio poroso generado por los anélidos se distribuyó por casi todas las áreas de las caras de la unidad experimental; además fue mayor que el creado por los coleópteros, el cual se concentró hacia la parte superior del contenedor. Dicha diferencia podría deberse al comportamiento y a la mayor cantidad de lombrices actuando en el suelo en comparación con los escarabajos. La bioturbación de estos agentes puede identificarse y evaluarse a partir de los datos del registro micromorfológico de las partículas de sedimentos; ya que, pueden mezclar fitolitos y restos de carbón con sedimentos, alterando, por ejemplo, la secuencia de cambios microbotánicos en una columna de sedimento analizada, tal como lo han documentado Grave y Kealhofer (1999). Por otro lado, en los perfiles de secuencias estratigráficas, son visibles las galerías de los anélidos (ver figura 43) que suelen llenarse con partículas de suelo de niveles superiores, cuya acción prolongada puede conducir a la homogenización de los horizontes o difuminado los límites de los estratos naturales, también, producto de la mezcla de la fina matriz del suelo (Canti, 2003 y Tryon, 2006).

Figura 43

Galerías de lombrices



Nota. Imagen tomada de Canti, 2003, p.138

De igual modo, las crotovinas generadas por escarabajos (véase figura 44 y 45) también son visibles en las secuencias estratigráficas cuando se han llenado con materiales de otros horizontes.

Figura 44

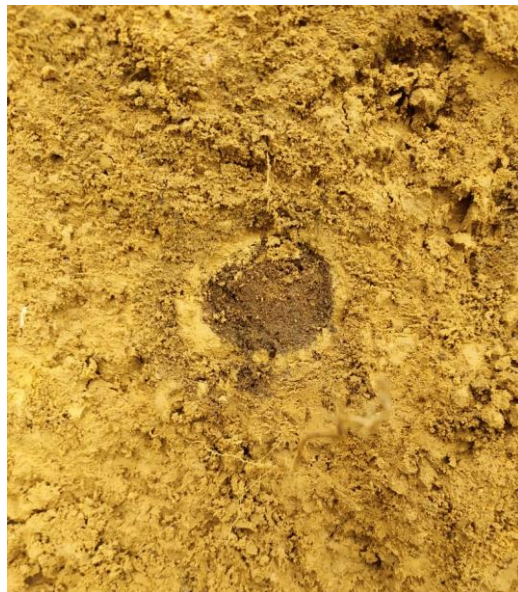
Galerías rellenas de suelo oscuro



Nota. Imagen tomada de Godoy, 2019, p. 72

Figura 45

Crotovina



En ambos casos, el relleno de las galerías puede ser producto del desuso de estas o deberse a la acción de los agentes bioturbadores que como las lombrices, suelen usar piedras pequeñas,

granos de arena o semillas del tamaño de entre 5 mm a 200 μm que conducen hacia el interior de las galerías para revestir las paredes de estas (Canti, 2003), con lo cual pueden generar desplazamientos permanentes de materiales de diferentes horizontes o también; llenarlas, por ejemplo, con las partículas de suelo ingerido que algunas especies excretan al interior de las galerías (Tryon, 2006).

12. Conclusiones

Esta investigación, desde un ejercicio de arqueología experimental en suelos del municipio de Cauca, Antioquia; permitió analizar la forma en como la acción de las lombrices de tierra y los escarabajos estercoleros inciden en la perturbación de fragmentos de cerámica, macrorrestos botánicos carbonizados, restos óseos de *Prochilodus magdalenae*; así como, en la alteración física de la matriz del suelo en el que están contenidos.

Donde el análisis de la ubicación espacial de los materiales depositados en las unidades experimentales permitió documentar desplazamientos verticales y horizontales en algunos materiales; siendo los verticales más significativos que los horizontales dada la menor cantidad de materiales que sufrieron este último tipo de alteración.

De igual modo, el análisis visual del aspecto físico de los materiales ayudo a determinar los distintos estados de conservación en que se encontraron una vez finalizado el experimento. Donde el material cerámico se encontró en un estado excelente y las semillas de *Annona muricata* presentaron el mejor estado de conservación en comparación con los demás macrorrestos botánicos. Por su parte, las semillas de *Zea mays* como las de *Phaseolus vulgaris* se hallaron con distintos grados de conservación, al igual que los restos óseos de *Prochilodus magdalenae*.

