

Caracterización del sistema respiratorio del saltamontes payaso (*Paramastax sp*)¹

Characterization of the Respiratory System of the Clown Grasshopper (*Paramastax sp.*)

Nicanor Antola-Segovia² 

Cómo citar este artículo:

Antola-Segovia, N. (2024). Caracterización del sistema respiratorio del saltamontes payaso (*Paramastax sp.*). *Pre-impresos Estudiantes*, (26), 45-57.

Introducción

Los insectos son organismos invertebrados pertenecientes al grupo más diverso del reino animal. Con más de un millón de especies descritas, representan más de la mitad de todos los organismos conocidos en la Tierra. Su capacidad de adaptación les ha permitido desde tiempos remotos habitar prácticamente cualquier sitio del planeta, a excepción de los casquetes polares y de los volcanes en actividad (Lozano, 2005)

Dentro de la clasificación sistemática de la biología, los insectos se agrupan en el filo Arthropoda. Este filo es notable por incluir una diversidad de seres vivos que comparten cuerpos segmentados y apéndices articulados. Tal categorización subraya la estructura común que vincula a los insectos con otros artrópodos; sin embargo, se distinguen por su cuerpo dividido en tres regiones claramente diferenciadas: cabeza, tórax y abdomen. Además, poseen tres pares de patas articuladas en el tórax, para un

total de seis, lo que les confiere la capacidad de llevar una vida sumamente activa.

En tal sentido, los insectos son un grupo de organismos fascinantes, tanto por su anatomía como por su adaptabilidad y ciclo de vida, que los han convertido en objetos de estudio en diversas disciplinas científicas. Ante esto surge la interrogante: ¿Cómo pueden ser aprovechados en el contexto educativo? Dejando la mera admiración de estas cualidades o su uso como ejemplos prácticos para ilustrar conceptos de biología, los insectos se establecen como herramientas didácticas poderosas, en especial cuando se emplean estrategias adecuadas que permiten organizar y comprender sus cualidades desde una perspectiva científica, trascendiendo así la experiencia cotidiana que se tiene de ellos.

¹ Trabajo construido en el seminario La Comprensión de lo Vivo en el marco de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

² Magíster en Docencia de Ciencias Naturales (UPN-Colombia, becario Becal-Paraguay). Máster en Gestión Ambiental (Unini-México) y Licenciado en Ciencias Ambientales (UNP-Paraguay). Docente de la Universidad Nacional de Pilar (UNP) y el Instituto de Formación Docente de General Díaz. nicant89@hotmail.com; nantolas@upn.edu.co.

Al respecto, Orozco *et al.* (2003) señalan que es necesario trascender la experiencia básica para llegar a la complejización de las relaciones, mediante un pensamiento en el que se tienen en cuenta la creciente complejidad del conocimiento contemporáneo y la relación dialéctica entre el sujeto y el objeto. Esta relación implica una interacción mutua en la cual el sujeto adquiere conocimiento del objeto, pero también es moldeado por este proceso, en el cual se enfatiza que el conocimiento no es estático, sino que se construye y se transforma continuamente, lo que lleva a una comprensión más profunda y sistémica de los fenómenos naturales. Además, se argumenta que, para avanzar en el conocimiento, es necesario superar las visiones simplistas y reconocer la complejidad y la interconexión inherentes a los fenómenos naturales.

Es por ello por lo que en la primera unidad del seminario La Comprensión de lo Vivo del tercer semestre de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales se parte de una problemática principal que es la de abordar el estudio de lo vivo y de las condiciones que han hecho de este un objeto de conocimiento. Por lo tanto, se explora como objeto de conocimiento “la respiración, de soplo vital a problema de conocimiento”.

En este sentido, Giordan *et al.* (1988) señalan que “la respiración es uno de los fenómenos de la vida que no parece plantear problemas” (p. 87), aludiendo a ella como una actividad tan natural y común que se vuelve algo inconsciente. Sin embargo, esta familiaridad ha oscurecido su complejidad y relevancia científica, pues al estar asociada directamente a la vida, si dejamos de respirar, morimos.

Antes, la respiración era vista simplemente como un signo de vida, esencial al punto que su fin implica la muerte y no se constituía como objeto de conocimiento. No obstante, la ciencia ha logrado trascender estas concepciones limitadas, gracias a la contribución de grandes pen-

sadores, como Descartes, Hipócrates, Harvey, Priestley y Lavoisier, entre otros. Al romper con estas limitaciones de la experiencia personal de respirar y permitir la comprensión científica que involucra este fenómeno, fue posible abordar la respiración como un problema de conocimiento científico. Sus contribuciones han sido fundamentales para desentrañar el conjunto de elementos que componen la respiración y evolucionar desde una comprensión empírica hacia una explicación científica.

De ahí surge la importancia de referirse a las contribuciones de estos pensadores, quienes lograron posicionar la respiración como un problema científico, histórico y epistemológico. Este enfoque trasciende la mera experiencia cotidiana de respirar, un acto que a menudo no estudiamos en profundidad y que damos por sentado. Gracias a sus aportes, la respiración se convierte en un objeto de estudio complejo y significativo, y se revelan dimensiones que van más allá de lo evidente y cotidiano.

