

## **La respiración en diplópodos: una experiencia orientada en la construcción de conocimiento para la enseñanza de la biología**

The Millipedes Breath: A knowledge-oriented experience for biology teaching

Hernández Martínez Julián Camilo<sup>1</sup>

Martínez Morales Natalia<sup>2</sup>

Salinas Cardona Dora Liceth<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 12 de diciembre de 2021

Fecha de aprobación: 6 de abril de 2022

### **Resumen**

Este artículo de investigación nace a partir del interés de abarcar el fenómeno de la respiración basándose en el contenido del seminario de biología “*La respiración: de soplo vital a problema de conocimiento*” desarrollado por la Universidad Pedagógica Nacional en su programa de especialización y maestría en docencia de las ciencias para el nivel básico. En este sentido, investigar y estudiar los mecanismos, la estructura y los procesos por los cuales se lleva a cabo la respiración resulta ser un problema de conocimiento ya que surgen varios interrogantes alrededor de los procesos que se llevan a cabo cuando se respira. Para ello, se optó por seguir una metodología descriptiva cualitativa orientada en el estudio de caso, en la cual, las principales acciones se centran en describir de forma fiel las experiencias vividas alrededor del problema de la respiración en los diplópodos. Finalmente, los resultados concluyeron en la representación de

---

<sup>1</sup> Docente Especialista en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico de la Universidad Pedagógica Nacional: Licenciado en Física, Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: [jchernandezm@upn.edu.co](mailto:jchernandezm@upn.edu.co).

<sup>2</sup> Docente y estudiante de la Maestría en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico de la Universidad Pedagógica Nacional. Licenciada en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: [nmartinezm@upn.edu.co](mailto:nmartinezm@upn.edu.co).

<sup>3</sup> Docente Especialista en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico de la Universidad Pedagógica Nacional: Licenciada en Física, Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: [dlsalinasc@upn.edu.co](mailto:dlsalinasc@upn.edu.co).

un modelo virtual y físico sobre la estructura ventilatoria de un milpiés la cual se consideró como un instrumento base en la adquisición de conocimiento para la enseñanza de la biología.

**Palabras Clave:** Milpiés, Respiración, Ventilación, Estructura, Modelo, Entorno.

### **Abstract**

This research article is born to give birth to the interest of encompassing the phenomenon of breathing based on the content of the biology seminar "*Breathing: from vital breath to knowledge problem*" developed by the National Pedagogical University in its program of specialization and master's degree in teaching sciences for the basic level. In this sense, researching and studying the mechanisms, structure, and processes by which breathing it conducted turns out to be a problem of knowledge since some questions arise around the processes that these are conducted when breathing. To this end, we choose to follow a qualitative descriptive methodology oriented in the case study, in which the main actions focus on faithfully describing the experiences lived around the problem of breathing in diplopods. Finally, the results concluded in the representation of a virtual and physical model on the ventilatory structure of a millipedes which it considered as a base instrument in the acquisition of knowledge for the teaching of biology.

**Keywords** Millipedes, Respiration, Ventilation, Structure, Model, Environment.

### **Introducción**

Es común que en el lenguaje cotidiano en diversas situaciones las personas hagan referencia a la respiración para describir diferentes situaciones de la vida diaria, por ejemplo, en un contexto de emergencia la frase “respire hondo y permanezca tranquilo” o en un momento de ira la frase “respire 10 veces hasta que retome la calma” son ejemplos del uso cotidiano hacia lo que se normalmente se tiene una idea de la respiración. En realidad, muy pocas veces en el día somos conscientes de que respiramos, inclusive, solo lo consideramos como un acto reflejo de nuestro organismo para ciertas situaciones, es decir, solo somos conscientes de que respiramos cuando hay ciertos cambios que alteran nuestras actividades, tal como, al realizar una actividad física

percibimos que hubo un cambio de ritmo en la velocidad de nuestra respiración, puesto que, sentimos el ritmo cardiaco ir más rápido.

Particularmente, en el caso de la respiración su constitución como fenómeno de estudio de las ciencias naturales y más aún, desde el aula de clase, generalmente no se considera. Al parecer todo está dicho o no queda mucho por decir, refutar, replantear o contrastar, y a pesar de que los modelos vitalistas y teleológicos priman sobre el intercambio de gases sistémicos de combustión y oxidación en los discursos de los estudiantados, la construcción histórica del fenómeno y su incursión dentro del aula como problema de conocimiento, generalmente no ocupa el lugar que debería (Tamayo, Cardozo, & Dávila, 2014).

Por lo tanto, a continuación se abordará la experiencia y reflexión de la construcción del fenómeno de la respiración y su constitución como problema de conocimiento, desarrollado en el módulo “*La Comprensión de lo Vivo*” adscrito al seminario “*La respiración: de soplo vital a problema de conocimiento*” del componente biológico de la Maestría y la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico de la Universidad Pedagógica Nacional. Así, se hará énfasis en el fenómeno de la respiración de un organismo particular como problemática a abordar y cómo dicho proceso puede ser la base de la ampliación de experiencias para la construcción de conocimiento en el aula de ciencias naturales.

