

# **El manejo y uso del microscopio en el curso de Ciencias Ambientales para estudiar *Drosophila melanogaster* y comprender los efectos del cambio climático en los ecosistemas**

## **Introducción**

La formación científica práctica es esencial para preparar a los estudiantes en la comprensión y solución de problemas ambientales, como lo es el calentamiento global. Actividades en la sala de clases, con el uso del microscopio, fomentan la curiosidad y la autonomía, sentando las bases para una investigación científica sólida (Harlen, 2014). Esto es crucial en un contexto donde la humanidad enfrenta desafíos ambientales críticos, ya que provee a las nuevas generaciones de las herramientas necesarias para analizar y mitigar los efectos del cambio climático (Bundchen et al., 2019).

Según establecieron Rosero-Toro et al. (2019), los microscopios han sido considerados uno de los mayores avances en el mundo de la ciencia. Esta herramienta ha transformado la investigación científica. El microscopio es mucho más que un simple instrumento de laboratorio; es una ventana hacia un mundo oculto a simple vista. Este nos permite adentrarnos a la microscopía y descubrir detalles que de otro modo serían inaccesibles. Esta capacidad de revelar lo invisible es fundamental para avanzar en la investigación científica. Desde su invención, el microscopio ha sido un instrumento indispensable para los científicos, permitiéndoles estudiar y comprender la estructura y función de organismos vivos y materiales a nivel microscópico.

A partir de los contenidos curriculares que se desarrollan en los distintos niveles educativos para las ciencias naturales, el uso del microscopio se convierte en un instrumento transversal que permite apoyar al docente en los procesos de enseñanza (Rosero-Toro et al., 2019). La experiencia práctica en el uso del equipo de laboratorio va dirigida a fomentar una enseñanza más activa, participativa e individualizada, donde se impulse el método científico y el espíritu crítico. De este

modo, se favorece que el estudiante desarrolle habilidades, aprenda técnicas elementales y se familiarice con el manejo de instrumentos y aparatos.

Se hace necesario mejorar la formación científica de los estudiantes a través de la realización de actividades prácticas. Bundchen et al. (2019) establecieron que en el espacio del laboratorio los estudiantes despiertan su curiosidad y se ven como protagonistas de su propio aprendizaje, buscan manejar de manera autónoma el microscopio y mantienen una comunicación dinámica con los profesores y compañeros. El uso del microscopio en la sala de clases ofrecerá una comprensión más profunda de los diversos temas. Los modelos simples y fáciles de usar son ideales para cautivar el interés de los estudiantes y sentar las bases en la investigación científica. Es importante que los estudiantes puedan adentrarse en el aspecto de la microscopía en la sala de clases y tener una aplicación práctica a los problemas ambientales que se están enfrentando.

El uso del microscopio en el salón de clases facilita una comprensión más profunda de temas científicos y ambientales, captando el interés de los estudiantes con modelos simples que fomentan la investigación. Este enfoque práctico también permite aplicar estos conocimientos a problemas ambientales actuales, como el calentamiento global. Este fenómeno, impulsado principalmente por las actividades humanas y las emisiones de gases de efecto invernadero, está provocando un aumento en la temperatura promedio del planeta, lo que subraya la necesidad de una educación científica sólida para comprender y enfrentar estos desafíos. Este es un problema que está afectando de una forma progresiva el equilibrio de los seres que rodean al ser humano, amenazando la vida del planeta de una forma radical. Los gases y sustancias producidas por el hombre continúan interviniendo en los cambios atmosféricos que actualmente están causando graves consecuencias para la estabilidad y desarrollo de las diferentes formas de vida. El cambio climático, considerado el problema ambiental más grave que enfrenta la humanidad, es resultado

del aumento de la temperatura global que provoca alteraciones rápidas y drásticas en el clima. En este contexto, la investigación biológica adquiere gran relevancia, y *Drosophila melanogaster*, conocida como la mosca de la fruta, se ha convertido en un organismo modelo esencial. Sus características, como un ciclo de vida corto y facilidad de mantenimiento en laboratorios, la hacen ideal para estudios que pueden ofrecer claves sobre cómo los seres vivos responden a cambios ambientales, proporcionando información valiosa para comprender los efectos del cambio climático en los ecosistemas (Pandey & Nichols, 2011). Su ciclo de vida es rápido, con una duración promedio de 10 a 14 días a 25°C, lo que permite a los investigadores observar varias generaciones en un corto período de tiempo (Markow & O'Grady, 2005). Este organismo es valioso en estudios de evolución, comportamiento y ecología debido a su diversidad genética y plasticidad fenotípica (Hoffmann, 2017).

*Drosophila melanogaster* sirve como un excelente organismo modelo para estudiar los efectos de la variación de la temperatura debido a su respuesta rápida y observable a los cambios ambientales. La investigación en este campo no solo amplía nuestra comprensión de la biología de esta especie, sino que también proporciona información valiosa sobre cómo los organismos pueden adaptarse a las condiciones cambiantes del clima.

