

Diseño desde la morfología de los insectos.

“Una mirada hacia el interior de la tierra”

Natalia Andrea Aristizábal¹, Sara María Giraldo², Laura Vanessa Rincón.³

Facultad de Diseño Industrial, Universidad pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

E-mail:

*nati18_1189@hotmail.com Natalia Aristizábal

* sara.giraldolo@gmail.com Sara María Giraldo

* lau_vanerl2@hotmail.com Laura Rincón.

RESUMEN.

A través del tiempo los desastres naturales y los daños en el planeta causados por el calentamiento global, han ido provocando catástrofes cada vez más grandes, algunos como los deslizamientos de tierra, los temblores, y las grandes tormentas han dejado un gran número de víctimas.

Se realizó un proceso investigativo en el cual se analizaron tres especies diferentes, que se caracterizaron por su buen desempeño en el desplazamiento al interior de la tierra, con el fin de definir cuál de las tres posee el mayor nivel de eficiencia en la excavación; y estos resultados poder aplicarlos en la logística o en el diseño de un producto, que permita afrontar de mejor manera un derrumbe. Las especies utilizadas fueron la hormiga arriera (*Atta laevigata*), el escarabajo estercolero (*Coleopetra scarabaeidae*) y la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*); de cada especie se recolectó una muestra determinada, que permitiera la observación adecuada de cada una. Para la experimentación se diseñó un hábitat artificial de vidrio apropiado para cada especie, de acuerdo a su hábitat natural, estos elementos permitían la observación de la forma en que los insectos excavaban y cuáles eran sus tipos de movimientos.

La información observada en los elementos de vidrio quedó registrada en imágenes que fueron tomadas durante todo el proceso de experimentación; estas fotografías se analizaron y compararon entre cada una de las especies, así mismo toda la información de las variables evaluadas, como el tamaño de las galerías, el largo, tipos de movimientos entre otros, fue escrita y organizada en tablas.

Los resultados arrojados del proceso experimental permitieron la comparación entre las especies, concluyendo así que la más eficaz para la excavación subterránea es la lombriz de tierra pues a pesar de que su mecanismo es el más sencillo, presenta más eficiencia en el desplazamiento; resultados que puede ser beneficioso para mejorar el proceso de rescate de individuos cuando sucede una catástrofe natural específicamente un derrumbe de tierra.

ABSTRACT.

Through time natural disasters and the damage to the planet caused by global warming has been causing dreadful catastrophes, some like, landslides, earthquakes, and big storms have left a large

number of victims.

was performed a research process which analyzed three different species, characterized by good performance in the digging of earth, in order to define which of the three has the highest level of efficiency in the excavation, and these results they can be applied in logistics or product design, allowing to better cope a landslide. The species used were ants (*Atta laevigata*), the beetle (*Coleopetra Scarabaeidae*) and earthworms (*Lumbricus terrestris*) of each species was collected a sample, to allow adequate observation of each. For the experiment we designed a glass artificial habitat for each species according to their natural habitat, these elements allow observing how insects digging and what their types of movement.

The information observed in the glass elements was registered in images taken throughout the process of experimentation, these photographs were analyzed and compared between each of the species, likewise all the information of the evaluated variables such as the size of the galleries, the long, among other types of movements, was written and analyzed in tables.

The results obtained from experimental procedure allowed the comparison between species, concluding that the most effective spices for digging is the earthworm, although his mechanism is the simplest, show results that can be beneficial to improve the rescue of persons when a natural disaster happens specifically a landslide.

Palabras Clave: Hormiga arriera, Escarabajo estercolero, Lombriz de tierra, Excavación subterránea, Herramientas de excavación.

INTRODUCCIÓN.