Esta variabilidad en el estado de conservación de los distintos materiales no podría vincularse exclusivamente como resultado directo de la acción de las lombrices y de los escarabajos; debido a que no se registraron marcas de sus acciones que así lo sugieran, sino que, podrían deberse a aspectos intrínsecos (Fantuzzi, 2010) como, por ejemplo, las características físicas de cada semilla y su proceso de carbonización. También, a la humedad del suelo y a la acción indirecta de estos agentes bioturbadores que, al aumentar la porosidad del suelo con la excavación de sus galerías, aumentan la exposición de los materiales al aire y al agua; incidiendo así en su deterioro.

Por otro lado, durante el experimento, el comportamiento de las lombrices terrestres y los escarabajos estercoleros, permitió corroborar su papel dentro de procesos edafogénicos reflejados en la matriz del suelo, como la alteración de su homogeneidad, aumento de la porosidad y la permanente translocación y transporte de partículas de suelo y restos de materia orgánica hacia la superficie como al interior del suelo; producto de sus bioturbaciones.

Si bien, esta investigación no contempló un análisis microscópico de la evidencia cultural, el análisis micromorfológico y químico del suelo; abre la posibilidad a que se tengan en consideración en investigaciones que se interesen en estudiar procesos de formación del registro arqueológico en los que intervengan agentes bioperturbadores como factores que pueden llegar a tener un peso importante en la formación del registro arqueológico. Por otra parte, también sería recomendable el poder extender la duración de experimentos similares a fin de poder registrar y sistematizar las huellas diagnósticas que sirvan de referencia para identificar la acción de agentes bioperturbadores en su interacción con distintos tipos de materiales arqueológicos.

Finalmente, este tipo de estudios permiten analizar procesos de formación del registro arqueológico; contar con registros sistemáticos de las alteraciones que pueden generar diversos agentes bioperturbadores y que inciden necesariamente en la integridad de los yacimientos arqueológicos (Backwell et al., 2012 y Huchet, 2014a; 2014b); diseñar modelos analíticos para interpretar procesos de formación (Fernández & Escosteguy, 2019); así como, validar la practicidad o no de distintas técnicas analíticas y metodológicas a la hora de estudiar bioperturbaciones (Grave & Kealhofer, 1999).

13. Referencias

- Aldazabal, V., Macchi, D. y García, A. (2010). Procesos de bioturbación en sitios arqueológicos de la costa central de la provincia de Buenos Aires. El caso del sitio el Divisadero Monte 6. En Berón, M., Luna, L., Bonomo, M., Montalvo, C., Aranda, C. y Carrera, M (eds.) *Pasado y presente desde la arqueología pampeana* (pp. 215-226). Editorial Libros del Espinillo.
- Alejos, A. (2014). La experimentación arqueológica como herramienta vehicular orientada a la mejor comprensión de la prehistoria y la arqueología. *Arqueología y Territorio*, 11, 171-180.
- Araujo, A. (2013). Bioturbation and upward movement of sedimentary particles and archaeological materials: comments on Bueno *et al.* *Journal of Archaeological Science*, 40, 2124-2127
- Armor-Chelu, M. y Andrews, P. (1994). Algunos efectos de la bioturbación por lombrices de tierra (*Oligochaeta*) sobre sitios arqueológicos. *Journal of Archaeological Science*, 21, 433-443
- Babot, M., González, B., Urquiza, S., Aguirre, M., Colaneri, M., Hocsmán, S. y Haros, M. (2009). Dinámicas de formación y transformación de un entierro en el desierto puneño (Antofagasta de la Sierra, Puna Meridional Argentina). *Intersecciones en Antropología* (10), 183-201.
- Backwell, L., Parkinson, A., Roberts, E., D'Errico, F. y Huchet, J. (2012). Criteria for identifying bone modification by termites in the fossil record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 337- 338, 72-87. doi: 10.1016/j.palaeo.2012.03.032
- Baena, J., Palomo, A. y Cuartero, F. (2013). Nuevas líneas y tendencias de investigación en el campo de la Experimentación arqueológica. *Arqueo Mediterránea*. Actos de la VI Reunión Internacional de Arqueología de Calafell - 17a Reunión Anual de l'EXARC (Calafell, del 10 al 12 de marzo de 2011)
- Balek, C.L. (2002) Buried artifacts in stable upland sites and the role of bioturbation: a review. *Geoarchaeology*, 17, 41-51.
- Basto-Estrella, G., Rodríguez-Vivas, R., Delfín-González, Hugo y Reyes-Novelo, E. (2012). Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(2), 380-386. Recuperado en