### **La metodología**

La biología es una ciencia experimental que incluye la ciencia que hacen los científicos y la ciencia que se produce en la escuela. Hay que recalcar que estas dos perspectivas poseen caminos diferentes en cuanto al conocimiento se refiere, esto porque, los problemas, las preguntas y las cuestiones que surgieron e interesaron a los científicos en una época determinada no son las mismas que se desarrollan en el ámbito escolar cuyo objetivo está orientado en construir conocimiento para el establecimiento de una cultura científica escolar.

En este sentido, construir conocimiento conlleva a plantear un proceso que permita determinar los problemas y las respuestas que conciernen al quehacer científico. Según Krause (1995), desarrollar una metodología es enfocar y establecer las variaciones y relaciones que ponen en juego la

experiencia, ya sean en orden de pertenencia, semejanzas o de causa efecto, dado que, se refiere a las cualidades de lo estudiado. Es decir, consiste en identificar las formas cualitativamente diferentes, en las que las personas experimentan, conceptualizan, perciben, comprenden y organizan diversos fenómenos orientados en la descripción de las características, de relaciones entre características o del desarrollo de características del objeto de estudio (Sandín, 2003).

Así, es importante la construcción de conocimiento sobre la base de los conceptos y la experiencia, siendo esto, un enfoque complejo que permite el establecimiento de relaciones entre los procesos desarrollados y el trabajo científico (Krause, 1995). Por ende, una metodología orientada en el estudio de caso es una forma de abordar un hecho, fenómeno, acontecimiento o situación particular de manera profunda y en su contexto, lo que permite una mayor comprensión de su complejidad y, por lo tanto, el mayor aprendizaje del caso en estudio (Duran, 2012).

Por lo anterior, este trabajo surge a partir de la observación del entorno natural y su ecosistema, de la comprensión y las nociones que como docentes tenemos sobre lo vivo, de las formas sobre las cuales se iban a orientar las descripciones alrededor de la respiración y de la organización de la información y de las formas en las cuales se iba construyendo un discurso con nuevas palabras, nuevos modelos físicos y virtuales, que permitieran dar cuenta de todas aquellas complejidades que se derivan de la respiración de un organismo cuyas estructuras difieren a las que frecuentemente se está acostumbrado a estudiar en los contextos escolares en la educación media, enfocadas principalmente en la respiración humana.

De aquí que, el primer acercamiento a la construcción del fenómeno de la respiración nació con la visita a la laguna del Tabacal, ubicada en el departamento de Cundinamarca, municipio de La Vega en Colombia. Teniendo en cuenta que este ambiente era un tanto desconocido para el equipo de estudio, se determinó que esta laguna posee una gran biodiversidad de flora y fauna, siendo un lugar propicio para el acercamiento con la naturaleza. Así, el recorrido allí inició a lo largo del bosque andino que se encuentra alrededor de la laguna y durante éste se observaron los diferentes organismos que se encontraban en el camino. El objetivo de este recorrido consistió en seleccionar una zona de estudio, y en ella, un organismo de interés que permitiera generar preguntas sobre la

respiración de éste, y así, contribuir un marco de estudio en la construcción del fenómeno de la respiración.

Desde un primer momento el equipo expresó su interés por aquellos seres que se encontraran “escondidos”. El interés por conocer las características y los hábitos de organismos que no son evidentes a simple vista, por la diversidad de los mismos que pueden encontrarse en este tipo de ambientes, por las estrategias respiratorias de los Artrópodos y por las relaciones que pueden darse entre el medio, sus componentes y los organismos que se encuentran en él, hacen parte de los elementos previos que enriquecen la experiencia y que no sólo la determina, sino que aportan al proceso de formulación y solución de preguntas, a los obstáculos que se encuentren en los mismos, así como a las estrategias y modelos que surgen de dichos obstáculos, y por último, al fenómeno construido.

Volviendo a la experiencia, después de observar y analizar diferentes espacios, se seleccionó una zona de hojarasca frente a un tronco caído en descomposición, para trazar una transecta e iniciar la búsqueda del organismo que sería objeto de estudio (ver imagen 1).



**Imagen 1.** Zona de muestreo. Laguna el Tabacal. Fuente propia.

Inicialmente fueron encontrados, algunos Artrópodos asociados a la vegetación edáfica de esta parte de la laguna, tales como tijeretas, hormigas y larvas de insectos, así mismos crustáceos como las cochinillas de la humedad que se encontraron distribuidos en la laguna. Sin duda, estas formas de vida, al estar en un hábitat de subsuelo, al ser tan pequeñas y tener características morfológicas





tan particulares, generan un sinnúmero de cuestionamientos, de tal forma que después de una exhaustiva observación (y reflexión sobre las posibilidades de construcción del fenómeno) se seleccionó como objeto de estudio un milpiés (Diplópodo) de tres encontrados.