Así también, Valencia *et al.* (s. f.) exponen en *La respiración: de soplo vital a problema de conocimiento* que Descartes en su preocupación por explicar la relación entre calor y vida considera la respiración como un “evento” plurifuncional en el que se ponen en juego ideas de transporte sanguíneo, refrigeración y calentamiento del cuerpo.

[...] si examinamos cómo se comunica ese calor a los otros miembros no es necesario acaso confesar que es por medio de la sangre que, al pasar por el corazón, se recalienta y se esparce desde allí por todo el cuerpo... También por esto se conoce que la verdadera utilidad de la respiración consiste en traer al pulmón el aire fresco para hacer que la sangre que viene de la concavidad derecha del corazón, donde ha sido enrarecida y como cambiada en vapores, se vuelva espesa y se convierta de nuevo en sangre antes de volver a caer en la concavidad izquierda, sin lo cual no podría servir de alimento al fuego que hay en dicha concavidad. (p. 6)

Valencia *et al.* (s. f.) destacan a otro pensador, Harvey, que, en su interés por comprender la circulación —que posteriormente liga con la respiración— enfrenta tradiciones y concepciones tan arraigadas, que formula su argumentación para convencer a sus colegas poniendo “su esperanza en el amor de la verdad y en la sinceridad de los espíritus doctos”. De esta manera, Harvey, con respeto crítico, se distancia de las aseveraciones de sus contemporáneos que no creían posible el tránsito cíclico de la sangre por el cuerpo llevando y trayendo sustancias que la agotaban o sutilizaban, al mencionar que

[...] en el movimiento de la sangre: todas las partes se nutren, se calientan y crecen por la sangre más cálida, perfecta, vaporosa, espirituosa, y por así decirlo, alimentativa; y por el contrario, en las partes sanas, la sangre se enfría, se coagula, se agota; por lo cual vuelve al principio, es decir, al corazón, como a la fuente o al hogar del cuerpo, para recuperar su perfección, allí con su calor natural, potente férvido, como un tesoro de vida, recupera su fluidez llenándose de espíritu y por así decirlo, de bálsamo, desde allí se distribuye de nuevo y todo esto gracias al movimiento y al pulso del corazón. (p. 7)

Décadas más tarde, esta visión orgánica y dinámica del cuerpo sería ampliada por los aportes de Antoine Lavoisier, conocido como el “padre de la química moderna”, y Pierre-Simon Laplace, quienes realizaron experimentos fundamentales que revolucionaron la comprensión de la respiración y la combustión. En 1783, ambos llevaron a cabo un experimento en el que demostraron que la respiración es un proceso similar a la combustión. Utilizando un calorímetro, midieron el calor producido por un animal y concluyeron que la respiración implica la oxidación de sustancias en el cuerpo, que liberan energía en forma de calor. Este trabajo fue crucial para refutar la teoría del flogisto, que postulaba la existencia de una sustancia invisible liberada durante la combustión (Lavoisier y Laplace, 1943).

Estos ejemplos de contribuciones históricas y epistemológicas llevan a que en el seminario “La Comprensión de lo Vivo se aborde la respiración de los insectos como un problema de conocimiento, en el que es necesario reflexionar sobre los aspectos que la involucran; tanto la estructura como las sustancias que intervienen en el proceso y los recorridos de estos en el interior del cuerpo del insecto.

Dentro de la enseñanza de las ciencias naturales es importante colocar a los estudiantes en escenarios donde confronten situaciones, a partir de las cuales se organiza la experiencia y se construye el conocimiento con base en sus propias interpretaciones. Esto facilita procesos dinámicos de deconstrucción, reconstrucción, construcción y estructuración de modelos, esquemas y formas de organizar la experiencia y el pensamiento, lo que a su vez posibilita la generación de nuevas y diversas maneras de construir realidades (Valencia *et al.*, s. f.).

Para ello, se realizaron primero actividades desencadenantes como la proyección de una película y una salida de campo, con el fin de delimitar el objeto de estudio y seleccionar un insecto para estudiar su sistema respiratorio. De las varias especies de insectos recolectadas, el saltamontes payaso del orden ortóptero (véase la descripción en el capítulo de resultados) capturó el interés del equipo de trabajo debido a su llamativo color.

En consecuencia, se formuló el problema ¿Cuáles son las características estructurales del sistema respiratorio del saltamontes payaso? Y se planteó como objetivo general “Caracterizar la estructura del sistema respiratorio del saltamontes payaso mediante el estudio bibliográfico y la construcción de un modelo físico, con el propósito de ampliar la experiencia básica y facilitar la comprensión del proceso respiratorio de los insectos”. Por medio de esta caracterización se pretende reorganizar e interpretar los hechos en torno al objeto de estudio, lo que facilitará una comprensión más profunda del fenómeno. Por

medio de un enfoque histórico-crítico y disciplinario, y de la integración de la teoría con la práctica experimental, se formulan maneras particulares de hablar y discutir un fenómeno natural. Además, se detalla la metodología empleada en esta investigación con el fin de que pueda ser replicada por otros docentes, y contribuir así a enriquecer la enseñanza de las ciencias naturales.

