



Fotografía

# LA RESPIRACIÓN EN DIPLÓPODOS: EXPERIENCIAS PEDAGÓGICAS ORIENTADAS HACIA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA

## Millipedes Respiration: Pedagogical Experiences Oriented Towards the Teaching of Biology

## Respiração em diplópodes: experiências pedagógicas voltadas para o ensino de biologia

Julián Camilo Hernández-Martínez\*  
Natalia Martínez-Morales\*\*  
Dora Liceth Salinas-Cardona\*\*\*

Fecha de recepción: 12 de diciembre de 2021  
Fecha de aprobación: 6 de abril de 2022

### Cómo citar:

Hernández, J., Martínez, N. y Salinas, D. (2022). La respiración en diplópodos: experiencias pedagógicas orientadas hacia la enseñanza de la biología. *Bio-grafía*, 15(29), 94-104. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.15.num29-17384>

### Resumen

Este artículo de investigación nace a partir del interés de abarcar el fenómeno de la respiración con base 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 hacia 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 un modelo virtual y físico de 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

\* Docente. Especialista en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico, Universidad Pedagógica Nacional. Licenciado en Física, Universidad Pedagógica Nacional. [julianhernandezm@upn.edu.co](mailto:julianhernandezm@upn.edu.co)

\*\* Docente y estudiante de la Maestría en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico, Universidad Pedagógica Nacional. Licenciada en Biología, Universidad Pedagógica Nacional. [nmartinezm@upn.edu.co](mailto:nmartinezm@upn.edu.co)

\*\*\* Docente. Especialista en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico, Universidad Pedagógica Nacional. Licenciada en Física, Universidad Pedagógica Nacional. [dlsalinasc@upn.edu.co](mailto:dlsalinasc@upn.edu.co)

## 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; environnement

## Resumo

Este artigo de pesquisa nasce do interesse em abordar o fenômeno da respiração, com base no conteúdo do seminário de biologia “A respiração: da respiração vital ao problema do conhecimento” desenvolvido pela Universidade Pedagógica Nacional, em seu programa de Especialização e Mestrado em Docência das Ciências para o nível básico. Nesse sentido, investigar e estudar os mecanismos, a estrutura e os processos pelos quais se realiza a respiração torna-se um problema de conhecimento, pois várias questões surgem em torno dos processos que se realizam na respiração. Para isso, optou-se por seguir uma metodologia descritiva qualitativa orientada no estudo de caso, em que as principais ações se concentram em descrever fielmente as experiências vividas ao redor do problema da respiração em diplópodes. Por fim, os resultados concluíram na representação de um modelo virtual e físico sobre a estrutura ventilatória de uma centopeia, que foi considerado como instrumento básico na aquisição de conhecimentos para o ensino de biologia.

**Palavras-chave:** centopeia; respiração; ventilação; estrutura; modelo; ambiente



## 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. En un contexto de emergencia, la frase “Respire hondo y permanezca tranquilo”, o, en un momento de ira, la frase “Respire diez veces hasta que retome la calma” son ejemplos del uso habitual que remiten a la idea que normalmente se tiene de la respiración. En realidad, muy pocas veces en el día somos conscientes de que respiramos. Inclusive, solo consideramos este proceso como un acto reflejo de nuestro organismo para ciertas situaciones. En otras palabras, solo somos conscientes de que respiramos cuando hay ciertos cambios que alteran nuestras actividades; por ejemplo, al realizar una actividad física, percibimos que hubo un cambio de ritmo en la velocidad de nuestra respiración, puesto que sentimos el ritmo cardíaco ir más rápido.

Particularmente, el caso de la respiración y 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. 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 rara vez ocupa el lugar que debería (Tamayo *et al.*, 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, actividades desarrolladas 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 en 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 los mismos que se desarrollan en el ámbito escolar, cuyo objetivo está orientado hacia la construcción de conocimiento para el establecimiento de una cultura científica escolar.

En este sentido, construir conocimiento conlleva 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 pone en juego la experiencia, ya sea 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 hacia la descripción de las características, de las relaciones entre características o del desarrollo de características del objeto de estudio (Sandin, 2003).