A la par de la selección del organismo, se realizó una descripción detallada de la vegetación de la transecta y la toma de algunos datos del entorno, como las condiciones de la hojarasca y la temperatura ambiente. Esta información, toma una importancia fundamental dentro del proceso de estructuración del fenómeno, no sólo por las preocupaciones e intereses con los que se aborda la experiencia, sino por la manera en que se estructura el problema de investigación. Asociar la experiencia a la constitución del objeto de estudio, en términos de los supuestos con los que se determina la misma experiencia y las necesidades explicativas que determinan el problema de investigación, permite proponer un trabajo de aula que posibilita la construcción de explicaciones desde el interés del estudiante.

Finalmente, mediante una investigación rigurosa en la literatura especializada sobre el tema de la respiración en los artrópodos, se planteó la construcción de un modelo físico y virtual que permitiera organizar de forma concreta la información adquirida durante este proceso investigativo. Estos modelos, fueron considerados como fuentes de construcción de conocimiento ya que posibilitaron la ampliación del lenguaje a la hora de realizar las explicaciones sobre la respiración del organismo, sirvieron como apoyo visual al momento de mostrar el comportamiento del aire dentro de las estructuras que componen al mismo y fueron modelos que representaron la comprensión que cómo docentes construimos del ser vivo estudiado.

Como breve conclusión, se establece que la descripción orientada a partir de una metodología de estudio de caso evoca la participación de varias situaciones que se entrelazan entre sí para dar resultados concretos que convergen en la construcción de conocimiento científico basados en la experiencia sensible, las fuentes de información y las descripciones y modelos creados a partir de la interacción con el objeto de estudio.

## El organismo y su entorno

Los Diplópodos, se desarrollan en hábitats edáficos de latitudes tropicales y templadas y se encuentran en las capas más superficiales del suelo, alternando la vida epigea y endógena (Hickman, 2009). Generalmente se encuentran en sitios de hojarasca, en donde se hallan formas diferentes de vegetación seca que caen de los árboles y cubren el suelo, constituyendo la base para el desarrollo de una abundante y diversa comunidad de organismo entre los que se encuentran los Milpiés (ver imagen 2) (Lozano, 2005).

A su vez, respecto a las condiciones del entorno del organismo, los gases son básicamente los mismos que los de la atmósfera aérea pero varían en proporción, ya que la vida del suelo consume bastante oxígeno. Así, en la atmósfera aérea hay 21% de oxígeno y 0,03% de CO<sub>2</sub> y en la atmósfera edáfica hay 10-20% de oxígeno y 0,2-3% de CO<sub>2</sub>. En ese sentido, los Diplópodos deben poseer un sistema de respiración diferente que les permita vivir bajo estas condiciones atmosféricas (Rocha & Ramírez, 2009).



**Imagen 2.** Milpiés encontrado en la Transecta. Fuente propia

La importancia de los Diplópodos en la edafofauna radica en su influencia física y química, puesto que al perforar el suelo (ya que son excavadores) rompen los niveles superiores, y por lo tanto, alteran la naturaleza física del mismo, incrementando la porosidad del suelo y la capacidad de retener agua (Varela, Cortes, & Cotes, 2007). Al ser organismos que consumen materia vegetal en descomposición, modifican los componentes del suelo con sus heces liberando componentes

nitrogenados y estimulando la acción de diversas bacterias responsables del trabajo químico durante los procesos de descomposición de la vegetación (Rocha & Ramírez, 2009).

### **La pregunta de investigación**

Teniendo en cuenta los anteriores elementos, se configuró como problema de investigación la siguiente pregunta: *¿Qué y cuáles son las estructuras que favorecen la respiración del milpiés y cómo se relacionan con las condiciones del entorno en que se desarrolla en relación con la hojarasca?*<sup>4</sup> A continuación, se presentan las aproximaciones iniciales a los elementos considerados en la pregunta: las estrategias morfológicas del Milpiés y las condiciones del entorno en el que fue encontrado el organismo de estudio.

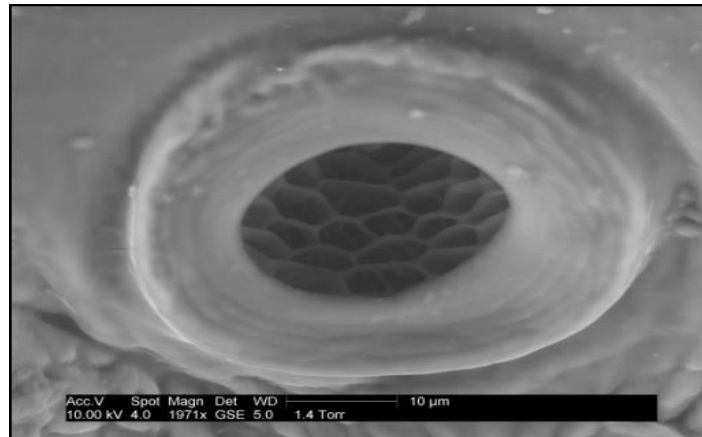
### **Las estrategias de respiración de los milpiés**

Para responder esta pregunta, el proceso de respiración de los Diplópodos se da por medio de espiráculos o estigmas y por un sistema traqueal que es muy común en los insectos (ver imagen 3). Estos espiráculos son sistemas complejos que no se pueden reducir a decir que son un simple hueco o abertura, ya que su función resulta fundamental para la regulación de la entrada y salida de aire al organismo (Hickman, 2009).