Materiales y métodos

Este estudio se lleva a cabo en el marco del programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales-Becal Paraguay, ofrecido por la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. El seminario *La Comprensión de lo Vivo* tiene como propósito estudiar lo vivo y de las condiciones que han hecho de este un objeto de conocimiento. Se invita a los estudiantes a asumir un doble rol: como sujetos generadores de conocimiento y como objetos de estudio, dentro de un entorno de relaciones e incertidumbres. Este enfoque permite desafiar las percepciones superficiales, cuestionar las interpretaciones simplistas que consideran la vida como un fenómeno evidente y replantear la dinámica sujeto-objeto tradicionalmente aceptada en el paradigma positivista.

La metodología del trabajo adopta un enfoque cualitativo introspectivo, centrado en el análisis crítico de las fuentes teóricas existentes y en la reflexión profunda sobre las actividades teóricas y prácticas realizadas. Este enfoque favorece una comprensión holística y detallada del fenómeno estudiado, por medio de un proceso reflexivo, que no solo permite interpretar los datos existentes, sino también generar nuevos conocimientos y formas particulares de hablar sobre el fenómeno de la respiración. Para guiar este estudio, se desarrolla una ruta metodológica que incluye:

Delimitación precisa del objeto de estudio. Definir claramente el objeto, seleccionando un insecto para el estudio de su respiración.

Formulación de preguntas y objetivos. Plantear una interrogante específica y objetivos claros que orienten la investigación.

Revisión bibliográfica y documentación teórica. Realizar un análisis crítico de la literatura existente para fundamentar teóricamente el estudio y dar respuestas a las preguntas.

Actividades prácticas de laboratorio. Ampliar la experiencia básica mediante observaciones más directas de las estructuras del sistema respiratorio del insecto.

Construcción de un modelo artificial. Construir un artefacto que simule aspectos no observables de la respiración del insecto en la naturaleza, lo que ayuda a complementar y profundizar la comprensión del proceso.

Encuentros de socialización. Desarrollar sesiones de socialización en el aula, de manera que las sugerencias e inquietudes de los profesores y compañeros enriquezcan el proceso.

Resultados y discusiones

En esta sección del documento, se presentan las actividades realizadas conforme a la metodología descrita. Además, se exponen los análisis correspondientes y reflexiones sobre estos hallazgos. Este ejercicio no solo hace evidentes los resultados obtenidos, sino que también proporciona una interpretación crítica que enriquece la comprensión del fenómeno en estudio.

Delimitación del objeto de estudio

Para seleccionar el insecto por estudiar, se llevó a cabo una salida de campo con el propósito de explorar el mundo natural y maravillarse con la riqueza biológica presente en él, la cual a menudo ignoramos sin sentir la curiosidad de indagar más sobre ella. Esta actividad intencionada tuvo como objetivo despertar esa curiosidad y delimitar el objeto de estudio.

La actividad se realizó el 17 de mayo de 2024, en la laguna El Tabacal perteneciente al municipio de la Vega, en Cundinamarca (Colombia). Inicialmente, se presentaron las características geológicas, orográficas, climáticas, históricas y socioculturales de la región, así como la caracterización y distribución de la flora y fauna representativas. Posteriormente, se hizo un recorrido por la zona y se delimitó una transecta edáfica para la caracterización del suelo y la identificación de distintos insectos, con el fin de seleccionar uno para su estudio.

Figura 1. Saltamontes payaso *Paramastax* sp.



Nota. Fotografía propia (2024).

El insecto encontrado en el lugar y que llamó la atención por sus colores vivos fue el saltamontes payaso. Insecto del orden Orthoptera perteneciente a la familia *Paramastax* descrito por primera vez por Malcom Burr en 1899, es actualmente representado por 13 especies neotropicales (Varón, 2000, citado en Porras, 2011), siete de estas reportadas en Colombia (Carbonell *et al.*, 2007, citado en Porras, 2011).

Figura 2. Saltamontes payaso *Paramastax* sp.



Nota. Fotografía de S. Berrío (2017)

Los saltamontes payasos presentan una combinación ecléctica de colores amarillos, rojos, verdes y azules metálicos (véanse las figuras 1 y 2). Se encuentran dentro de los saltamontes de antenas cortas, pertenecientes al suborden *caelifera*, pues los “saltamontes de antenas largas”, que pueden tenerlas más largas que el cuerpo entero en muchos casos, pertenecen al suborden *ensifera*, que contiene a los verdaderos grillos (Porras, 2007).

En términos generales se encuentran distribuidos desde el nivel del mar hasta casi 3000 m de altitud, en sitios húmedos, más o menos abiertos, con vegetación variada (Descamps, 1971, citado en Porras, 2007).

Después de seleccionar el insecto para su estudio, se plantean la pregunta principal y los objetivos descritos en el capítulo de la introducción.

Revisión bibliográfica y documentación teórica

Los insectos, al igual que otros animales, son organismos aeróbicos; esto significa que su metabolismo depende del oxígeno para la respiración. Poseen un sistema respiratorio particularmente interesante: en lugar de pulmones o branquias, los insectos tienen un sistema traqueal que les permite un intercambio directo de gases con el ambiente, lo que facilita la llegada de oxígeno a los tejidos sin la intervención directa del sistema circulatorio. Esta característica ha sido crucial para su adaptación y éxito en diversos ambientes (Borrás *et al.*, 2016).