El cambio en la temperatura ambiental puede influir significativamente en varios aspectos del desarrollo y la fisiología de *Drosophila melanogaster*. Según Hoffmann (2010), la exposición a temperaturas extremas puede afectar la viabilidad, el tiempo de desarrollo, la fecundidad y la longevidad de estas moscas. Un estudio realizado por Dillon et al. (2010) reveló que *Drosophila melanogaster* muestra una mayor tasa de desarrollo en temperaturas intermedias (25 – 28 °C), pero a medida que la temperatura aumenta por encima de este rango óptimo, se observa un descenso en la tasa de supervivencia y un aumento en las malformaciones durante el desarrollo. Estos

resultados sugieren que las variaciones climáticas pueden tener un impacto directo en la ecología y la evolución de sus poblaciones.

La investigación acción es un enfoque metodológico que permite abordar problemas educativos específicos mediante un proceso cíclico de planificación, acción, observación y reflexión. En el contexto educativo, resulta particularmente valiosa para mejorar prácticas pedagógicas y el aprendizaje de los estudiantes, ya que involucra a los docentes como investigadores activos en su propio entorno (Kemmis & McTaggart, 1988). En este caso, la investigación acción es especialmente relevante para abordar dos áreas críticas de conocimiento en estudiantes de secundaria: el dominio del uso y manejo del microscopio y la comprensión del calentamiento global. Ambas competencias son fundamentales en la educación científica, pero a menudo se observa una deficiencia en el dominio de estas habilidades entre los estudiantes.

El microscopio es una herramienta esencial en la enseñanza de las ciencias biológicas, ya que permite a los estudiantes observar estructuras que no son visibles a simple vista u organismos pequeños y sus estructuras, lo que enriquece la comprensión de conceptos fundamentales. Sin embargo, investigaciones muestran que los estudiantes a menudo carecen de habilidades técnicas para utilizar correctamente esta herramienta y comprender sus aplicaciones prácticas (Gürol, 2013). El limitado dominio del uso del microscopio no solo restringe el aprendizaje práctico, sino que también afecta negativamente el interés y la motivación de los estudiantes hacia la ciencia (Cachapuz et al., 2005).

Implementar un enfoque de investigación acción podría ser una herramienta efectiva para mejorar estas competencias. A través de este proceso los docentes pueden diseñar e implementar intervenciones pedagógicas, como actividades prácticas y guías de laboratorio, que fomenten el aprendizaje activo. Este tipo de enfoque pedagógico permite reflexionar sobre los resultados y

ajustar los métodos de enseñanza para abordar las dificultades observadas (McNiff & Whiterhead, 2002). Además de mejorar las habilidades técnicas de los estudiantes, también contribuye a su desarrollo en pensamiento crítico y habilidades científicas.

Por otro lado, la falta de comprensión sobre el calentamiento global entre los estudiantes de secundaria es preocupante, ya que esta problemática ambiental es uno de los desafíos más importantes que enfrenta la humanidad en la actualidad (IPCC, 2021). Mediante la investigación acción se puede desarrollar estrategias didácticas que integren experimentos prácticos y proyectos de investigación que aborden el calentamiento global de manera tangible y significativa. Esto permite que el docente se involucre en un proceso reflexivo y cíclico de mejora continua llevando a los estudiantes a un aprendizaje más profundo y significativo. Además, fortalece la capacidad de los estudiantes para desarrollar habilidades científicas críticas y un mayor compromiso con los problemas ambientales actuales.

### **Planteamiento del problema**

Los estudiantes de duodécimo grado del curso de Ciencias Ambientales de la escuela Dr. Juan J. Maunez Pimentel del municipio de Naguabo, no han tenido experiencia previa utilizando instrumentos de laboratorio, entre ellos los microscopios. Se hace necesario proporcionarles la oportunidad de desarrollar su formación científica promoviendo un aprendizaje significativo.

El Departamento de Educación ha implementado varias políticas relacionadas con la utilización de equipos científicos en las escuelas, incluyendo en manejo y uso del microscopio en las clases de ciencia. Estas políticas están orientadas a promover una educación práctica dirigida a la observación científica, permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades fundamentales en el análisis científico. Además, enfatiza la importancia de capacitar a los docentes en el uso adecuado

de estas herramientas para maximizar su potencial educativo en la sala de clases. Sin embargo, debido a los desafíos en la infraestructura y recursos, el acceso a este tipo de equipo puede ser limitado en algunas escuelas, lo cual está siendo abordado en los esfuerzos de modernización del sistema educativo, como parte del plan de descentralización y transformación educativa (DE, 2023).

La investigadora ha identificado la carencia de las destrezas en el uso y manejo del microscopio, y por ende, su bajo dominio en las ciencias ambientales. El uso del microscopio es importante en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes permitiendo que esta sea más efectiva. Esta situación acarrea unas consecuencias negativas, entre ellas: limitaciones y deficiencias en la formación científica de los estudiantes y la dificultad con el manejo del equipo como el microscopio. Diversos estudios han demostrado que los estudiantes de escuela superior a menudo presentan un bajo dominio en su uso y manejo, lo que impacta negativamente en su comprensión de conceptos científicos claves (Pérez & González, 2021). Esta falta de habilidad puede atribuirse a varios factores, entre los que se incluyen: la insuficiencia de equipos, la falta de capacitación por parte de los docentes y el escaso tiempo dedicado a la práctica en el salón de clases.