---

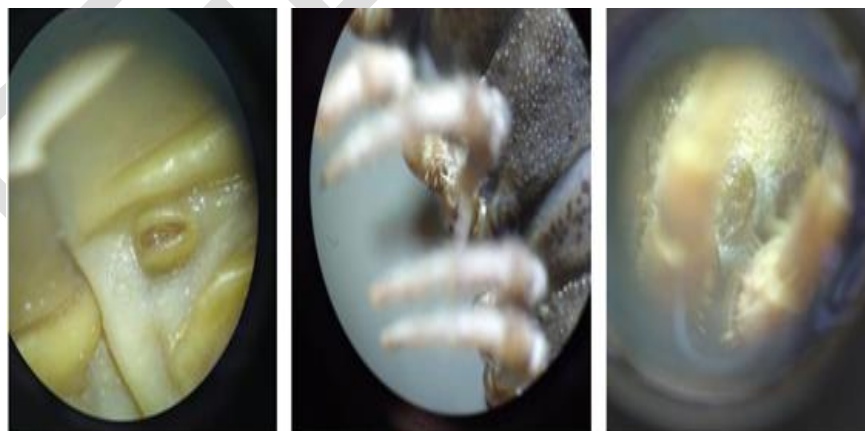
<sup>4</sup> Aunque bien la pregunta de investigación inicialmente se centró en el ¿Qué? Posteriormente se delimitaron otras preguntas de investigación relacionadas al ¿Cómo los Diplópodo respiran, sí sus espiráculos son carentes de válvulas? ¿Cómo se da el proceso de respiración en un organismo con los hábitos “rastreros” como el milpiés? O ¿Qué elementos se deben considerar en términos anatómicos y funcionales en el proceso de respiración de un milpiés?





**Imagen 3.** Micrografía de un espiráculo de miriápodo con Microscopio electrónico. (Tomado de: <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2210-9-3/figures/3>)

Algunos espiráculos de insectos cuentan con un sistema valvular que cumple dicha función, pero los Diplópodos no. Ellos cuentan con dos espiráculos en cada anillo que se encuentran en la parte ventral y regula los procesos entrada y salida de aire debido a la contracción del vaso dorsal digestivo durante su locomoción, produciendo cambios de volumen en la cavidad del cuerpo y así también reduciendo la pérdida de agua para evitar la deshidratación del organismo (ver imagen 4). Estos espiráculos están rodeados por pelos o sedas llamados para evitar la entrada de polvo o de microorganismos en el sistema traqueal y obstruya la respiración del Diplópodo (Lozano, 2005).



**Imagen 4.** Fotografías de Estereoscopio de espiráculos de Diplópodos. Fuente propia

Una vez el aire ingresa por el espiráculo, este entra en forma de torbellino debido a la forma de espiral de esa estructura que aumenta la velocidad del aire para que sea conducido a través de las

tráqueas, que a primera vista se pueden definir ciertos tubos que constituyen el sistema por el cual viaja el aire (Harrison, Woods, & Roberts, 2012). Pero, ese sistema traqueal es mucho más que un tubo puesto que las constituye una estructura muy interesante. Estas tráqueas están compuestas por una capa de células epiteliales revestidas por cutícula, que es la continuación de la que constituye el exoesqueleto del Diplópodo (Klowden, 2013).

Además, están formadas por una Endo cutícula, que representa la parte más interna de la tráquea con alta quitina, que le aporta rigidez y por una Epi cutícula que representa más o menos el 5% de la cutícula que carece de quitina y le aporta flexibilidad. En ese sentido, estas tráqueas son elásticas y se pueden extender o comprimir un 20-30% de su longitud, lo que explica que el organismo se mueva de una manera particular en su locomoción (Burgess, 2009).

Ahora bien, los cambios de presión que se presentan dentro del organismo por los flujos de aire harían que esas tráqueas estallen. Para que esto no suceda, las tráqueas también están recubiertas internamente por una capa conocida como “Intina” que forma los Tenidios (Chapman, 1998). Estos Tenidios son estructuras constituidas en forma de espiral que le dan estabilidad a la tráquea y que disminuyen de tamaño conforme lo hace el diámetro de las tráqueas manteniendo su grosor (Marcos, Gefaell, & Rouco, 2016).

Tratar de explicar más a fondo el comportamiento del aire dentro de las tráqueas del Diplópodo es complejo debido a la estructura de estas. En esta instancia se trató de dar explicación recurriendo a la velocidad de un fluido mediante el principio de Bernoulli, pero por las disposiciones de las tráqueas el fluido no tiene un movimiento lineal, sino que, se presentan más bien movimientos precipitados o turbulentos dentro de estas. A su vez, otra aproximación fue intentar explicar el comportamiento del fluido a partir de los caudales que determina la cantidad de fluido que circula a través de una canal, pero sería necesario determinar cómo cambia el área de las tráqueas y traqueolas en el organismo, lo cual sería complejo determinar con exactitud su área.