mayo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532012000200008&lng=es&tlng=e

- Benito-Calvo, A., Campaña, I., y Karampaglidis, T. (2014). Conceptos básicos y métodos en Geoarqueología: Geomorfología, estratigrafía y sedimentología. *Treballs d'Arqueologia*, (20), 41-54.
- Butzer, W. K. (1989). Geo-arqueología: transformación y destrucción de los yacimientos. En *Arqueología, una ecología del hombre: Método y teoría para un enfoque contextual* (pp. 95-119). Madrid, España.
- Canti, M. (2003). Earthworm activity and archaeological stratigraphy: a review of products and processes. *Journal of Archaeological Science*, 30(2), 135-148.
- Castillo, S. (2006). La arqueología conductual a prueba: un análisis a partir del concepto de posición teórica. *Dimensión Antropológica*, 37, 7-47.
- Clarke, D. y Aubet, M. (1997). Reseña del Libro: "Arqueología Analítica" [Reseña del libro *Arqueología Analítica* (1997) de Clarke y Aubet, segunda edición] <https://www.buscalibre.com.co/libro-arqueologia-analitica/9788472900400/p/3078980>
- Domínguez, J. y Gómez-Brandón, M. (2010). Life cycles of vermicomposting earthworms. *Acta Zoológica Mexicana*, 2, 309-320
- Dorronsoro, C. (2020). *Introducción a la Edafología*. <http://edafologia.ugr.es/index.htm>
- Fantuzzi, L. (2010). La alteración posdeposicional del material cerámico. Agentes, procesos y consecuencias para su preservación e interpretación arqueológica. *Revista Electrónica de Arqueología*. 4(1), 27-59.
- Favier, C. (2001). *Análisis geoarqueológico de los procesos de formación del registro, cronología y paleoambientes, en sitios arqueológicos de Fuego-Patagonia*. [Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires]
- Fernández, A y Escosteguy, P. (2019). Bioturbación por lombrices en sitios arqueológicos: análisis desde la tafonomía experimental. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano*. Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, 7 (2), 99-109.
- Fournier, G. (1990). Un estudio sobre arqueología experimental: efectos de acabados de superficie en la resistencia a la ruptura de cuerpos cerámicos. *Boletín de Antropología Americana*, 21, 103–128. <http://www.jstor.org/stable/40977879>