Basados en los desastres naturales que ocurren en la actualidad, se propuso analizar tres especies de insectos: la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*), el escarabajo estercolero (*Coleopetra scarabaeidae*) y la hormiga arriera (*Atta laevigata*), para definir cuál de ellas presentaba una mayor eficiencia en la excavación subterránea y el desplazamiento al interior de la tierra, buscando con este proceso experimental resultados que pudieran ser utilizados a la hora de la logística de un desastre natural, o en el desarrollo de un posible objeto que facilite el acceso a las víctimas. Para esto, se realizó un estudio teórico y práctico sobre la eficiencia subterránea, definido como la rapidez y la eficacia para el desplazamiento subterráneo aplicado a los mecanismos que utiliza cada una de las especies anteriormente mencionadas. Así, se logró llegar a un análisis comparativo de su morfología y biomecánica para definir cuál de las tres es la más eficiente al excavar la tierra y poder aplicar su mecanismo en un desastre natural.

Es claro que se han realizado estudios sobre animales donde se analice la locomoción, la biomecánica, anatomía y la morfología de los mismos, en los cuales se explican adaptaciones y técnicas de locomoción acuática, terrestre y aérea (Zaballos,2009). De esta información no se encontró evidencia que permitiera rastrear ejemplos de aplicaciones de estos mecanismos a

sistemas enfocados a la atención de desastres. También se evidencian pruebas con sistemas robóticos, un ejemplo claro es un estudio de la locomoción de la lombriz de tierra. Se realizó un análisis cinemático del movimiento peristáltico y se evaluaron diversas secuencias de movimiento de cara a la aplicación de las mismas en un robot gusano construido tratando de emular las características motrices de este animal. (Garzón, 2008)

En dichas investigaciones sobre los animales excavadores, se evidenciaron unos principios claves que rigen la física de sus movimientos, “cualquier animal que excava, debe anclarse por la parte posterior para empujar el sedimento hacia los lados sin deslizarse hacia atrás. Este tipo de anclaje se denomina anclaje de penetración, porque mantiene una parte del cuerpo en el mismo lugar a la vez que la otra parte penetra y avanza en el sedimento. Una vez que el extremo guía del cuerpo ha avanzado hacia delante, una pequeña distancia en el sedimento, debe anclarse para que el extremo posterior pueda ser desplazado hacia adelante en la galería.” (González, 2009)

Por medio de este proyecto se logró obtener una mayor claridad con respecto a los movimientos subterráneos de las tres especies estudiadas, y con los resultados obtenidos de las experimentaciones llevadas a cabo, definir los parámetros de una excavación y un desplazamiento rápido y eficaz, a la vez que la información complementara los estudios de otros autores y fuera aplicada a operaciones logísticas de rescate o un objeto que pueda ser utilizado en la ocurrencia de un deslizamiento de tierra. Para ello se definieron algunas variables como el tipo de suelo, ya que este es un factor determinante al momento de excavar, porque cada especie tiene una morfología y un mecanismo adaptado a un suelo diferente. Cada especie fue observada durante tres semanas para analizar las distancias recorridas, las formas de desplazamiento, que mecanismos utilizaban, como era su morfología y su biomecánica, para posteriormente compararlas entre si y hallar el mecanismo más eficiente.

1. MATERIALES Y MÉTODOS.

Específicamente en esta investigación se compararon las siguientes especies, para la observación, los animales eran introducidos al inicio de la semana y al concluir, se retiraban y se cambiaban por otras de su misma especie.

- Lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*) (Figura1). Con una muestra de 4 Lombrices por semana.



Figura 1. Lombriz de tierra.

- Hormiga arriera (*Atta laevigata*) (Figura 2). Con una muestra de 10 Hormigas por semana. Las hormigas tuvieron la mayor cantidad de especies porque estas realizan la excavación en grupo.



Figura 2. Hormiga Attiera. Imagen tomada de: <http://aupec.univalle.edu.co/informes/marzo98/fotos/hormiga1.gif>. (fecha de actualización 22 de abril del 2013)

- Escarabajo estercolero (*Coleopetra scarabaeidae*) Figura 3. Con una muestra de 2 Escarabajos.