Así, es importante la construcción de conocimiento sobre la base de los conceptos y la experiencia. Este es un enfoque complejo que permite el establecimiento de relaciones entre los procesos desarrollados y el trabajo científico (Krause, 1995). Por ende, una metodología orientada hacia 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, un 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 y 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 de las que frecuentemente se estudian en los contextos escolares en la educación media, enfocados principalmente en la respiración humana.

De aquí que el primer acercamiento a la construcción del fenómeno de la respiración haya nacido con la visita a la laguna del Tabacal, ubicada en el departamento de Cundinamarca, municipio de La Vega, en Colombia. Tras considerar 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, y que es un lugar propicio para el acercamiento con la naturaleza. El recorrido inició a lo largo del bosque andino que se encuentra alrededor de la laguna, en cuyo seno 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 plantear preguntas sobre su respiración, para contribuir a 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 encontraban *escondidos*. El interés por conocer las características y los hábitos de organismos que no son evidentes a simple vista radica en su notable diversidad en este tipo de ambientes; en las estrategias respiratorias de los artrópodos, y en las relaciones que pueden darse entre el medio, sus componentes y los organismos que se encuentran en él. Los anteriores son parte de los elementos previos que enriquecieron la experiencia y que no solo la determinaron, sino que aportaron al proceso de formulación y solución de preguntas, a los obstáculos que se encontraron en él, a las estrategias y modelos que surgen de dichos obstáculos, y, por último, al fenómeno construido.

Volvamos 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 (figura 1).

**Figura 1.** Zona de muestreo. Laguna el Tabacal



**Fuente:** elaboración 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 mismo, 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, ser tan pequeñas y tener características mor-

fológicas tan particulares, suscitan un sinnúmero de cuestionamientos. 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 cobra una importancia fundamental dentro del proceso de estructuración del fenómeno no solo 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 determinan la misma experiencia y las necesidades explicativas que constituyen 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 lo componen y fueron modelos que representaron la comprensión que como 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 basado 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 cae de los

árboles y cubre el suelo, hecho que constituye la base para el desarrollo de una abundante y diversa comunidad de organismos entre los que se encuentran los milpiés (figura 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, mientras que en la atmósfera aérea hay 21 % de oxígeno y 0,03 % de CO<sub>2</sub>, en la atmósfera edáfica hay de 10 a 20 % de oxígeno y de 0,2 a 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 y Ramírez, 2009).

**Figura 2.** Milpiés encontrado en la transecta



**Fuente:** elaboración 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 su naturaleza física e incrementan la porosidad del suelo y su capacidad de retener agua (Varela *et al.*, 2007). Al ser organismos que consumen materia vegetal en descomposición, modifican los componentes del suelo con sus heces al liberar componentes nitrogenados y estimulan la acción de diversas bacterias responsables del trabajo químico durante los procesos de descomposición de la vegetación (Rocha y Ramírez, 2009).

## La pregunta de investigación

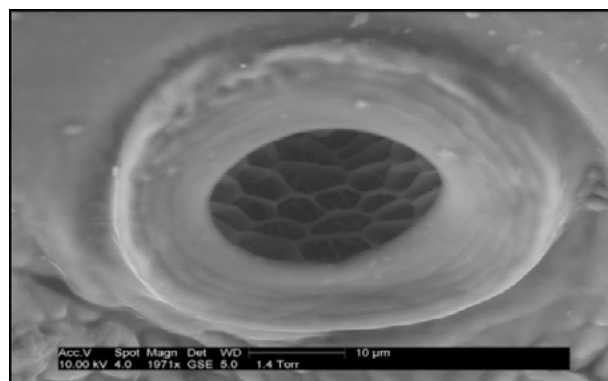
Teniendo en cuenta los anteriores elementos, se configuró como problema de investigación la siguiente pregunta: ¿qué y cuáles son las estructuras que favorecen la respiración del milpiés y cómo se relacionan con las condiciones del entorno en que se desarrolla en rela-

ción 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

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 (figura 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 del aire al organismo (Hickman, 2009).