- Godoy, A. (2019). *Geoarqueología de sitio en la cordillera central de los andes colombianos. Estudio de caso en el municipio de Sabaneta, Antioquia*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]
- Godoy-Toro, A., Loaiza-Usuga, J., Monsalve-Marín, C., Weber-Scharff, M. y Torres-Guerrero, C. (2021). Ancient anthropogenic soils and activity areas of the Colombian Andean region: A geoarchaeological approach. *Geoarchaeology*, 1-28. DOI: 10.1002/gea.21876
- Gómez, A. (2005). Arqueología en Colombia: alternativas conceptuales recientes. *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, 19 (36), 198-231.
- González-Alvarado, A y Medina, C. (2015). Listado de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera Scarabaeidae: Scarabaeinae) de bosque seco en Colombia. *Biota Colombiana*, 16 (1), 36-42.
- González, M. (2013). *Ecología del escarabajo estercolero nativo paracóprido Frickius variolosus Germain 1897, (Coleoptera, Geotrupidae), en la Región de Aysén*. [Tesis de maestría, Universidad Austral de Chile]
- González, P. y Zapata, M. (2019). *Afectaciones tafonómicas en restos óseos humanos causadas por hongos presentes en una muestra del Jardín Cementerio Universal de la ciudad de Medellín-Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]
- Goldberg, P y Macphail, R. (2006). *Practical and Theoretical geoarchaeology*. Blackwell Science Ltd.
- Grave, P y Kealhofer, L. (1999). Assessing Bioturbation in Archaeological Sediments using Soil Morphology and Phytolith Analysis. *Journal of Archaeological Science* 26, 1239–1248.
- Huchet, J. B. (2014a). Approche ichnologique et taphonomique des altérations ostéolytiques dues aux insectes en contexte archéologique. En Denys, C., y Patou-Mathis, M. (Eds.), *Manuel de taphonomie*, (pp. 185-207). Arles, France: Actes Sud – Errance.
- Huchet, J. B. (2014b). Insect remains and their traces: relevant fossil witnesses in the reconstructions of past funerary practices. *Anthropologie*, 52(3), 329-346.
- IGAC (2007^a). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras, Departamento de Antioquia, Tomo I, II y III. Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Subdirección de Agrología. Bogotá. Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- Jaramillo, D. (2002). Los factores de formación del suelo. En *Introducción a la ciencia del suelo* (pp. 9-80). Medellín, Colombia.

- Jenny, H. (1941). *Factors of Soil Formation*. McGraw-Hill, New York.
- Jiménez, J. (2008). El ciclo formativo del registro arqueológico. Una alternativa a la dicotomía deposicional/posdeposicional. *Zephyrus*, LXII, 125-137.
- Kooistra, M. (2014). Descripción de los componentes orgánicos del suelo. En Loaiza, J., Stoops, G., Poch, R. y Casamitjana, M. (Eds). 2014. *Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias*. Fondo Editorial Pascual Bravo. Medellín.
- Lee, K. (1985). *Earthworms, Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use*. Sydney: Academic Press.
- López, F. (2018). Los procesos de abandono. Lo blanco y lo negro de la interpretación arqueológica. *Trace*, 43. 10.22134/trace.43.2003.523.
- Menta, C. (August 29th2012). Soil Fauna Diversity - Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration, Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World, Gbolagade Akeem Lameed, Intech Open, DOI: 10.5772/51091. Available from: <https://www.intechopen.com/books/biodiversity-conservation-and-utilization-in-a-diverse-world/soil-fauna-diversity-function-soil-degradation-biological-indices-soil-restoration>
- Morgado, A y Baena, J. (2011) Bases Metódicas sobre la experimentación aplicada a la arqueología. En *Experimentación, Arqueología Experimental y experiencia del pasado en la Arqueología actual* (pp. 21-28).
- Oakley, V. y Jain, K. (2002). *Essentials in the care and conservation of historical ceramic objects*. Archetype Publications, Londres.
- Peña, J. (2019). *Procesos que afectan la descomposición ósea en suelos de una finca ganadera del municipio de Yarumal*. [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia].
- Posada, W. y Parra, L. (2010). Microscopía de pedocomponentes en un sitio arqueológico del occidente de Antioquia. Énfasis en arqueobotánica y paleoecología. *Boletín Científico del Centro de Museos ISSN: 0123-3068 ed: Forec Universidad De Caldas*, 14, 17 – 35.
- Rangel-Acosta, J; Blanco-Rodríguez, O; Gutiérrez-Rapalino, B. y Martínez-Hernández, N. (2012). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) asociados a excrementos de mamíferos en la Reserva Natural Luriza (RNL), departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 50 409–419.