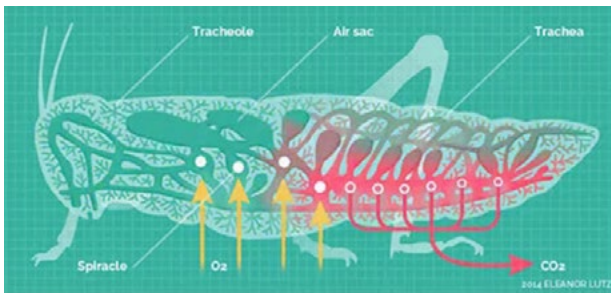
En esta sección del artículo se expone las características principales de las estructuras que integran el sistema respiratorio de los insectos, con especial énfasis en los saltamontes payasos, analizando elementos como los espiráculos, las tráqueas y las traqueolas. Además, se describen sus composiciones y las sustancias involucradas, así como los recorridos que siguen durante el intercambio gaseoso.

Espiráculos

Son estructuras esenciales del sistema traqueal del saltamontes payaso, ubicados en las placas laterales de su cuerpo. Este insecto posee dos pares en el tórax y ocho pares en el abdomen. Los primeros cuatro pares facilitan la entrada de aire rico en oxígeno, mientras que los restantes permiten la expulsión de aire producto de desecho.

Todos los espiráculos son funcionales, es decir, son holopnéuticos³, y disponen de un mecanismo de cierre y apertura mediante válvulas minúsculas controladas por el sistema nervioso central. Estas válvulas son reguladas por músculos situados en la superficie cuticular⁴ próxima a los espiráculos.

Figura 3. Esquema del sistema traqueal de un saltamontes



Nota. Las flechas amarillas indican la entrada del aire rico en oxígeno por los primeros cuatro pares de espiráculos; los restantes cumplen la función de expulsar el aire producto de desecho, especialmente el dióxido de carbono. Textos de la figura traducidos al español: Traqueola ("Traqueole"), Sacos de aire ("Air Sac"), Tráquea ("Trachea"), Espiráculo ("Spiracle"). Tomado de [Título del video] [Video], por [Autor o Usuario], [año], Facebook Watch (https://fb.watch/s_XhylqwaP/).

Los espiráculos cumplen una función imprescindible en la respiración de los saltamontes, pero también son un problema para ellos, ya que se trata de una estructura que conecta

3 Cuando existen diez pares de espiráculos funcionales: dos en el tórax y el resto en los primeros ocho segmentos abdominales (Lozano, 2005).

4 Composición quitinosa (polisacárido nitrogenado) de estructura parecida a la celulosa y la proteína (Lozano, 2005). La cutícula forma parte del esqueleto de los artrópodos y sirve de soporte para los músculos y otras estructuras como las alas, las glándulas, los pelos y el tracto digestivo. Además, proporciona protección mecánica, química y biológica a los tejidos vivos frente al entorno externo y ayuda a reducir la pérdida de agua (Soto *et al.*, 2011).

directamente las tráqueas con el medio externo, por lo tanto, pueden ser una vía para la pérdida de agua, lo que ocasiona la deshidratación del insecto. Además, los espiráculos abiertos pueden permitir la entrada de microorganismos, polvo y otros materiales perjudiciales, lo que representa un riesgo constante para su bienestar. Por esta razón, cuentan con mecanismo de cierre y apertura para minimizar estos riesgos, además cada espiráculo dispone de un atrio, una cámara engrosada situada entre los espiráculos y las tráqueas (figuras 4 y 5). Esta estructura sirve como un eficiente filtro, gracias a las setas que capturan polvo y partículas foráneas, protegiendo así el sistema respiratorio del insecto.

Figura 4. Espiráculos.



Nota. Vista en el cuerpo segmentado de un insecto desde un estereoscopio durante la práctica de laboratorio. Archivo particular del autor

Figura 5. Espiráculo cerrado de un insecto.



Nota. [Imagen de espiráculo cerrado]. Tomado de <https://acortar.link/GcKOIU>

Apertura y cierre de los espiráculos

Como ya se mencionó, los espiráculos tienen un mecanismo de cierre y apertura. En este apartado describiremos el funcionamiento de este sistema de cierre en el que las válvulas encierran el espiráculo por acción muscular.

Se organiza generalmente en dos tipos: uno en el que el movimiento de las valvas se regula por un único músculo (músculo de cierre) y otro en el que se regula por dos músculos (de apertura y de cierre). En los saltamontes, el mecanismo de cierre es unimuscular, es decir, cuentan con un solo músculo de cierre y no de apertura (Chapman, 1998, citado en Borrás *et al.*, 2016). Al contraerse, este músculo tira de las valvas, lo que provoca su estiramiento y, en consecuencia, el cierre del espiráculo. Para la apertura, basta con que se produzca la relajación del músculo de cierre, ya que la elasticidad de la cutícula permite que el espiráculo se abra.