Según García y Rodríguez (2020), muchos estudiantes muestran dificultades para realizar tareas básicas con el microscopio, como el ajuste del enfoque y la preparación de muestras. Esta deficiencia puede deberse a que la instrucción teórica no siempre se complementa con experiencias prácticas adecuadas. Además, estudios previos señalan que, a pesar de que los programas educativos incluyen el uso de microscopios, la falta de recursos en algunas instituciones limita la frecuencia con la que los estudiantes pueden familiarizarse con esta herramienta (López, et. al., 2019).

Por otro lado, Sánchez y Martínez (2022) destacan que el bajo nivel de dominio en el uso del microscopio también está relacionado con la poca motivación y la falta de interés en las ciencias. Esto sugiere que la implementación de metodologías más activas y participativas en las clases de ciencias podría mejorar significativamente las habilidades prácticas de los estudiantes. Es una realidad afirmar que entre el estudiantado se ha extendido una imagen negativa de las ciencias como una disciplina poco interesante, aburrida, complicada y alejada de la vida cotidiana. Esta tendencia quizás se deba a que la ciencia escolar no se adapta a las demandas del estudiantado (Golleiro, 2019). Así pues, la dificultad general se relaciona no solo con la falta de desarrollo de competencias científicas por parte del estudiante, sino también con la falta de actitudes científicas. Es evidente que el dominio del microscopio entre los estudiantes de escuela superior es un área que requiere atención y mejoras tanto en la dotación de recursos como en las estrategias pedagógicas empleadas. Fortalecer estas competencias es esencial para preparar a los estudiantes para estudios avanzados y fomentar una cultura científica en la educación secundaria.

En cuanto al cambio climático, el gobierno ha adoptado medidas educativas y legislativas que promueven la concienciación sobre el calentamiento global y sus impactos. La Ley 152-2019, conocida como la “Ley del día de la Educación sobre Cambio Climático en Puerto Rico”, establece el 24 de octubre como un día dedicado a educar sobre los efectos del cambio climático y promover medidas de mitigación y adaptación. Esta ley busca empoderar a las comunidades con conocimientos que les permitan ser más resilientes ante todos los fenómenos climáticos (OGP, 2024). La Ley 33-2019 de Mitigación, Adaptación y Resiliencia al Cambio Climático de Puerto Rico establece estrategias para reducir el impacto de este fenómeno en la infraestructura, el medio ambiente y la salud pública. Estas políticas buscan integrar la educación ambiental dentro del

currículo escolar, con el fin de que los estudiantes desarrollen una conciencia crítica sobre la sostenibilidad y las acciones necesarias para proteger su entorno (DRNA, 2020).

Aunque el calentamiento global es uno de los desafíos ambientales más apremiantes de nuestro tiempo, pero muchos estudiantes de secundaria no comprenden completamente su gravedad ni las causas que lo provocan. Diversos estudios han evidenciado que el nivel de conocimiento sobre el calentamiento global entre los adolescentes es preocupantemente bajo. Según Díaz y Martínez (2021), “un alto porcentaje de los estudiantes encuestados en secundaria mostró un conocimiento limitado sobre conceptos fundamentales relacionado con el cambio climático, incluyendo sus causas y efectos”. Esta falta de comprensión puede deberse a una serie de factores, como la falta de integración de temas ambientales en los currículos escolares y la escasez de recursos educativos actualizados.

Además, García y López (2020) indicaron que la mayoría de los estudiantes no identifican correctamente las actividades humanas que contribuyen al calentamiento global, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación. Su estudio reveló que sólo el 30% de los estudiantes encuestados pudo identificar correctamente al menos dos fuentes principales de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta brecha de conocimiento limita la capacidad de los jóvenes para participar en discusiones informadas y tomar decisiones sostenibles.

Es importante señalar que la percepción errónea de los estudiantes sobre el calentamiento global también puede estar influenciada por la desinformación que circula en redes sociales y medios de comunicación (Pérez & González, 2022). Según estos autores, la exposición a noticias falsas y contenido engañoso sobre el cambio climático ha contribuido a la confusión entre los jóvenes respecto a la veracidad de la crisis climática. Esto subraya la necesidad de un enfoque



educativo más sólido y basado en evidencia que aborde tanto la ciencia del clima como el pensamiento crítico.

Para cerrar esta brecha de conocimiento, diversos investigadores sugieren implementar programas educativos que integren la educación ambiental de manera transversal en el currículo escolar. Según Muñoz (2019), la inclusión de las actividades prácticas y proyectos de aprendizaje sobre el cambio climático puede mejorar significativamente la comprensión de los estudiantes sobre este tema crítico. Esto no solo incrementaría el conocimiento científico de los estudiantes, sino que también los empoderaría para convertirse en agentes de cambio en sus comunidades.