**Figura 3.** Micrografía de un espiráculo de miriápodo con microscopio electrónico

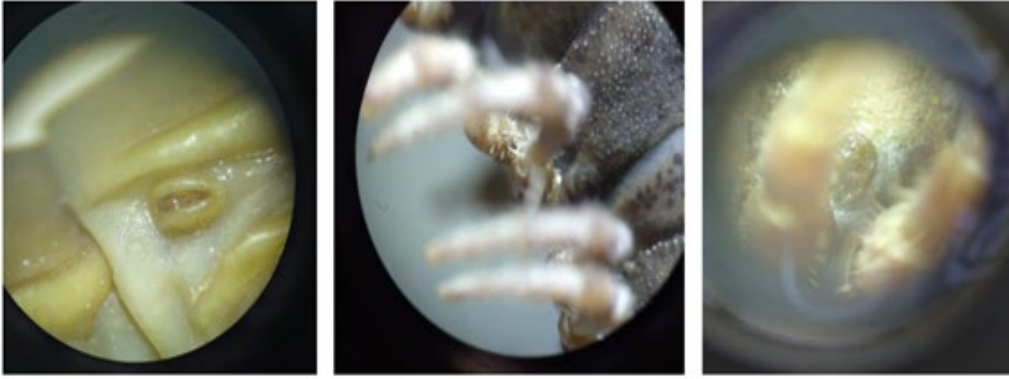


**Fuente:** Burgess (2009, p. 5).

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 regulan los procesos entrada y salida de aire debido a la contracción del vaso dorsal digestivo durante su locomoción, lo que produce cambios de volumen en la cavidad del cuerpo y también reduce la pérdida de agua para evitar la deshidratación del organismo (figura 4). Estos espiráculos están rodeados por pelos o sedas, cuya función es evitar la entrada de polvo o de microorganismos en el sistema traqueal que puedan obstruir la respiración del diplópodo (Lozano, 2005).

4 Aunque la pregunta de investigación inicialmente se centró en el *¿qué?*, posteriormente acercó a otras preguntas de investigación relacionadas con *¿cómo* los diplópodos respiran si 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?

Figura 4. Fotografías de estereoscopio de espiráculos de diplópodos



Fotografías de espiráculos en Diplopodos y Chilopodos en aumento de 4x en estereoscopio

Fuente: elaboración propia.

Una vez el aire ingresa por el espiráculo, este lo hace 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. A primera vista, se pueden definir ciertos tubos que constituyen el sistema por el cual viaja el aire (Harrison *et al.*, 2012), pero ese sistema traqueal es mucho más que un tubo, puesto que lo compone una estructura muy interesante. Estas tráqueas están compuestas por una capa de células epiteliales revestidas por cutícula, continuación de la que constituye el exoesqueleto del diplópodo (Klowden, 2013). Además, están formadas por una endocutícula —que representa la parte más interna de la tráquea, con alta quitina, y que le aporta rigidez— y por una epicutícula —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 pueden extender o comprimir su longitud de un 20 a un 30%, lo que explica la particular locomoción del organismo (Burgess, 2009).

Ahora bien, los cambios de presión que se presentan dentro del organismo por los flujos de aire provocarían el estallido de las tráqueas. 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 *et al.*, 2016).

Tratar de explicar más a fondo el comportamiento del aire dentro de las tráqueas del diplópodo es complejo debido a su estructura. En esta instancia, se trató de

dar explicación recurriendo a la velocidad de un fluido mediante el principio de Bernoulli, pero, por la disposición de las tráqueas, el fluido no tiene un movimiento lineal, sino que presenta, más bien, movimientos precipitados o turbulentos dentro de estas. Otra aproximación fue intentar explicar el comportamiento del fluido a partir de los caudales que determinan la cantidad de fluido que circula a través de una canal, pero, para ello, sería necesario determinar cómo cambia el área de las tráqueas y traqueolas en el organismo, algo muy complejo de determinar con exactitud.

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 (1988) a propósito de las cuestiones para aproximarse a la estructuración de la respiración como fenómeno: la ventilación, la relación con el sistema respiratorio, la difusión, el transporte o la transformación de los gases, el problema energético, la vida tisular y celular, y la cuestión de la oxidación-reducción o del transporte de electrones. El equipo de trabajo se concentró en las cuestiones de ventilación (Jurenka, 2008).