Los espiráculos suelen permanecer cerrados, principalmente para evitar la pérdida de agua. Dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el insecto, los espiráculos pueden abrirse, por ejemplo, durante la actividad física (saltar o volar) o cuando hay un déficit de oxígeno y una alta concentración de dióxido de carbono. En estos casos, los espiráculos se abren de manera coordinada y sincronizada: primero los cuatro pares frontales para la entrada del aire y luego los restantes para la expulsión del aire.

Respiración discontinua

Los espiráculos pasan la mayor parte del tiempo cerrados; solo se abren cuando el insecto lo requiere, presumiblemente para evitar pérdida de agua a través del sistema traqueal. Para ello, disponen de mecanismos que controlan la apertura y el cierre de los espiráculos en respuesta a las necesidades del organismo.

A este mecanismo se le suma la respiración discontinua, también conocida como ciclo discontinuo de ventilación o ciclo de intercambio

de gases discontinuo (Nation, 2008, citado en Borrás *et al.*, 2016). La respiración discontinua consiste en el intercambio de gases entre el sistema traqueal y el exterior en intervalos de tiempo muy pequeños en los que se abren los espiráculos. Normalmente, según Nation (2008), la respiración discontinua consta de tres etapas: apertura, aleteo (*flutter*) y cierre.

Durante el periodo de cierre, todos los espiráculos se mantienen cerrados. A medida que se consume el oxígeno y se produce dióxido de carbono, este último se disuelve en la hemolinfa como bicarbonato (Borrás *et al.*, 2016). El descenso de la concentración de oxígeno en el sistema traqueal es captado por receptores asociados a motoneuronas, que llevan la información al sistema nervioso central, provocando la apertura de los espiráculos (Chapman, 1998, citado en Borrás *et al.*, 2016). Cuando los espiráculos se abren, entra aire rico en oxígeno al sistema traqueal y se expulsa el aire con dióxido de carbono, un producto de desecho.

Por último, tenemos el periodo de aleteo o *flutter*, que consiste en que las valvas de los espiráculos se abren ligeramente y se vuelven a cerrar rápidamente. Esto permite una ligera entrada de oxígeno al sistema traqueal, mientras que la salida de dióxido de carbono es mínima. La concentración de oxígeno en el sistema traqueal aumenta de nuevo y, acto seguido, los espiráculos se cierran (Chapman, 1998, citado en Borrás *et al.*, 2016).

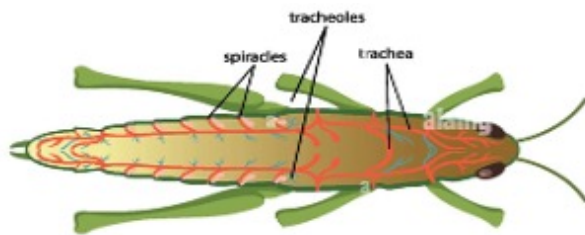
Tráqueas

Las tráqueas son un conjunto de conductos ramificados que conectan los espiráculos con las traqueolas, extendiéndose paralelamente a lo largo del cuerpo del insecto. Están revestidas por una capa única de células epiteliales planas y una cutícula que es extensión del exoesqueleto. Esta estructura confiere a las tráqueas una notable elasticidad, lo que les permite soportar variaciones de presión de hasta un 20-30 % de

su longitud (Muller, 1995, citado en Borrás *et al.*, 2016).

Las tráqueas se unen horizontalmente (figura 6) con las provenientes de otros espiráculos, con lo que conforman una auténtica red de conductos. A menudo, diversos autores distinguen entre tráqueas primarias y tráqueas secundarias. Las primarias serían aquellas que conectan directamente con los espiráculos y las secundarias constituirían las ramificaciones de las tráqueas primarias (Borrás *et al.*, 2016).

Figura 6. Distribución de las tráqueas en el interior del insecto.



Nota. Traducción de términos: espiráculos ("Spiracles"), traqueolas ("Tracheoles"), tráquea ("Trachea"). Tomado de <https://acortar.link/hcMU6l>.

Figura 7. Tráqueas de un insecto vistas desde un microscopio, donde se observan la formación espiralada de los tenidios



Nota. Fotografía tomada por el autor durante la práctica de laboratorio.

Las tráqueas (figura 7) están compuestas por una única capa de células epiteliales planas revestidas por cutícula. Esta cutícula es una extensión de la que forma el exoesqueleto del organismo, por lo que está constituida por una

endocutícula y una epicutícula. Cabe destacar que, al igual que la cutícula externa del organismo, la de las tráqueas también se reemplazan por una nueva durante la ecdisis (Klowden, 2002, citado en Borrás *et al.*, 2016).