### **Dificultades específicas**

Según estableció García de la Fuente (2022), los estudiantes de secundaria no tienen claro los conceptos claros sobre cambio climático. Estos tienen un conocimiento muy superficial y confunden problemas ambientales, como el efecto de invernadero y la degradación de la capa de ozono, con el cambio climático. Esto se traduce en que no perciben una preocupación ni riesgo real sobre su vida diaria, a lo que se añade que tampoco se atribuyen responsabilidades sobre sus causas ni sus particulares modos de comportarse. El cambio climático lo ven como un problema, pero ajeno a ellos, no lo perciben como algo que afecte a su vida.

Los microscopios, que a menudo se pasan por alto como instrumento educativo, son importantes para dar forma a la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en los diferentes niveles educativos. Se puede establecer que los estudiantes tienen poco dominio del uso y manejo aplicado al microscopio; no se demuestra dominio en la utilización y el manejo del mismo. Riley (2003) señaló que, aunque el estudio de los microscopios se les ha enseñado en sus cursos introductorios de las materias científicas, frecuentemente los estudiantes no aprenden como utilizarlos y cuidarlos adecuadamente. En resumen, las dificultades se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1: Descripción de las dificultades

| Asuntos específicos                                                           | Descripción                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Poco dominio del uso y manejo aplicado del microscopio                        | No se demuestra dominio en la utilización del microscopio: partes y sus funciones, traslado, ajuste de objetivos y enfoque del espécimen u objeto a observarse. |
| No se comprenden los aspectos que implican el efecto del calentamiento global | No se distinguen causas y efectos de la interacción humana en el medio ambiente y cómo el calentamiento global afecta las especies.                             |

Se hace necesario señalar que hay destrezas de manejo del microscopio que no se dominan, lo que retrasa el avance en el aprendizaje en torno a la investigación científica. Se realizarán experiencias y actividades educativas pertinentes para el estudio del microscopio aplicados al efecto del calentamiento global en la especie de *Drosophila melanogaster*.

### Propósitos

En esta investigación en acción se desea:

- indagar en torno al dominio de las destrezas del uso y manejo del microscopio, aplicado al efecto del calentamiento global al ambiente, de los estudiantes de duodécimo grado en el curso de Ciencias Ambientales;
- implementar un plan para acción con énfasis en recursos diversos para promover un aprendizaje significativo sobre los efectos del calentamiento global en las especies como la *Drosophila melanogaster*, desde una perspectiva alternativa; y medir el cambio en torno al dominio de las destrezas de los estudiantes del 12<sup>mo</sup> grado en el uso y manejo del microscopio, al estudiar los efectos del calentamiento global en las especies como *Drosophila melanogaster*, antes y después de la implementación del plan para acción.

## **Preguntas de investigación**

A partir de los propósitos se establecieron las siguientes preguntas de investigación. Con estas se propició la recopilación de datos respecto a la acción para tratar de minimizar las dificultades específicas que se identificaron como parte del problema de investigación. Las preguntas son las siguientes:

1. ¿Qué nivel de dominio de las destrezas del uso y manejo del microscopio, aplicado al efecto del calentamiento global al ambiente, tienen los estudiantes de duodécimo grado en el curso de Ciencias Ambientales?
2. ¿Cómo debe implementarse un plan para acción con énfasis en recursos diversos para promover un aprendizaje significativo en relación con el efecto del calentamiento global en las especies como *Drosophila melanogaster*, desde una perspectiva alternativa?
3. ¿Cómo cambia el dominio de las destrezas de los estudiantes del 12mo grado del uso y manejo del microscopio, al estudiar los efectos del calentamiento global en las especies como *Drosophila melanogaster*, antes y después de la implementación del plan para acción?

## **Marco teórico**

La enseñanza de los cursos de ciencia en la escuela superior debe ir más allá de la transmisión de conceptos teóricos, orientándose hacia un enfoque en el que el estudiante construya activamente su conocimiento. Según la teoría del aprendizaje constructivista, el conocimiento no se recibe pasivamente, sino que se construye a partir de la interacción entre las ideas previas del alumno y las nuevas experiencias (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978). El aprendizaje en ciencias se potencia mediante metodologías activas que vinculan la teoría con la práctica. Uno de los enfoques más efectivos en la enseñanza de las ciencias naturales es el aprendizaje basado en la indagación,

donde el estudiante no solo recibe información, sino que construye conocimiento a partir de la experimentación, observación y análisis (Bybee, 2014).

Por otro lado, el aprendizaje activo es una metodología que promueve la participación del estudiante en actividades prácticas y cognitivamente exigentes, y ha demostrado ser eficaz en la enseñanza de las ciencias (Prince, 2004). Al involucrarse en tareas como la manipulación de instrumentos científicos y la observación de los efectos ambientales sobre un organismo modelo, los estudiantes no solo adquieren conocimientos, sino que desarrollan habilidades de pensamiento crítico, análisis de datos y solución de problemas. Estas experiencias permiten a los estudiantes construir su comprensión científica de forma contextualizada, promoviendo un aprendizaje significativo alineado con los principios del constructivismo (Ausubel, 2002).