### Encontrar límites y plantear los focos de un modelo

Entender la respiración en los diplópodos se volvió algo complejo. La configuración de la estructura interna de estos artrópodos denota una organización de las tráqueas y traqueolas dentro del animal sin un ordenamiento establecido o, al menos, se percibe de esa manera. Por lo tanto, la respiración (en un marco hipotético) también se puede establecer en una relación directa con la locomoción del organismo, hecho que complicó el diseño de la representación virtual. Sin

embargo, toda esta complejidad estructural del insecto abrió campo para 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 las diferentes fuentes de información. No obstante, se ha venido formando, como lo plantean Pérez *et al.* (2005), una visión de ciencia deformada que privilegia la información sobre la comprensión y que, por lo general, no propicia espacios para la indagación ni para la construcción, pues desvirtúa las capacidades y la experiencia del estudiante, fundamental esta última para la apropiación de los conocimientos construidos por parte del sujeto.

Así, al acercarse a la construcción del fenómeno de la respiración desde el análisis del espiráculo del milpiés e intentar organizarlo a partir no solo 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 y Morris, 1989). Esta ampliación se realiza en términos no solo 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 relacionen las estructuras y los procesos a nivel celular y orgánsmico, y se vislumbren las relaciones con el entorno y con otros seres vivos. Además, se posibilita la construcción de explicaciones que no estén sesgadas ni direccionadas hacia un solo camino.

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

Los referentes teóricos respecto al fenómeno de la respiración y específicamente al espiráculo en los diplópodos son escasos. Por lo tanto, el grupo de trabajo ha tenido que estudiar los aportes que brinda la literatura sobre las estrategias de otros organismos similares (miriápodos e insectos) para tratar de asociarlas con las del milpiés. Adicionalmente, se recurrió a la observación directa y ampliada a través del estereoscopio para intentar com-

prender 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 las 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 y ayudar en la elaboración de explicaciones (Justi, 2006).

Por lo anterior, los modelos científicos pueden utilizarse en la enseñanza de las ciencias (Koponen y Mäntylä, 2011), ya que hacen énfasis en los aspectos de orden mental y procedimental 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.

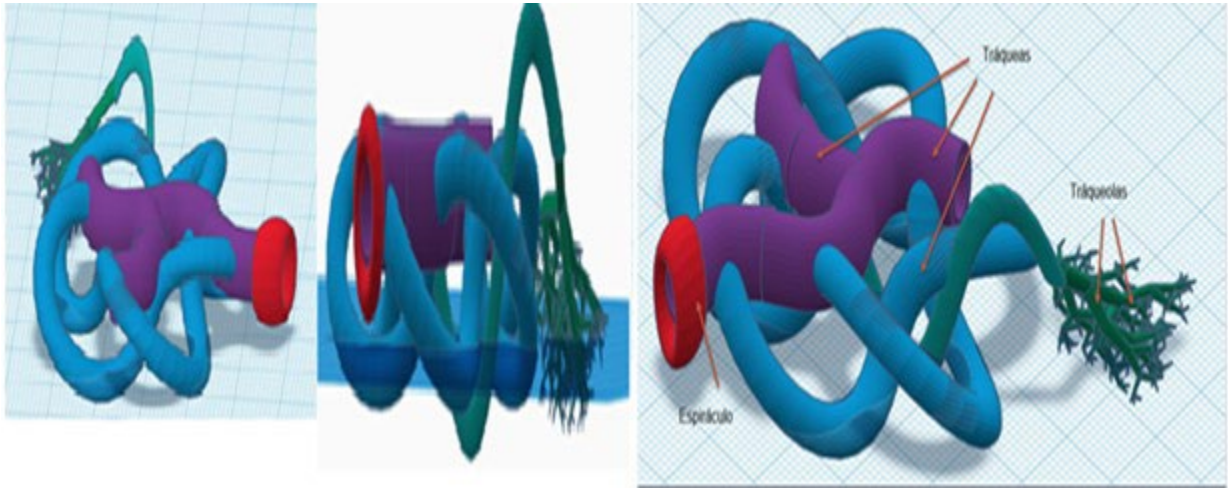
### El modelo virtual

La modelización de la estructura considerada esencial para el proceso de respiración en el milpiés, el espiráculo, contemplo dos sesiones de duro trabajo, tanto material como conceptual, dedicadas a 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 las traqueolas en sintonía con las ilustraciones rastreadas en la bibliografía (figura 5). En este sentido, la construcción del fenómeno de la respiración realizada refleja su complejidad y amplitud.