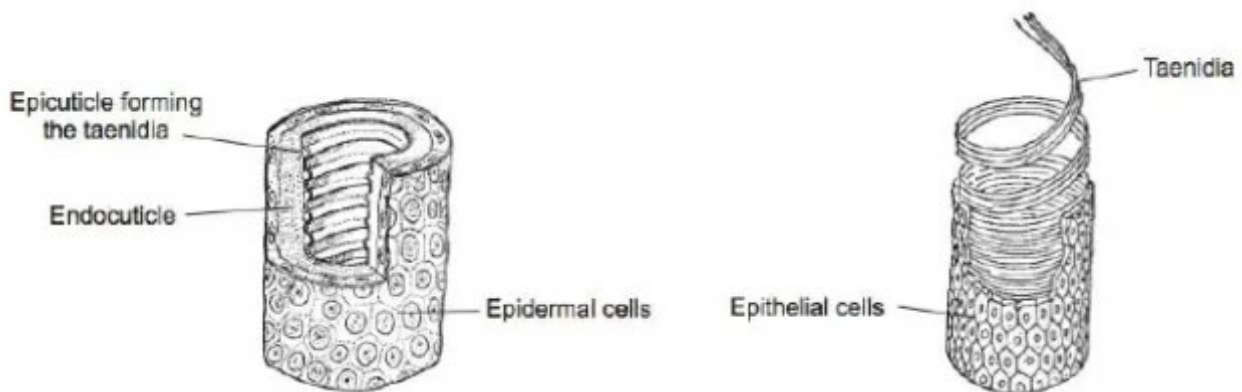
Además de estar compuestas por cutícula, las tráqueas cuentan con formaciones especializadas que confieren estabilidad a las tráqueas ante los cambios de presión producidos por los flujos de aire que circulan en ella llamadas *tenidios*. Estas son estructuras espiraladas de la cutícula esclerotizada, cuya función es reforzar y mantener la forma de las tráqueas (figura 8), además de permitir elasticidad en el sistema (Lozano, 2005).

Las traqueolas

Las tráqueas terminan en diminutas ramificaciones de forma arborescente que entran en contacto directo con la superficie de las células. Conforme las tráqueas disminuyen su diámetro y este es menor a $1\ \mu\text{m}$, dejamos de referirnos a ellas como tráqueas y comenzamos a hablar de traqueolas (Nation, 2011, citado en Borrás *et al.*, 2016). Estas subdivisiones tienen un diámetro tan pequeño que se vuelven capilares microscópicos. Carecen de pared cuticular, son muy delgadas y permeables a los gases, lo que permite el intercambio de estos con las células a las que están unidas.

Las traqueolas son diminutos capilares intercelulares que están en contacto directo con la superficie de las células. Su membrana plasmática puede hundirse, pero nunca atravesarla, lo que crea puntos ciegos. Este hundimiento asegura que las mitocondrias, donde se produce la respiración celular, puedan recibir oxígeno mediante difusión tisular de manera eficiente. La distancia entre las mitocondrias y las traqueolas es de aproximadamente 4 a $8\ \mu\text{m}$ (Klowden, 2002, citada en Borrás *et al.*, 2016).

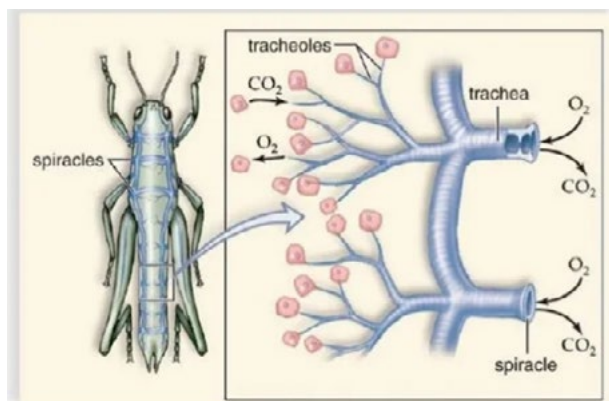
Figura 8. Representación modélica de un fragmento de tráquea (izquierda) y de un tenidio (derecha).



Nota. En la representación del fragmento traqueal pueden apreciarse las células epiteliales que rodean la tráquea ("Epidermal cells"), la endocutícula traqueal ("Endocuticle") y la epicutícula ("Epicuticle forming the taenidia"), en la que se distinguen los tenidios ("Taenidia"). Tomado de Klowden (2002), como se cita en Borrás (2016).

En la figura 9 se observa la representación de las traqueolas y parte de las tráqueas, que disminuyen en diámetro hasta convertirse en diminutos capilares. A través de estos conductos se produce el intercambio gaseoso: las células aprovechan el oxígeno y eliminan el dióxido de carbono, que es un producto de desecho perjudicial para el organismo si permanece en él. Se presume que en las traqueolas se encuentra el líquido intersticial, el cual es permeable y permite el intercambio de gases.

Figura 9. Representación de las traqueolas y el intercambio de gases



Nota. Tomado de "El sistema respiratorio de los insectos", por E. López, 2023, diciembre 9, El blog de los insectos. <https://acortar.link/dCLQOU>

El intercambio gaseoso depende principalmente del peso molecular de las partículas que lo conforman, del gradiente de concentración, de la distancia y de la permeabilidad del medio en el que se realiza. Aunque los primeros parámetros no varían significativamente entre la difusión por el sistema traqueal y la difusión tisular, los dos últimos sí lo hacen. El medio en el que tiene lugar la difusión traqueal es aéreo, mientras que el de la difusión tisular es acuoso. Esto marca una gran diferencia entre ambos procesos, ya que, debido a sus constantes de permeabilidad, el oxígeno difunde hasta cien mil veces más rápido en el aire que en medios acuosos. Por ello, aunque la trayectoria que debe recorrer el aire en las tráqueas es mucho mayor que la que hay desde las traqueolas hasta el interior celular, la difusión se da, por lo general, más rápido en el primero (Borrás *et al.*, 2016).