### **Método**

En esta investigación en acción se utilizó el método cuantitativo para guiar la implementación de la acción y la recopilación de datos. La investigación con métodos cuantitativos, según Hernández et al. (2014), “se fundamenta en la medición (se miden las variables o conceptos contenidos en las hipótesis). Esta recopilación se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica” (p. 5). Estos autores enfatizaron que, si los datos son producto de mediciones, se representan mediante cifras y se analizan con métodos estadísticos.

Según Creswell (2014), el método cuantitativo se enfoca en la recopilación y análisis de datos numéricos para identificar patrones, establecer correlaciones y formular conclusiones objetivas sobre un fenómeno social o educativo. Se emplea para evaluar el impacto de una intervención específica, facilitando la toma de decisiones en evidencia empírica. En efecto, mediante la utilización de éste se espera demostrar el cambio en el uso y manejo aplicado del

microscopio y que se mejore significativamente la comprensión de los efectos de las interacciones humanas en el medio ambiente y cómo el calentamiento global tiene un efecto en las especies como *Drosophila melanogaster*.

### **Diseño**

El diseño de investigación en acción se seleccionó porque permite indagar acerca de las dificultades específicas identificadas en los estudiantes de duodécimo grado. Este enfoque se basa en la idea de que la forma de mejorar las prácticas educativas es que los propios docentes identifiquen problemas en la sala de clases, diseñen soluciones, implementen acciones y evalúen sus resultados de forma continua. Se eligió el diseño de investigación en acción porque busca mejorar la práctica educativa de manera reflexiva, participativa y adaptable. Autores como Kemmis & McTaggart (2000) y McNiff (2013) coincidieron en que este enfoque reflexivo y participativo es una herramienta poderosa para mejorar la práctica educativa. A través de la investigación para la acción, los docentes se convierten en investigadores de su propia práctica, promoviendo una mejora continua en la enseñanza y, por ende, en los resultados de aprendizaje de los estudiantes.

### **Modelo de investigación en acción**

Para implementar la investigación para la acción se siguió el modelo de John Elliot (2010). En este modelo se centra en un enfoque práctico y reflexivo para mejorar la práctica educativa. Promueve la idea que los profesores, en su papel de investigadores, pueden transformar sus entornos educativos al identificar problemas en sus prácticas, diseñar e implementar estrategias para abordarlos, y reflexionar sobre los resultados para generar conocimiento que mejore sus acciones futuras. Se eligió este modelo de investigación en acción porque establece un proceso sistemático que busca mejorar la práctica educativa mediante una serie de ciclos recurrentes

(Elliot, 2010). Las etapas del modelo son las siguientes: (1) identificación del problema y formulación de preguntas de investigación; (2) diseño del plan de acción; (3) implementación del plan de acción; (4) recopilación de datos; (5) análisis y reflexión de los resultados; y (6) reformulación y ajuste del plan de acción.

La primera etapa implicó la identificación de un problema o área a mejorar en el contexto educativo. Se identificó la carencia de las destrezas del uso del microscopio aplicadas en las ciencias ambientales; considerando que ese aspecto necesita ser modificado. En la segunda etapa que es el diseño del plan de acción, se desarrolló un plan detallado para abordar el problema que se ha identificado. En el mismo se establecieron las estrategias y métodos que se implementaron para mejorar la práctica educativa. Luego del diseño del plan se procedió con la tercera etapa que es la implementación del plan de acción. Esta fase se centró en la aplicación práctica de las estrategias diseñadas. Durante la implementación se recopilaron datos para evaluar la eficacia de las acciones implementadas, que constituye la cuarta etapa. Una vez se recopilaron los datos, se realizó un análisis para evaluar el impacto de las acciones. Esta quinta etapa incluyó una reflexión crítica sobre los resultados obtenidos y su relevancia para la práctica educativa. Con base en los hallazgos y reflexiones de la etapa anterior, se pudo ajustar y modificar el plan de acción para un nuevo ciclo de investigación. Este proceso permitió que la investigación acción fuera un enfoque continuo permitiendo mejorar la práctica educativa. Finalmente, se compartieron los hallazgos con la comunidad educativa para contribuir al conocimiento colectivo y fomentar una cultura de mejoramiento continuo. Esta séptima etapa es la de difusión de resultados que incluyó la publicación de informes, presentaciones en conferencias y la colaboración con otros educadores. Este modelo proporcionó un enfoque sistemático para un mejoramiento continuo.

## **Participantes**

Para seleccionar los participantes de esta investigación se utilizó un muestreo de conveniencia. Acorde con Etikan, et al. (2016), el muestreo por conveniencia se utiliza cuando se seleccionan sujetos que están fácilmente disponibles y accesibles. Por su parte, Etikan, et al. (2016) afirmaron que este muestreo es útil porque no requiere procedimientos complejos de selección. Se seleccionaron 38 estudiantes de duodécimo grado, matriculados en el curso de Ciencias Ambientales.