El último apartado a considerar para entender los mecanismos por los cuales se da la respiración en los milpiés parte de los planteamientos de Giordan, Raichvarg, Drouin, Gagliardi y Canay (1988), a propósito de las cuestiones para aproximarse a la estructuración de la respiración como

fenómeno: la cuestión de la ventilación, la cuestión de la relación con el sistema respiratorio, la cuestión de la difusión, del transporte o la transformación de los gases, la cuestión energética, la cuestión de la vida tisular y celular y la cuestión de la oxido-reducción o del transporte de electrones; el equipo de trabajo se ubicó en las cuestiones de ventilación (Jurenka, 2008).

### **Encontrando límites y planteando los focos de un modelo**

Entender la respiración en los Diplópodos se volvió algo complejo, la manera en la cual se configuró la estructura interna de estos artrópodos denota una configuración de las tráqueas y traqueolas dentro del animal sin un ordenamiento establecido, o se percibe de esa manera, por tanto, la respiración (en un marco hipotético) también se puede establecer bajo una relación con la locomoción de mismo, esto complicó el diseño de la representación virtual. Sin embargo, toda esta complejidad estructural del insecto abrió campo a responder la pregunta planteada.

### **Resultados y discusión**

Uno de los principales retos en la enseñanza de las ciencias es poder transformar las miradas que respecto a la naturaleza y a lo vivo se han venido consolidando y reforzando a través de diferentes fuentes de información. No obstante, se han venido formando como lo plantean Pérez, y otros (2005), una visión de ciencia deformada, en donde se privilegia la información sobre la comprensión y donde por lo general no se propician espacios para la indagación y para la construcción, desvirtuando las capacidades del estudiante, pues es mediante la experiencia que el sujeto apropia los conocimientos construidos

Así, al acercarse a la construcción del fenómeno de la respiración desde el análisis del espiráculo del Milpiés, e intentar organizarlo a partir no sólo de lo que la literatura pueda brindar, sino enriqueciéndolo con la experiencia, se orienta el trabajo de investigación hacia el diseño y construcción de un modelo que permita ampliar la experiencia (Rouse & Morris, 1989). Esta ampliación se realiza en términos no sólo de los procesos que se puedan dar a nivel microscópico, sino de los elementos que puedan a la vez contribuir a la construcción de fenómenos desde una mirada sistémica, en donde se relacionan las estructuras y los procesos a nivel celular y orgánico, vislumbrando las relaciones con el entorno y con otros seres vivos. Además, se

posibilita la construcción de explicaciones, que no están sesgadas ni direccionadas en un solo camino.

En este sentido, se busca construir el fenómeno de la respiración, desde sus aspectos más elementales, estudiando para ello diferentes tipos de organismos. Estos organismos, aun cuando puedan pasar desapercibidos para muchos por su tamaño o hábitats inéditos, resultan hacer parte de una compleja red de relaciones, que se enmarcan en complejos procesos, que para el caso de la respiración, van más allá de la “simple” entrada de oxígeno y salida de dióxido de carbono. Sin embargo, es solo en el momento en el que se trasciende el concepto y se da paso a enfrentarse directamente con la construcción del fenómeno que estas imágenes son superadas.

Los referentes teóricos respecto al fenómeno de la respiración entorno al espiráculo en Diplópodos son escasos. Por lo tanto, el grupo de trabajo ha tenido que estudiar los aportes, que con respecto a las estrategias de otros organismos similares (Miriápodos e Insectos), pueden brindar la literatura, para tratar de asociarlos con los del Milpiés. Adicionalmente, se recurrió a la observación directa y ampliada a través del estereoscopio para intentar comprender el funcionamiento del espiráculo, estrategia que permitió, construir un modelo y fenómeno coherente. En consecuencia, se propuso un modelo con un espiráculo.

### **La construcción de un modelo**

En la construcción del conocimiento científico, los modelos científicos son representaciones mentales o físicas mediante los cuales los científicos razonan (Justi, 2006), es decir, se reconocen como la capacidad mental que tienen los humanos de representar el mundo a partir del pensamiento. Asimismo, los modelos se pueden utilizar para: simplificar fenómenos complejos, servir de apoyo en la interpretación de resultados experimentales, como también, de ayuda en la elaboración de explicaciones (Justi, 2006).

Por lo anterior, los modelos científicos pueden utilizarse en la enseñanza de las ciencias (Koponen & Mäntylä, 2011), ya que hacen énfasis en los aspectos de orden mentales y procedimentales que posibilitan la construcción de conocimiento, que con frecuencia se construye en la naturaleza de las observaciones y descripciones como fuente de conocimiento humano. Por ende, y con el fin de