-
- Renfrew, C. y Bahn, P. (2011). ¿Qué queda? La variedad de la evidencia. En *Arqueología, teorías, métodos y prácticas* (pp. 43-63). Madrid, España.
- Ruiz, S. (2010). La cerámica en los procesos de formación, percepción e interpretación del registro arqueológico. Sobre el tránsito del contexto arqueológico al sistémico. *Krei*, 11, 109-118.
- Stein, J. (1983). Actividad de las lombrices de tierra: una fuente de posible perturbación de los sedimentos arqueológicos. *Antigüedad americana*, 48 (2), 277-289. Doi: 10.2307 / 280451
- Schiffer, M. (1976). *Formation Processes of the Archaeological Record*. Behavioral Archaeology. Academic Press, New York. 1996 [1987]. University of Utah Press, Salt Lake City.
- Schiffer, M. (1983). Hacia la identificación de los procesos de formación. *Antigüedad americana* 481, 675-706
- Schiffer, M. (1987). *Procesos de formación del registro arqueológico*. Albuquerque: Universidad de Prensa de Nuevo México.
- Schiffer, M. (1990). Contexto arqueológico y contexto sistémico. *Boletín de antropología americana*, 22, 80 - 93.
- Schiffer, M. (1996). *Formation processes of the archaeological record*.
- Schoeneberger, P., Wysocki D., Benham, E. & Soil Survey Staff. (1998). *Fiel book for describing and sampling soils, Version 1.1*. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NW.
- Solís, A. 1987. Los Escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la estación Río San Lorencito, Reserva Forestal de San Ramón, Costa Rica. *Brenesia*, 27: 81-111
- Tryon, C. (2006). The Destructive Potential of Earthworms on the Archaeobotanical Record. *Journal of Field Archaeology*, 31 (2), 199-202.
- Van Nest, J. (2002) The good earthworm: how natural processes preserve upland Archaic archaeological sites of western Illinois, U.S.A. *Geoarchaeology*, 17, 53-90.
- Vázquez, M. (1997). Estudio de la fauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la biósfera de Sian Ka'an Quintana Roo. Universidad de Quintana Roo. Departamento de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B051. México D. F

-
- Wood, W. y Johson, L. (1978). A survey of disturbance processes in Archaeological Site Formation. In: Schiffer, M. (Ed), *Advances in Archaeological Method and Theory*. (Vol 1. Pp: 315-381). New York, USA.: Academic Press.
- Zubimend, M., Hammond, H., Zilio, L., Ambrústolo, P y Castras, A. (2015). Análisis de los agentes de alteración del registro arqueológico identificados en la costa norte de Santa Cruz (Patagonia Argentina). *Anales de Arqueología y Etnología*, 159-180.

14. Anexos

Anexo 1. Ficha de registro de los restos óseos de ictiofauna

Fecha de registro: Fecha de obtención del espécimen: N° identificación del resto óseo: Proveniencia: Departamento: Antioquia Municipio:

Detalles del ejemplar	Medidas	Método de procesamiento
Nombre común: Nombre científico: Clase: Orden: Familia: Género: Especie:	Longitud estándar (Desde la cabeza hasta el final de las escamas): Longitud total (Desde la cabeza hasta el final de la aleta caudal):	Hervido: Derméstidos: Químicos: Otro:

Foto N°	Foto N°	Foto N°

Tipo de Hueso	Medidas	Otras observaciones:
Vértebra precaudal: Vértebra caudal: Costilla: Opérculos: Cleitros: Preopérculos: Lagrimal: Premaxilar:	Largo: Ancho: Grosor:	

Anexo 2. Ficha de registro de los macrorrestos botánicos

N° identificación			
Nombre común			
Nombre científico			
<i>Estado de conservación</i>			
Completo	Fragmentado	Carbonizado total	Carbonizado parcial
Foto N°		Foto N°	
Características cuantitativas		Características cualitativas	
Largo: Ancho: Grosor:			
Otras observaciones			

Anexo 3. Citas y referencias de material legal (leyes, decretos, sentencias, etc.) sobre el uso de animales en experimentos con fines científicos.

Colombia. Congreso de la República. (1989). Ley 84 de 1989. Estatuto Nacional de Protección de los Animales. Bogotá.

Colombia. Congreso de la República. (2000). Ley 576 de 2000. Por la cual se expide el Código de Ética para el ejercicio profesional de la medicina veterinaria y zootecnia. Bogotá.

Garcés, L. (2016). Propuesta para Colombia de un estatuto en la experimentación con animales. *Escritos*, 24 (53), 411-444.

UNESCO. (1999). Declaración sobre la ciencia y el uso de saber científico y programa en pro de la ciencia, Marco General de Acción. París.