La preocupación por la estructura y su funcionalidad se amplifica 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.



Figura 5. Modelo virtual del espiráculo



Fuente: elaboración propia.

Aunque el modelo virtual propone visibilizar la imagen que se tiene del espiráculo desde una perspectiva 3D, presenta limitantes por tratarse de una aproximación hipotética construida a partir de las observaciones que se realizaron, por lo que su similitud a lo real queda en interrogante. Se planteó entonces un trabajo manual que permitiera, desde otra perspectiva, privilegiar la funcionalidad del espiráculo sobre 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 al movimiento de los milpiés.

Figura 6. Estructura utilizada para simular el cuerpo del milpiés

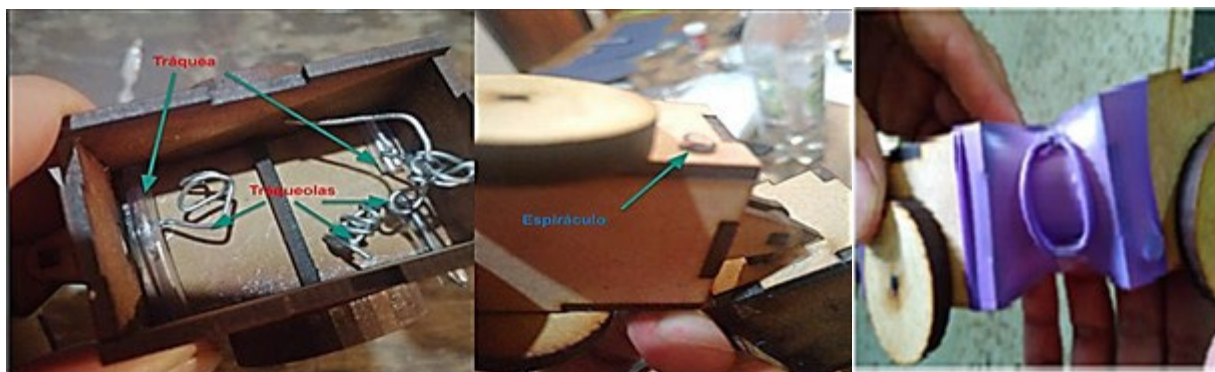


Fuente: elaboración propia.

Teniendo la estructura física, se procedió a determinar la ubicación de los espiráculos. Para ello, se tuvieron en cuenta los referentes de la experiencia de estereoscopia (figura 4), que permitieron relacionar el movimiento (locomoción) del organismo con la apertura y cierre del espiráculo. Así, el movimiento del modelo físico debía ser capaz de mostrar la apertura y el cierre de los espiráculos 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 las traqueolas se utilizó un material más delgado y flexible de color verde, el cual se conectó a la tráquea y desembocaba en el centro del aglomerado de madera. El resultado final se logra apreciar en la figura 7.

Figura 7. Fotografías del modelo físico



Fuente: elaboración propia.

## Explicaciones construidas a propósito de la respiración

Si pensamos en las estructuras, estas por sí solas tienen una complejidad asombrosa; pero los modelos de estructuras, fuera de un contexto donde tienen funcionalidad, resultan estériles y limitantes para comprender 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, proponer la respiración como un problema de conocimiento implica ofrecer no solamente una mirada a la estructura, sino también considerar las condiciones y, más aún, la relación entre las estructuras y las 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 permiten respirar.