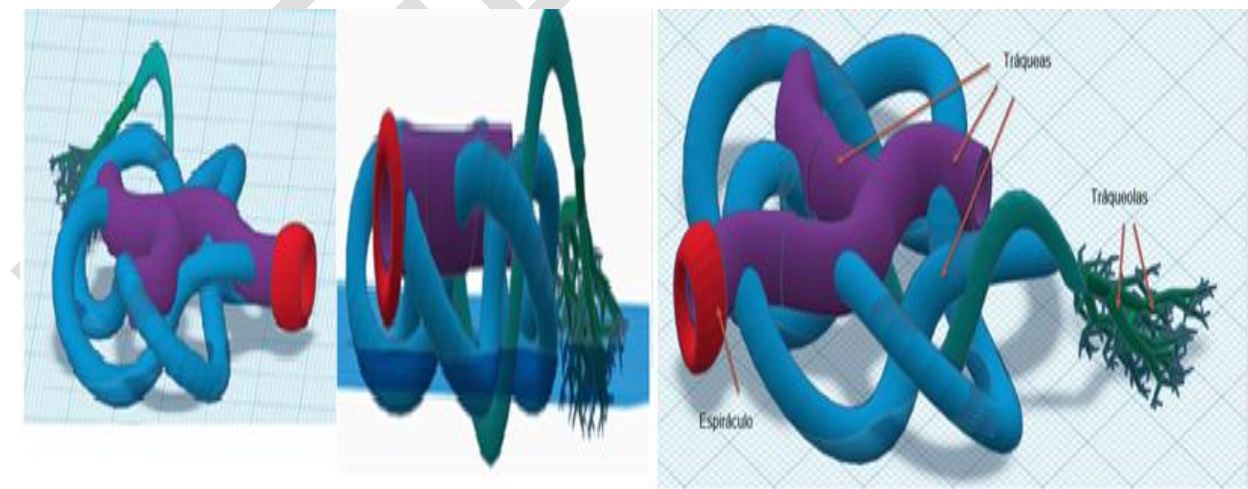


ampliar las descripciones sobre la respiración en los diplópodos a continuación se pone en contexto la descripción de un modelo virtual y físico realizado para la presente investigación.

### **El modelo Virtual:**

La modelización de la estructura considerada esencial para el proceso de respiración en el milpiés, el espiráculo, contemplo 2 sesiones de duro trabajo tanto material como conceptual con el fin de aproximar de la mejor manera el modelo a la realidad. Inicialmente se plantearon modelos 3D con ayuda del programa *Tinkercad*, en donde se modeló el espiráculo, la tráquea y traqueolas en sintonía con las ilustraciones rastreadas con la bibliografía (ver imágenes 5). En este sentido, la construcción del fenómeno de la respiración realizada refleja la complejidad y amplitud de este.

La preocupación por la estructura y su funcionalidad se amplifican directamente en términos de qué se puede observar de ella. Así una observación microscópica revela detalles que obligan a cambiar o ampliar un modelo explicativo. Igualmente, la necesidad de relacionar la estructura con el entorno y sus condiciones determina los elementos que dentro de la explicación se ponen en juego. Por lo anterior, el modelo virtual se desarrolló siguiendo una imagen basada en la conceptualización realizada por el grupo sobre cómo se había entendido la organización de estas estructuras dentro del milpiés.



*Imagen 5. Modelo virtual del Espiráculo. Fuente propia*



Aunque el modelo virtual propone visibilizar la imagen que se tiene sobre el espiráculo desde una perspectiva en 3D, el modelo como tal presenta limitantes en tanto es una aproximación hipotética construida a partir de observaciones que se realizaron y su similitud a lo real queda en interrogante. Se planteó entonces un trabajo manual que permitiera desde otra perspectiva considerar el espiráculo desde su funcionalidad, más que de su estructura.

### **El modelo físico**

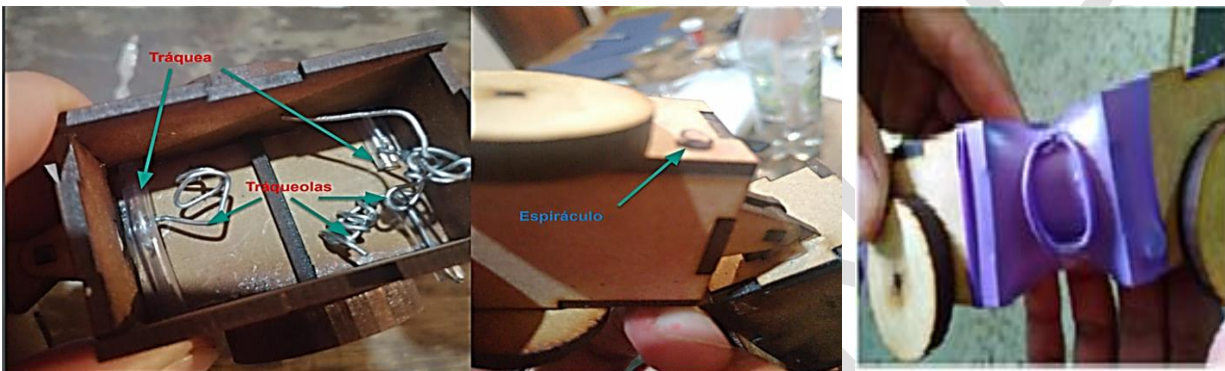
Para dar sentido al proceso de apertura y cierre del espiráculo se realizaron varios modelos en maqueta que trataron de asemejar el movimiento del organismo el cual tuvo “altos y bajos” en cuanto al material, similitud y funcionalidad. Inicialmente, se trabajó sobre una base de aglomerado de madera con el fin de recrear la cutícula rígida del organismo. Esta base, tiene la característica de ser flexible y enrollable, por lo que, se asimiló de forma similar al movimiento que presentan los milpiés.