Hay que destacar que, para efectos de cumplir con los aspectos éticos se solicitó permiso a sus padres para que consientan la participación de sus hijos. Asimismo, se solicitó a los estudiantes su asentimiento. Esto se realizó como parte de los requisitos para la protección de los seres humanos en la investigación.

## **Plan para acción**

Las dificultades en el manejo de herramientas científicas, como el microscopio, y el desconocimiento de conceptos claves, como el impacto del calentamiento global, limitaban significativamente el aprendizaje de los estudiantes. Estos no dominaban el uso del microscopio y tenían un conocimiento limitado sobre el calentamiento global. Se diseñaron unas actividades prácticas que fueron realizadas por los estudiantes donde se dirigió la estrategia pedagógica a fortalecer esas deficiencias. Se utilizaron recursos didácticos y la pantalla interactiva para presentar las diferentes imágenes relacionadas con el microscopio y el organismo de estudio. Se proyectaron presentaciones relacionadas con los efectos del calentamiento global al medio ambiente. El maestro fue la persona encargada de dirigir la acción.

Luego de haber identificado el problema y las dificultades, se procedió a administrar una pre y posprueba y realizar las actividades con los estudiantes. Estas fueron: (1) el microscopio y

sus partes; (2) aprendiendo de la mosca *Drosophila melanogaster* utilizando el microscopio; (3) etapas del ciclo de vida de *Drosophila melanogaster*; y (4) aprendiendo sobre la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* con el uso del microscopio y cómo se entrelaza al calentamiento global. Estos diseños fueron revisados por expertos en la materia quienes lideran el proyecto. En la Tabla 2, se presenta la estructura del plan para la acción.



**Tabla 2.** Estructura del plan para acción

| Dificultades                      | Contexto       | Sujetos implicados       | Acción específica                                                                                              | Recursos/ materiales                                                                             | Persona encargada | Instrumento o técnica    | Análisis                                                    | Resultados o hallazgos esperados                                  |
|-----------------------------------|----------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| No dominan el uso del microscopio | Sala de clases | Estudiantes de 12° grado | Enseñanza alterna: imagen del microscopio, ejemplificación                                                     | Recursos didácticos y pantalla interactiva                                                       | Maestro           | Prueba corta (pre y pos) | Estadística descriptiva y Prueba t para muestra relacionada | Comprensión de las partes, función y uso correcto del microscopio |
|                                   |                |                          | Actividad #1<br>Tarea de desempeño para identificar las partes del microscopio y sus funciones                 | Guía para la tarea; materiales específicos para utilizar el microscopio                          | Maestro           | Hojas para trabajo       | Análisis de contenido y estadística descriptiva             | Distinción entre las partes del microscopio                       |
|                                   |                |                          | Actividad #2<br>Tarea de desempeño para identificar las partes de la mosca<br><i>Drosophila melanogaster</i>   | Guía para la tarea; materiales específicos para identificar las partes de la mosca               |                   |                          |                                                             | Distinción entre las partes de la mosca                           |
|                                   |                |                          | Actividad #3<br>Tarea de desempeño para conocer las etapas del ciclo de vida de <i>Drosophila melanogaster</i> | Guía para la tarea; materiales específicos para conocer las etapas del ciclo de vida de la mosca |                   |                          |                                                             | Distinción entre las etapas del ciclo de vida de la mosca         |

|                                                              |                |                          |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                           |         |                              |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Poco dominio del efecto del calentamiento global al ambiente | Sala de clases | Estudiantes de 12° grado | <p>Enseñanza alterna: documentos explicativos, ejemplificación</p> <p>Actividad #4<br/>Tarea de desempeño para aprender sobre la mosca en la aplicación del efecto que causa el calentamiento global</p> | Presentación en power point y ejemplos diversos sobre los efectos el calentamiento global | Maestro | Preguntas de respuesta breve | Análisis de contenido y estadística descriptiva | <p>Corrección en el uso de los conceptos</p> <p>Realización correcta y completa de la observación</p> <p>Argumentación acerca de la experiencia de aprendizaje mediante las actividades del plan para acción y cómo está entrelazado con el calentamiento global</p> |
|--------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Explicación de la acción

Las tareas de desempeño que fueron diseñadas iban dirigidas a que los estudiantes pudieran utilizar instrumentos y tecnología adecuada en una investigación científica, con el fin de mejorar sus destrezas. Se trabajó por estaciones donde se colocaron los materiales a ser utilizados y cada miembro del grupo tuvo participación activa en la discusión de la actividad. La actividad #1 sobre el microscopio y sus partes, fue encaminada a que los estudiantes pudieran conocer acerca del microscopio, sus partes, funciones y manejo. Tenía como objetivo el identificar las partes, el funcionamiento y el manejar y cuidar adecuadamente el microscopio. Después de la intervención en la que se utilizó el diagrama del microscopio, se pudo recopilar información sobre cómo los estudiantes son capaces de identificar y describir las partes y funciones del microscopio. Además de evaluar si los estudiantes pudieron aplicar correctamente lo aprendido durante una actividad práctica, como el uso del microscopio en experimentos científicos. Durante la implementación del plan, se pudo identificar dificultades en los estudiantes permitiendo ajustar la enseñanza en tiempo real.