Figura 3. Escarabajo estercolero. Imagen tomada de: [http://gallery.new-ecopsychology.org/es/photo/dor_beetle_\(geotrupes_stercorarius\).htm](http://gallery.new-ecopsychology.org/es/photo/dor_beetle_(geotrupes_stercorarius).htm). (fecha de actualización 22 de abril del 2013)

Para la observación de las especies se utilizaron los siguientes elementos:

- Hábitat artificial: Elemento de vidrio en forma de paralelepípedo con dimensiones 300mm X 150mm X 10mm, diseñado para introducir las especies y así poder analizarlas. (Figura 4).

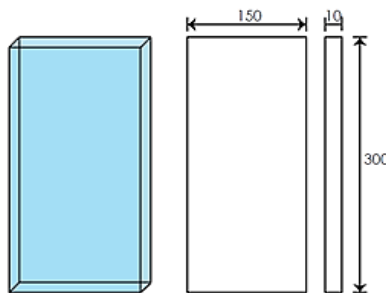


Figura 4. Diseño del hábitat artificial, medidas en mm.

- Estereoscopio: Microscopio Estereoscopio Trinoc Labor tech model 3E, para analizar las especies y su morfología.
- Calibrador: Pie de rey de Vernier, de 12"/300 mm, Para medir los diámetros de las galerías que se formaron.
- Cámara fotográfica: cámara profesional Canon EOS 60D de 12.2 megapíxeles para llevar un registro de la fabricación de las galerías.
- Diferentes tipos de suelo: Arcilloso, seco poco granulado y de pigmentación naranja. Suelos de diferentes características para estudiar las diferencias que se dan al cambiar la especie del sustrato al cual está habituado.
- Geometrización de las especies: Se tomaron las especies en las diferentes vistas y se calcularon de manera geométrica, hallando los patrones de formas de las tres especies, para luego compararlas entre sí.
- Tablas de registro: tablas realizadas en Excel para promediar los resultados. (ver anexo 1.)

Luego de tener los instrumentos listos se pasó al proceso de experimentación con las especies las cuales se introdujeron en el hábitat y fueron estudiadas durante 4 semanas, las 3 primeras fueron de análisis en el hábitat artificial siguiendo las características de su hábitat natural para esto se consiguió un sustrato igual al que la especie estaba acostumbrada normalmente. (Tabla 1.)

SUSTRATO	CARACTERÍSTICAS
Suelo Limoso (Hormigas)	Sustrato compacto, y denso; resultan producidos por la sedimentación de materiales, con alta cantidad de limo, propicio para la vida orgánica.
Suelo margoso (anélidos)	Suelo compuesto de arcilla, limo y arena, con alta cantidad de materia vegetal descompuesta (humus).
Suelo margoso más coprocebo (escarabajos)	Al suelo margoso se le agrega en la superficie una capa de boñiga para estimular el desplazamiento del escarabajo en su interior.

Tabla 1. Tipo de sustrato usado para cada especie.

Las especies fueron analizadas 30 minutos en el día y 30 minutos en la noche para así poder ver las galerías que la especie realizaba durante el día, de este proceso se realizó un registro fotográfico y se obtuvieron resultados cuantitativos, los cuales fueron analizados posteriormente en tablas. Luego de estas tres semanas se realizó un cambio de terreno, para así obtener información sobre el comportamiento de las especies en otro sustrato, este fue de tipo arcilloso y duro un periodo de tiempo más corto (2 días) ya que las especies no resistieron este cambio.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las variables tomadas en cuenta fueron evaluadas arrojando los siguientes resultados:

2.1 Distancia / Tiempo: La distancia recorrida en un tiempo determinado fue una de las variables evaluadas. En este caso se obtuvo como resultado que la lombriz es la especie que mayor profundidad logra en comparación con la hormiga y el escarabajo, pues es la que mayor distancia refleja al realizar el promedio de las tres semanas de estudio. (Figura 5).