**Imagen 6.** Estructura utilizada para simular el cuerpo del milpiés. Fuente propia

Teniendo la estructura física, se procedió a determinar la ubicación de los espiráculos para ello se tuvo en cuenta los referentes de la experiencia de estereoscopio (ver imagen 4) que permitió relacionar el movimiento (locomoción) del organismo con la apertura y cierre del espiráculo. Así, el movimiento del modelo físico debía permitir observar que los espiráculos se abrieran y se cerraran cuando el conglomerado de madera se pusiera en marcha.

Finalmente, quedaba el reto de simular las tráqueas y las traqueolas del milpiés. Para ello, se utilizó alambre dulce el cual se enrolló sin seguir una secuencia determinada y se conectó al espiráculo más cercano representando la tráquea. Para los traqueolas, se utilizó un material más delgado y flexible de color verde el cual se conectó a la tráquea y desembocaba en el en el centro del aglomerado de madera. El resultado final se logra apreciar en la imagen 7.



*Imagen 7. Fotografías del modelo físico. Fuente propia*

### **Explicaciones construidas a propósito de la respiración.**

Si pensamos en las estructuras, estas por sí solas tiene una complejidad asombrosa, pero los modelos de estructuras fuera de un contexto donde tiene funcionalidad resultan estériles y limitantes en la comprensión de los sistemas, pues estas no se constituyen tampoco ajenas a un entorno o a unas condiciones, ya que son producto recíproco de una interacción mediada por la adaptación.

Desde esta perspectiva, el proponer la respiración como un problema de conocimiento, implica que no solamente se dé una mirada a la estructura, pues también se debe hacer una consideración a las condiciones y más aún a la relación entre estructuras-condiciones (entorno), ya que en estas se puede vislumbrar de forma más clara la posibilidad de respirar y la diversidad de estrategias presentes en la naturaleza que permite respirar.

Tras el proceso desarrollado, el equipo de trabajo plantea que el espiráculo y la tráquea, como estrategia de respiración abordada, configurada como se mencionó en la descripción de los

modelos, el proceso mediante el cual la estructura da paso al aire al interior del organismo. Las diferencias de presiones generadas por los movimientos del milpiés permiten que el oxígeno (como fluido gaseoso) ingrese a los filamentos traqueales. Es necesario aclarar en este punto, que el modelo construido no contempló el fenómeno de la respiración en su completitud, pero si la estructura por la que el equipo de trabajo se preocupa y la relación de esta estrategia con el entorno, en términos de las condiciones que este pone a la estructura misma.

A lo largo de la construcción e implementación de la experiencia alrededor del fenómeno de la respiración se entendió que el lenguaje es parte fundamental en la construcción de conocimiento, puesto que, es a partir de la comunicación que surgen diferentes formas en las cuales se lleva a cabo el proceso de aprendizaje. Así, a lo largo de la investigación las discusiones alrededor de los diplópodos tomaron gran importancia en los momentos de descripción de sus estructuras respiratorias, porque en estos espacios empezaron a surgir nuevos significados que no hacen parte de un lenguaje común. Así, los términos espiráculos, tráqueas, traqueolas, Tenidos, entre otros, enriquecieron y ampliaron el lenguaje para la descripción y solución de la pregunta de investigación propuesta en la presente investigación.

### **A modo de conclusión**

Se comprendió que los milpiés poseen su propio sistema de respiración que está ligado a una pequeña pero funcional estructura llamada espiráculo, la cual es la encargada de la entrada y salida de aire. El espiráculo, no posee una válvula que regula la entrada o salida de aire sino que esto se produce a través de una serie de contracciones y expansiones dadas a partir de la locomoción del animal, es decir, cuando el insecto se mueve abre y cierra sus espiráculos permitiendo el flujo de aire del exterior al interior y viceversa.

Ahora bien, la forma y las componentes del espiráculo también tienen un rol muy importante en la respiración del milpiés, puesto que, determinan la entrada y salida del aire y a su vez contribuyen en el filtro de sustancias como polvo o microorganismos presentes en el entorno que pueden entrar al insecto. A su vez, la forma de espiral regula la velocidad del aire tanto en la inspiración como

en la exhalación, siendo esta velocidad afectada por una aceleración centrípeta debido a la forma ovalada del espiráculo.

Por su parte las tráqueas, son estructuras tubulares que conducen el aire que entra al insecto las cuales conectan con un sistema de tubos más pequeños llamados traqueolas, estas últimas son las encargadas de llevar el aire hasta cada una de las células que componen el organismo. Justo en ese momento mediante un proceso de difusión el aire entra a la célula y se produce el proceso de respiración.

Por lo anterior, la experiencia invita a los docentes de ciencias a configurar sus espacios dentro del aula, considerando estrategias como los problemas de conocimiento. Estas estrategias, resignificar elementos como la experiencia, la naturaleza construida y contextual del conocimiento, el papel del estudiante y del maestro dentro del aula, etc., permitiendo superar las dificultades asociadas a los procesos de enseñanza y aprendizaje tradicional de las ciencias.