En la actividad # 2 se introdujo como el organismo de estudio a la *Drosophila melanogaster* donde los estudiantes conocieron las etapas del ciclo de vida. En el proceso se completó un diagrama del ciclo de vida de la mosca y se establecieron las características específicas de cada etapa. Se utilizó el microscopio digital para observar y fotografiar los *vials* que contenían los especímenes preservados en las diferentes etapas y así pudieron identificarla resaltando las características que la distinguen. La observación y el análisis de los especímenes preservados permitió a los estudiantes experimentar de manera práctica el proceso científico, lo que pudo mejorar su percepción de la ciencia como una disciplina activa y experimental.

A través de la actividad #3 los estudiantes reconocieron las partes principales y la descripción del organismo de estudio utilizando un diagrama. Además se pudieron identificar partes del cuerpo a través de los especímenes preservados que observaron por el microscopio. Esto nos permitió recopilar datos sobre la habilidad de los estudiantes para correlacionar las partes del cuerpo con sus funciones específicas.

La actividad #4 fue dirigida a aprender de *Drosophila melanogaster* como organismo de estudio en la aplicación del efecto que causa el calentamiento global al medio ambiente. Observaron por el microscopio especímenes preservados de la mosca para establecer las características que diferencian al macho de la hembra. Se estableció una discusión sobre cómo el calentamiento global puede afectar este organismo. Esta especie tiene una temperatura óptima para su desarrollo, y cambios en la temperatura pueden acelerar o retrasar su ciclo de vida, lo que influiría en las tasas de reproducción, supervivencia de las larvas y la aparición de adultos. Al estudiar estos efectos, no solo se avanzó en el conocimiento científico sobre la biología de esta especie, sino que también se pudieron aplicar acciones educativas y experimentales en la sala de clases para fomentar la reflexión sobre los impactos ambientales.

A través de la ejecución por parte de los estudiantes de las actividades diseñadas se logró que se familiarizaran con el uso del microscopio, mejoraran su formación científica, perfeccionaran sus destrezas de investigación y que pudieran aplicarlas en distintos entornos y adquiriendo un mayor conocimiento sobre el calentamiento global y su efecto en el medio ambiente.

**Tabla 3.** *Explicación de la acción*

| <b>Actividades para la acción</b>                                    | <b>Explicación de la actividad</b>                                                                                                                                              | <b>Uso de los recursos</b>                                                                                                                                                                                              | <b>Tiempo de la intervención</b> | <b>Instrumentos, técnicas o guías</b> | <b>Momento de la recopilación</b> | <b>Tipo de información</b>                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Actividad #1<br>El microscopio y sus partes                          | Realizar explicaciones acerca del microscopio, sus partes, funciones y manejo.<br><br>Se utilizará una explicación alterna por medio de una presentación en power point.        | Uso de visuales, diagrama del microscopio y explicación guiada usando el microscopio.<br>- lupa<br>- microscopio (compuesto, de disección, digital)<br><br>El estudiante verá las imágenes a través de la presentación. | 2 secciones de clases            | Hoja para trabajo #1                  | Durante la actividad #1           | Descripción, aplicación y manejo del microscopio<br><br>Conocimiento de las partes del microscopio y manejo |
| Actividad #2<br>La mosca <i>Drosophila melanogaster</i> y sus partes | Reconocer las partes principales de la mosca <i>Drosophila melanogaster</i> y su descripción.<br><br>Se utilizará una explicación alterna por medio de un diagrama de la mosca. | Uso de una imagen de la mosca para la identificación y explicación guiada de sus partes y la descripción.<br><br>El estudiante verá la imagen a través de la pantalla de proyección.                                    | 3 secciones de clases            | Hoja para trabajo #2                  | Durante la actividad #2           | Conocimiento correcto de las partes principales de la mosca y su descripción                                |

| Actividades para la acción                                                 | Explicación de la actividad                                                                                                   | Uso de los recursos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tiempo de la intervención | Instrumentos, técnicas o guías | Momento de la recopilación | Tipo de información                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                                                            | Se estudiarán las partes principales de la mosca utilizando instrumentos de investigación.                                    | <p>Uso de especímenes de la mosca preservados para realizar las observaciones con lupa y microscopios para identificar las partes principales de la mosca.</p> <p>Comparar el diagrama con lo observado con las lupas y el microscopio.</p> <p>Uso de una imagen para conocer las etapas del ciclo de vida de la mosca y su descripción.</p> |                           |                                |                            |                                                                      |
| Actividad #3<br>Etapas del ciclo de vida de <i>Drosophila melanogaster</i> | Conocer las etapas del ciclo de vida de la mosca <i>Drosophila melanogaster</i> como organismo de estudio donde se refleja el | <p>Identificar las partes principales en un diagrama</p> <p>Uso de especímenes preservados de la mosca para</p>                                                                                                                                                                                                                              | 4 secciones de clases     | Hoja para trabajo #3           | Durante la actividad #3    | Conocimiento de las etapas principales del ciclo de vida de la mosca |