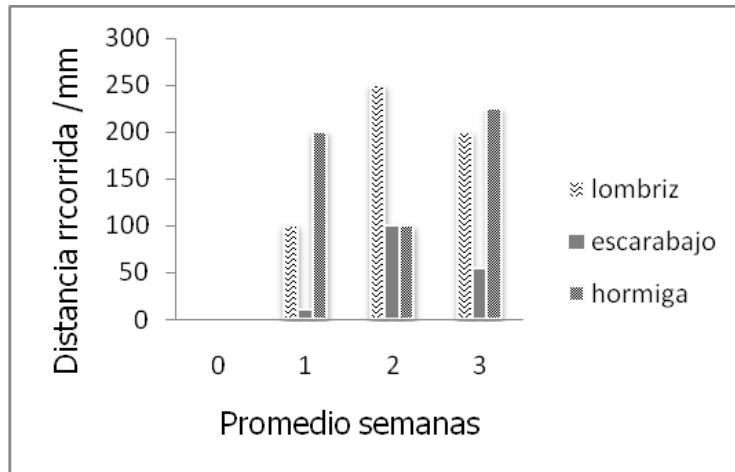


Figura 5. distancia recorrida en una semana.

2.2 Diámetro del túnel: Esta dio como resultado más alto los diámetros de las galerías de las hormigas arrieras; esto se debió a que las hormigas no solo excavan para reproducirse o conseguir alimento, sino que también forman pequeñas ciudades al interior de la tierra, y por lo tanto el desplazamiento a través de los túneles es muy frecuente (Figura 6).

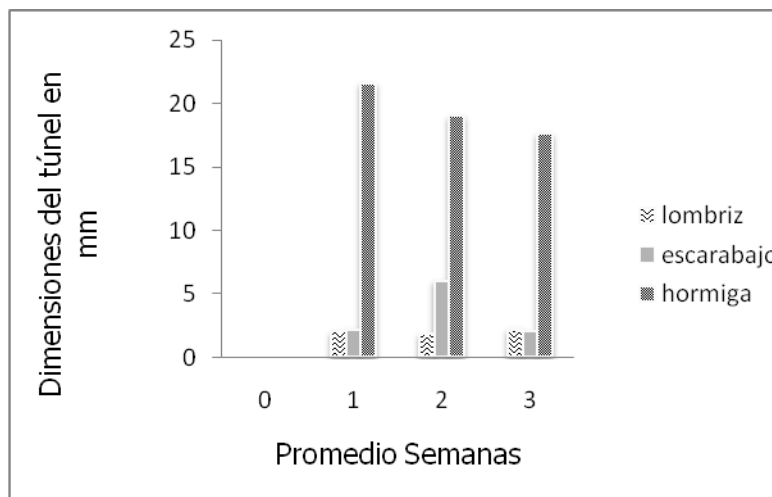


Figura 6. Dimensiones de los túneles en una semana.

2.3 Profundidad del túnel: La lombriz llega a una mayor profundidad (entre 200–250mm), comparada con las otras tres especies que alcanzaron a llegar solo hasta la mitad del hábitat artificial (entre 100-200mm).

Después de la experimentación se definieron los patrones de forma y de movimiento a partir de una caracterización morfológica y biomecánica de cada especie.

A continuación se enuncia el proceso biomecánico que realiza cada especie a la hora de la excavación.

Hormiga arriera: Las hormigas recolectan un poco de tierra con sus mandíbulas y luego regresan a la superficie, este proceso de subir y bajar demora el proceso de excavación.

De igual forma ésta usa las mandíbulas para realizar el proceso de excavación. En la figura 7 se pueden observar dichas mandíbulas. Estas logran una apertura máxima de 85°, y es por medio de este mecanismo que la especie puede tomar la tierra y desplazarla al exterior.

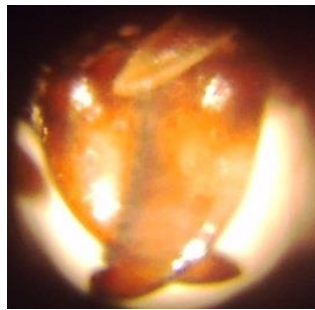


Figura 7. Mandíbulas de la hormiga.