Por consecuencia, se plantea la idea de diseñar propuestas de enseñanza que den valor a la organización de la experiencia, puesto que, permite la ampliación de situaciones prácticas que aporta en la construcción conocimiento. Por consiguiente, concebir una puesta en marcha que en el marco de la enseñanza de la biología plantee el objetivo de contribuir al aprendizaje de esta ciencia como aquella que se sustenta en un nivel experimental para la construcción de conocimiento científico.

Finalmente, detrás de todo el proceso de construcción de conocimiento se considera la relación lenguaje, experiencia y experimento donde estos tres elementos componen un proceso esencial en la construcción de saberes. Así, la riqueza que hay detrás de lo que percibimos y lo que conceptualizamos a través del experimento son elementos fundamentales que fortalecen, estructuran y resignifican el lenguaje a la hora de establecer descripciones sobre el fenómeno de la respiración.

## Referencias

Alvares, J. L. (2003). Cómo hacer investigación cualitativa. *Fundamentos y Metodología* .



- Bousquets, J. L., Aldrete, A. G., & Soriano, E. (1996). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de los artrópodos de México; hacia una síntesis de su conocimiento*. México : Universidad Nacional Autónoma de México.
- Burgess, I. (2009). The mode of action of dimeticone 4% lotion against head lice, *Pediculus capitis*. *Springer Link*.
- Butticaz, J. (1996). *Ecología y aspectos funcionales de la biodiversidad en el suelo*. Pamplona - Iruña: Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica.
- Chapman, R. F. (1998). *The Insects: Structure and function* (IV ed.). United States: Oxford University.
- Chown, S., & Nicolson, S. (2004). *Insect Physiological Ecology: Mechanisms and patterns*. United States: Oxford University .
- Duran, M. M. (2012). El estudio de caso en la investigación cualitativa. *Revista Nacional de Administración, III*, 121-134.
- Giordan, A. (1988). *Conceptos de Biología*. Madrid: Labor S.A.
- Harrison, J., Woods, A., & Roberts, S. (2012). *Ecological and Environmental Physiology of Insects*. United States: Oxford University .
- Hetz, S., & Bradley, T. J. (2005). Insects breathe discontinuously to avoid oxygen toxicity. *Nature*, 516-519.
- Hickman, C. (2009). *Principios integrales de zoología*. Madrid: McGraw-Hill.
- Jurenka, R. (2008). *INSECT PHYSIOLOGY*. Iowa: Iowa State University.
- Justi, R. (2006). *LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS BASADA EN LA ELABORACIÓN DE MODELOS*. Bello Horizonte: INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.
- Klowden, M. (2013). *Physiological Systems in Insects* (III ed.). Londres: Elsevier.
- Koponen, I., & Mäntylä, T. (2011). *Didactical reconstructions for organizing knowledge in physics teacher education*. Finlandia: UNIVERSITY OF HELSINKI.
- Krause, M. (1995). LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA: UN CAMPO DE POSIBILIDADES Y DESAFÍOS. *Temas de Educación, VII*, 19-39.
- Lighton, J. (1996). Discontinuous gas exchange in insects. *Annual Review of Entomology, 41*, 309-324.
- Lozano, J. D. (2005). *ENTOMOLOGÍA MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE LOS INSECTOS*. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Marcos, L. R., Gefaell, J., & Rouco, N. V. (2016). *Respiración en insectos*. Vigo: Universidad de Vigo.
- Pérez, D. G., Macedo, B., Torregrosa, J. M., Sifredo, C., Valdés, P., & Vilches, A. (2005). *¿CÓMO PROMOVER EL INTERÉS POR LA CULTURA CIENTÍFICA?: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA FUNDAMENTADA PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA*



*DE JÓVENES DE 15 A 18 AÑOS*. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación de la UNESCO.

- Rocha, A. G., & Ramírez, N. (2009). Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Scielo*, 1-12.
- Rouse, W. B., & Morris, N. M. (1989). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological Bulletin*, 349-363.
- Sandin, M. P. (2003). *TRADICIONES EN LA INVESTIGACIÓN - CUALITATIVA*. Dirección de Investigaciones y Postgrado. Caracas: Universidad Nacional Abierta.
- Schilman, P. (2007). La respiración de los artrópodos con tráqueas. *Universidad de California en San Diego, XXVII*, 40-45.
- Seastedt, T. (1984). The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, 29, 25-43.
- Tamayo, O. E., Cardozo, M. O., & Dávila, A. R. (2014). Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración. *Bio-grafía*, 129-145.
- Thompson, C. (1975). Adaptations of Arthropoda to Arid Environments. *Annual Review of Entomology*, 261-283.
- Valencia, S., Méndez, O., & Jimenez, G. (2014). *LA RESPIRACIÓN: Del soplo vital al problema del conocimiento*. Bogotá D.C: Universidad Pedagógica Nacional.
- Varela, A., Cortes, C., & Cotes, C. (2007). Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. *Revista Colombiana De Entomología*, 45-53.
- VARGAS, J. P., RECAMIER, B. M., & OYARZABAL, A. D. (2014). *GUÍA ILUSTRADA PARA LOS ARTRÓPODOS EDÁFICOS*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.