Tras el proceso desarrollado en el estudio de su respiración, el equipo de trabajo planteó que la estructura por la cual se da paso al aire al interior del organismo en cuestión es el espiráculo y la tráquea. Las diferencias de presión 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 totalidad, pero sí 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 las diferentes formas en las cuales se lleva a cabo el proceso de aprendizaje surgen en los procesos comunicativos. Así, a lo largo de la investigación, las discusiones alrededor de los diplópodos cobraron 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.

## 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 regule la entrada o salida de aire; esto se da a través de una serie de contracciones y expansiones que depende de la locomoción del animal; es decir, cuando el insecto se mueve, abre y cierra sus espiráculos de un modo tal que posibilita el flujo de aire del exterior al interior y viceversa.

Ahora bien, la forma y los componentes del espiráculo también tienen un papel muy importante en la respiración del milpiés, puesto que determinan la entrada y salida del aire y, a su vez, ayudan a filtrar sustancias que pueden entrar en el insecto, como el polvo o los microorganismos presentes en el entorno. A su vez, la forma de espiral regula la velocidad del aire tanto en la inspiración como en la exhalación. Esta velocidad se ve afectada por la aceleración centrípeta debida a la forma ovalada del espiráculo.

Por su parte, las tráqueas son estructuras tubulares que conducen el aire que entra al insecto. Estas 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 permiten resignificar elementos como la experiencia, la naturaleza construida y contextual del conocimiento, el papel del estudiante y del maestro dentro del aula, así como superar las dificultades asociadas a los procesos de enseñanza y aprendizaje tradicional de las ciencias.

En consecuencia, se plantea la idea de diseñar propuestas de enseñanza que den valor a la organización de la experiencia, puesto que esto permitiría la ampliación de situaciones prácticas que aporten a la construcción de conocimiento. Por consiguiente, se busca 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 entre lenguaje, experiencia y experimento, elementos esenciales en la construcción de saberes. Así, la riqueza que hay detrás de lo que percibimos y lo que conceptualizamos a través

del experimento fortalece, reestructura y resignifica el lenguaje a la hora de establecer descripciones sobre el fenómeno de la respiración.

## Referencias

- Burgess, I. (2009). The Mode of Action of Dimeticone 4 % Lotion Against Head Lice, *Pediculus capitis*. *BMC Pharmacol*, 9(3). <https://doi.org/10.1186/1471-2210-9-3>
- Chapman, R. (1998). *The Insects: Structure and Function* (4.ª ed.). Oxford University.
- Duran, M. (2012). El estudio de caso en la investigación cualitativa. *Revista Nacional de Administración*, 3, 121-134.
- Giordan, A. (1988). *Conceptos de Biología*. Labor S. A.
- Harrison, J., Woods, A. y Roberts, S. (2012). *Ecological and Environmental Physiology of Insects*. Oxford University.
- Hickman, C. (2009). *Principios integrales de zoología*. McGraw-Hill.
- Jurenka, R. (2008). *Insect Physiology*. Iowa State University.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Investigación Didáctica: Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Klowden, M. (2013). *Physiological Systems in Insects* (3.ª ed.). Elsevier.
- Koponen, I. y Mäntylä, T. (2011). *Didactical Reconstructions for Organizing Knowledge in Physics Teacher Education*. University of Helsinki.
- Krause, M. (1995). La investigación cualitativa: un campo de posibilidades y desafíos. *Temas de Educación*, 7, 19-39.
- Lozano, J. (2005). *Entomología, morfología y fisiología de los insectos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Marcos, L., Gefaell, J. y Rouco, N. (2016). *Respiración en insectos*. Universidad de Vigo.
- Pérez, D., Macedo, B., Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y 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*. Oficina Regional de Educación de la Unesco.
- Rocha, A. y Ramírez, N. (2009). Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en

- Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 84, 1-12.
- Rouse, W. y Morris, N. (1989). On Looking into the Black Box: Prospects and Limits in the Search for Mental Models. *Psychological Bulletin*, 100(3), 349-363.
- Sandin, M. (2003). *Tradiciones en la investigación cualitativa*. Universidad Nacional Abierta.
- Tamayo, O., Cardozo, M. y Dávila, A. (2014). Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración. *Bio-grafía*, 7(13), 128-145.
- Varela, A., Cortes, C. y Cotes, C. (2007). Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 45-53.