Lombriz de tierra: El proceso de excavación de la lombriz de tierra se realiza por medio de los movimientos de su cuerpo; introducen la cabeza al interior de la tierra y van alimentándose con ésta, a la vez que sus heces salen al exterior y nutren la tierra. Esto permite un desplazamiento hacia adelante, de manera lenta pues su único aliciente para moverse es la alimentación; su excavación es rápida y es la especie que genera más recorridos con mayor profundidad de las tres especies. (En 30 minutos puede excavar hasta 20cm de profundidad)

Escarabajo estercolero: El escarabajo estercolero realiza la excavación con el fin de reproducirse, es decir, en la galería deposita los huevos.

En cuanto a la velocidad, su proceso de excavación es el más rápido de las tres especies, este remueve la tierra moviendo rápidamente sus patas delanteras, pero no alcanza grandes profundidades. Su cabeza es en forma de pala, modificación morfo-funcional le permite ir extrayendo mayor cantidad de terreno (Figura 8).



Figura 8. Cabeza de Escarabajo Estercolero. Imagen tomada de: <http://jardindegaia.blogspot.com/2009/02/arte-animal-escarabajos-por-las-calles.html>

El cambio de las condiciones a un terreno con características y propiedades diferentes como arcilloso, seco, poco granulado y de pigmentación naranja, generó en las tres especies su deceso, debido a que no encontraron en el terreno elementos apropiados para sobrevivir.

Para el análisis de la información, se estudiaron los resultados obtenidos en cada una de las tablas de recolección de datos realizadas (Anexo1), cuyos resultados se registraban cada día durante un tiempo de 4 semanas.

Posteriormente se realizaron gráficas de barras para mostrar los datos de manera clara y dinámica y finalmente se graficaron geones (figuras geométricas simples. Cada objeto puede generalmente descomponerse en un número pequeño de estos elementos que son reconocibles desde diferentes puntos de vista) de diferentes partes del cuerpo de las especie, para análisis comparativos de la morfología y la biomecánica entre ellas, dando como resultado algunas similitudes y diferencias que se enunciaran más adelante.

2.2 ANÁLISIS.

2.2.1 características de los movimientos:

La tabla 2 muestra el análisis realizado a partir de los resultados biomecánicos y las diferencias y similitudes encontradas en las diferentes especies durante el proceso experimental. Para esto se definió qué aspectos debían ser comparados como: las partes del cuerpo que usa cada una de las especies para su desplazamiento al interior de la tierra, y cómo es este desplazamiento, es decir, qué tipo de movimiento genera cada uno de sus músculos y sus extremidades que interviene en el proceso.

	Lombriz	Escarabajos	Hormigas	Diferencias	Semejanzas	
Estático				Parte del cuerpo que usa para el desplazamiento		Las tres especies utilizan partes de su cuerpo para poder desplazarse dentro de la tierra.
				Lombriz	La piel, dividida en secciones	
				Escarabajo	Extremidades posteriores y delanteras	
				Homiga	las mandíbulas	
En movimiento				Forma de movimiento		Las especies usan un ángulo de 45° a la hora de mover sus extremidades
				Lombriz	La parte externa del cuerpo la distiende y la interior la contrae	
				Escarabajo	Mueve alternadamente sus 3 extremidades para lograr más estabilidad	
				Homiga	Abre y cierra al mismo tiempo sus dos mandíbulas	

Tabla 2. Tabla de diferencias y semejanzas en los movimientos.

El tamaño de los túneles depende del diámetro del cuerpo de la especie y el número de veces que esta se devuelve a través de la galería, ya que cada vez que se devuelven desprenden y mueven la tierra.

Según lo observado las hormigas utilizan las galerías como caminos para transportar la tierra; el escarabajo utiliza sus excavaciones para introducir sus huevos y poderse reproducir; y las lombrices lo hacen porque al desplazarse se van alimentando de la tierra y a medida que se mueven van creando galería.

2.2.2 Análisis comparativo de la morfología y la biomecánica de las especies:

Las especies más parecidas entre sí son los escarabajos y las hormigas, a diferencia de la lombriz que presenta grandes diferencias ya que es un anélido.