Las diferentes revisiones bibliográficas y el análisis exhaustivo de las mismas constituyen un aspecto fundamental para sustentar este trabajo. No solo para responder inquietudes, sino también para enriquecer enormemente las comprensiones de las estructuras que conforman el sistema respiratorio de los insectos, en especial del saltamonte payaso. Gracias a estas

revisiones, se profundiza en aspectos clave como la anatomía y fisiología de las tráqueas y traqueolas, así como en los mecanismos de intercambio gaseoso y regulación de los espiráculos. Este conocimiento detallado permite apreciar la complejidad y eficiencia del sistema respiratorio de estos insectos.

Actividades prácticas de laboratorio

Fotografía 10. Observación de tráqueas bajo el microscopio durante la actividad de laboratorio.



Nota. Fotografía tomada por el autor durante la práctica de laboratorio.

La práctica de laboratorio es un espacio crucial para acercarnos y tener un contacto más directo con las estructuras del sistema respiratorio del insecto. Utilizando el estereoscopio y el microscopio binocular, se observan los espiráculos y las estructuras de las tráqueas, donde se hace evidente la formación de los tenidios en forma espiralada. Además, se observa la red de conductos de tráqueas que se distribuyen en el interior del insecto, así como la disposición de las traqueolas (figura 10).

Además de la salida de campo, la documentación teórica y la artificialización, la práctica de laboratorio brinda otra perspectiva del insecto, de manera más directa y cercana a la realidad.

Es por ello por lo que el estudio teórico sobre la respiración de los insectos permite profundizar en los mecanismos y procesos que estos

organismos utilizan para intercambiar gases con su entorno. La revisión de diversas literaturas científicas ayuda a comprender cómo los insectos emplean un sistema de tráqueas y espiráculos para llevar aire y aprovechar el oxígeno directamente en sus tejidos, un proceso que difiere significativamente de la respiración pulmonar en los vertebrados.

Sin embargo, la combinación de esta base teórica con las observaciones prácticas en el laboratorio realmente consolidó mi entendimiento. Al observar directamente bajo el microscopio los espiráculos y las tráqueas de los insectos, pude conectar la acción con los conceptos que había estudiado. Esta experiencia práctica no solo refuerza el conocimiento teórico, sino que también permite apreciar la complejidad y eficiencia del sistema respiratorio de los insectos.

Pasar por estos escenarios de estudio teórico y observación práctica tiene importantes implicancias para la enseñanza de las ciencias naturales. En primer lugar, demuestra la importancia de integrar diferentes métodos de aprendizaje para lograr una comprensión más profunda y significativa. Además, al involucrarse en actividades prácticas, se fomenta el desarrollo de habilidades críticas como la observación, el análisis y la interpretación de datos. Estas habilidades son esenciales no solo para el estudio de las ciencias naturales, sino también para la formación de ciudadanos informados y capaces de tomar decisiones basadas en evidencia.

Construcción de un modelo artificial

El artefacto se construye con materiales como una botella plástica, pitillos, cartulina y alambre (figura 11). Este modelo prácticamente representa la forma del insecto con un corte transversal dorsal para observar la estructura y distribución de los espiráculos, las tráqueas y las traqueolas. La misma ha cumplido con su función, que es la de servir como una estrategia para explicar las características más

representativas del sistema respiratorio de los saltamontes payaso y de esa manera ampliar la comprensión del objeto de conocimiento.

Figura 11. Artificialización del sistema respiratorio del saltamontes payaso



Nota. Archivo particular del autor

Dado que no se puede observar este fenómeno directamente en la naturaleza, los modelos de artificialización cobran una importancia vital. En este sentido Orozco *et al.* (2003) expresan que la artificialización del mundo natural transforma los fenómenos en objetos de estudio y espacios de posibilidades para la acción constructiva del pensamiento. Destacan que, el sujeto no solo observa pasivamente, sino que también interviene activamente, proponiendo modelos, diseñando experimentos, simulando situaciones, acuñando conceptos, anticipando eventos, elaborando generalizaciones y definiendo criterios metodológicos.

Cuando el sujeto artificializa el mundo natural, imponiendo condiciones y formulando preguntas para obtener mayor información, se distancia de la experiencia básica. En esta instancia, el sujeto se provee de elementos para la construcción de objetos de conocimiento y define estrategias para establecer variables, construir relaciones y derivar principios en su tránsito hacia la comprensión sistemática de

los fenómenos. El fenómeno deja de estar en el plano de la seguridad de los saberes sancionados y empieza a ser definido como objeto de estudio y como espacio de posibilidades para la acción constructiva del pensamiento (Valencia, s. f.).

En este sentido, la artificialización enriquece las explicaciones y el entendimiento del fenómeno en estudio, lo que permite una comprensión más profunda. En el contexto pedagógico, esta práctica tiene un impacto significativo. Al utilizar modelos artificiales, los estudiantes pueden visualizar y manipular representaciones de fenómenos complejos, lo que facilita el aprendizaje activo y la construcción de conocimiento. Este enfoque no solo busca retener la información, sino que va más allá, al promover el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Además, la artificialización es especialmente aplicable en la enseñanza de las ciencias naturales, ya que permite experimentar con variables y observar resultados en un entorno controlado, algo que sería imposible en la naturaleza. Esto no solo amplía la comprensión teórica, sino que también proporciona una experiencia práctica valiosa, que contribuye a un aprendizaje más dinámico y significativo.

Conclusión

El estudio de la respiración como un problema de conocimiento ha enriquecido ampliamente mi comprensión sobre el tema. Más allá de ser un simple proceso mecánico, la respiración abarca un conjunto de relaciones complejas que requieren un enfoque científico riguroso. Al abordar la respiración desde una perspectiva fenomenológica, he logrado conectar las relaciones entre estructura, sustancias y recorridos dentro del sistema respiratorio del saltamontes payaso, estableciendo bases conceptuales y formas de hablar sobre este fenómeno vital. Las actividades realizadas durante este estudio amplían mis experiencias previas y permiten

entender mejor la respiración por medio de descripciones, representaciones e interpretaciones detalladas.

Cabe destacar que esta manera de proceder sobre un objeto de conocimiento es de gran importancia en la formación docente. Al profundizar en temas específicos como la respiración de los insectos, los futuros docentes adquieren un conocimiento más sólido y detallado que pueden transmitir a sus estudiantes. Además, este enfoque fomenta el desarrollo de habilidades pedagógicas, como la capacidad de diseñar actividades prácticas y experimentales que enriquezcan el aprendizaje. Así, la formación se ve fortalecida al integrar estudios teóricos y prácticos, que preparan a los educadores para enfrentar los desafíos de la enseñanza de las ciencias naturales con mayor competencia y confianza.

La construcción de conocimiento en el aula a partir de estos hallazgos es un proceso dinámico y enriquecedor. Al interactuar con modelos artificiales y realizar observaciones directas, se promueve el desarrollo de una comprensión más profunda y significativa de los fenómenos naturales, construyendo el conocimiento mediante la confrontación del problema en diversos escenarios. Al involucrar a los estudiantes en la construcción de su propio conocimiento, se fomenta un aprendizaje más autónomo y reflexivo, esencial para su desarrollo académico y personal.

Por último, considero que este tipo de estudio aporta significativamente a la enseñanza de las ciencias naturales. Proporcionando un modelo práctico y accesible para explicar conceptos complejos de manera clara y visual, recurriendo a la artificialización de los fenómenos para facilitar la comprensión de procesos que no pueden ser observados directamente en la naturaleza. Esto, además de enriquecer el contenido curricular, motiva a los estudiantes al hacer el aprendizaje más interactivo y relevante.

Referencias

- Borrás, G., Regueira, M. y Rouco, V. (2016). *Respiración en insectos*. Universidad de Vigo. https://www.researchgate.net/publication/301547273_Respiracion_en_insectos
- Giordan, A., Raichvarg, D., Drouin, J.-M., Gagliardi, R. y Canay, A. M. (1988). *Conceptos de biología tomo 1: La respiración. Los microbios. El ecosistema. La neurona*. (P. Mayoral Martínez y M. Crespo Veigas, Trads.). Editorial Labor.
- Lavoisier, A. L. y De Laplace, P. S. (1943). Memoria sobre el calor. *Chemia*, 13(90-91). Obra original publicada en 1864. http://hdl.handle.net/20.500.12110/chemia_v13_n090y091
- Lozano, J. D. (2005). *Entomología, morfología y fisiología de los insectos* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira]. <https://bfrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/0c9e1349-2296-4b82-b18c-477ed7d72bde/content>
- Nation, J. L. (2008). *Insect physiology and biochemistry*. CRC Press/Taylor & Francis. https://archive.org/details/insectphysiology0000nati_2ed
- Orozco, J., Valencia, S., Méndez, O., Jiménez, G. y Garzón, P. (2003). *Los problemas de conocimiento: una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/15605>
- Porras, M. F. (2007). Del carnaval al estereoscopio: Zeromastax (Orthoptera: Eumastacidae), un nuevo género de saltamontes payaso. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 70-73. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882007000100012&lng=en&lng=es
- Porras, M. F. (2011). Una vibrante y luminosa combinación de colores: nuevas especies de saltamontes payaso *Paramastax* (Orthoptera:

Eumastacidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 37(1), 140-144. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882011000100025&lng=en&tlng=es

Soto, A. G., Moreira, M. D. y Pallini, A. (2011). Análisis de la composición química de la cutícula de *Tetranychus evansi* Backer & Pritchard y de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 15(2), 171-190. <http://>

www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682011000200013&lng=en&tlng=es

Valencia, S., Méndez, O. y Jiménez, J. (s. f.). *La respiración: De soplo vital a problema de conocimiento* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional- Becal Paraguay].

Varón, A. (2000). *Saltamontes Eumastácidos* (Insecta: Orthoptera: Caelifera: Eumastacidae) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1(3) 261-266.