Las hormigas y los escarabajos comparten las siguientes similitudes y diferencias:

Las hormigas a diferencia de los escarabajos utilizan las mandíbulas para realizar las galerías y transportar la tierra hacia la superficie, sin embargo también utiliza al igual que el escarabajo las patas delanteras para extraer la tierra y las intermedias para darse soporte y equilibrio. En cuanto a sus patas traseras los escarabajos las usan para arrastrar una bola de estiércol o para empujarse al interior de la galería y en las hormigas simplemente sirven para el desplazamiento y el equilibrio.

3. AGRADECIMIENTOS.

Los autores desean agradecer a los profesores, Andrés Valencia, Catalina Rey y Natalia Trujillo de la universidad Pontificia Bolivariana por su colaboración en el desarrollo de ideas y acompañamiento en el proceso de investigación y experimentación.

De igual forma se desea agradecer al entomólogo Gonzalo Abril por su colaboración y acompañamiento durante todo el proceso de investigación.

Finalmente se agradece a la Universidad Nacional por el préstamo de su laboratorio de entomología y los equipos para el análisis de las especies.

4. CONCLUSIONES.

4.1 Con base en esta experimentación, se concluyó que la especie más eficaz para la excavación subterránea es la lombriz de tierra. Es claro que la complejidad morfológica y las modificaciones morfo-funcionales existentes en los insectos analizados demuestran ser un elemento relacionado con la eficiencia al excavar la tierra. Sin embargo, según lo observado en la experimentación es más efectivo excavar mediante mecanismos de succión, procesamiento y expulsión, como lo hacen los anélidos.

De acuerdo a los resultados se encontraron algunas oportunidades de aplicación de la investigación:

4.2 Se pueden realizar Procesos en los cuales se desarrolle una logística de forma rápida y efectiva, al momento de ocurrir una urgencia, emergencia o desastre; facilitando el rescate de las personas, generando un plan de contingencia donde se capacite a las personas en como de actuar frente al desastre tomando como base la acciones y movimientos que realiza la lombriz. De igual forma, se pueden diseñar sustancias gelatinosas que recubran trajes para el cuerpo del rescatista basados en las sustancias y características del cuerpo de la lombriz y finalmente se puede llegar a productos industriales que faciliten la excavación subterránea, basados en la morfología de la lombriz y su sistema de succión y transformación del material, de igual forma se pueden diseñar objetos que imiten el movimiento de contracción y distensión con el cual se puede desplazar tierra con gran facilidad.

5. REFERENCIAS.

- González., J. P. (2009). Modelos adaptativos en Zoología. Madrid: universidad complutense de madrid.
- M. Garzon, A. B. (s.f.). Análisis cinemático de patrones de movimiento para un robot tipo gusano.
- Centro de Automática y Robótica UPM-CSIC.
- Wheeler, W. M. Cinco ensayos de mirmecología: fisionomía de los insectos. Madrid: Vision Net.
- Arias, J. Q. (1995). Producción de Humus y lombriz. Manizales: Fondo de desarrollo rural integrado.
- 5. Reines, M., Rodriguez, C., Sierra, A., & Vazques, M. (1998). Lombrices de tierra con valor comercial.
- Mexico D.F: Magdale Mulia Cabrera.
- Curits., Barnes., Shneck., Massarini., (2008). Biología. Santiago De Chile: Medica Panamericana.
- Kalman, B. (2004). Earthworms. New York: Crabtree publishing company.

6. ANEXOS.

Ejemplos de Instrumentos de recolección y registro de información. Tabla 1.




Velocidad del movimiento, y distancia recorrida por día / TABLA 1									
Hormiga			Escarabajo			Lombriz			
									
Movimiento	Rápidos	Lento	Movimiento	Rápidos	Lento	Movimiento	Rápidos	Lento	
Recorrido			Recorrido			Recorrido			
0-100mm	100-200mm	200-250mm	0-100mm	100-200mm	200-250mm	0-100mm	100-200mm	200-250mm	Día 1
									Día 2
									Día 3
									Día 4
									Día 5

Tabla 1. Velocidad del movimiento y distancia recorrida por día.