| Actividades para la acción                                                                             | Explicación de la actividad                                                                                                                                                                                    | Uso de los recursos                                                                                                                                                                | Tiempo de la intervención | Instrumentos, técnicas o guías | Momento de la recopilación | Tipo de información                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Actividad #4<br>Aprendiendo de la mosca<br><i>Drosophila melanogaster</i><br>utilizando el microscopio | impacto del calentamiento global.                                                                                                                                                                              | realizar las observaciones utilizando la lupa y el microscopio para determinar las características que permiten diferenciar entre las cuatro etapas principales del ciclo de vida. | 3 secciones de clases     | Hoja para trabajo #4           | Durante la actividad #4    | Conocimiento del impacto del calentamiento global en el organismo de estudio, la mosca <i>Drosophila melanogaster</i> |
|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                | Utilizando el microscopio digital, tomar imágenes de las diferentes etapas del ciclo de vida de la mosca.                                                                          |                           |                                |                            |                                                                                                                       |
|                                                                                                        | Se utilizará el organismo de la mosca de la fruta <i>Drosophila melanogaster</i> en la aplicación del efecto que causa el calentamiento global.<br><br>El estudiante conocerá el organismo de estudio aplicado | Conocer el organismo de estudio y analizar los efectos del calentamiento global en su ciclo vida.                                                                                  |                           |                                |                            |                                                                                                                       |

| Actividades para la acción | Explicación de la actividad                                                                                                                                                                                                                 | Uso de los recursos | Tiempo de la intervención | Instrumentos, técnicas o guías | Momento de la recopilación | Tipo de información |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------|
|                            | <p>al efecto del calentamiento global.</p> <p>Se utilizará una explicación alterna por medio de una presentación en power point sobre el efecto del calentamiento global en el organismo de estudio, la <i>Drosophila melanogaster</i>.</p> |                     |                           |                                |                            |                     |



### **Recopilación de datos**

En esta investigación acción se empleó la observación directa para poder captar comportamientos y documentar los ajustes en las estrategias implementadas. Para evaluar el impacto de las estrategias a ser implantadas, se administró una pre y posprueba con el fin de comparar las puntuaciones antes y después de la implementación del plan para la acción. Se utilizaron actividades prácticas que permitieron evaluar el conocimiento adquirido. Cada actividad fue calificada asignando puntuaciones numéricas las cuales fueron analizadas para determinar la efectividad de las estrategias implementadas. Se recopilaron datos cuantitativos a partir de las calificaciones obtenidas en las actividades.

### **Indagación para la acción: pre posmedición**

Se diseñó una pre y posprueba para medir los cambios en el conocimiento de los estudiantes antes y después de la intervención. La preprueba es una evaluación inicial que sirvió para identificar las fortalezas y debilidades de los estudiantes antes de comenzar el proceso de enseñanza aprendizaje. Por otro lado, la posprueba se administró al final de la intervención pedagógica para medir el aprendizaje y las posibles modificaciones en las competencias de los estudiantes, como resultado de la intervención educativa.

### ***Instrumento: cuestionario/prueba de aprovechamiento***

Martínez & Gómez (2021), señalaron que en una investigación acción, su implementación puede ayudar a los docentes a identificar brechas en el conocimiento de los estudiantes y diseñar intervenciones pedagógicas más efectivas. Se ha diseñado una pre y posprueba que está compuesta por un conjunto de ítems que exploran diferentes aspectos que están contenidos en las actividades diseñadas. Los elementos del instrumento están organizados en varias partes que permiten evaluar el progreso de los estudiantes y mejorar las estrategias de enseñanza. Al proporcionar una medición

objetiva del conocimiento y las actitudes de los estudiantes antes y después de la intervención educativa, este tipo de evaluación contribuye significativamente a la mejora continua de la práctica pedagógica en la sala de clases.

Las partes de la pre y posprueba incluyen: (1) Las partes del microscopio y su función; (2) Las etapas del ciclo de vida de la mosca *Drosophila melanogaster* y su descripción; (3) Las partes de la mosca *Drosophila melanogaster*; y (4) Aspectos relacionados con el calentamiento global. Los resultados de la pre y posprueba se analizaron comparando el desempeño de los estudiantes en ambas pruebas. Las diferencias significativas entre los resultados pueden indicar el impacto de la intervención pedagógica en el aprendizaje y permite el realizar futuras modificaciones en la enseñanza.

#### Planilla de especificaciones: Pre y pos prueba

| Sección            | Objetivos de aprendizaje                                                               | Indicador  | Nivel de Bloom | Número de preguntas | Porcentaje (%) |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|---------------------|----------------|
| Selección múltiple | Reconocer las partes del microscopio y sus funciones,                                  | ES.A.IT1.5 | Aplicar        | 5                   | 20%            |
| Pareo              | Reconocer las etapas del ciclo de la vida de la mosca con su descripción.              | ES.A.IT2.7 | Comprender     | 4                   | 17%            |
| Selección múltiple | Reconocer las partes del ciclo de vida de la mosca.                                    | ES.A.IT1.5 | Analizar       | 4                   | 17%            |
| Identifica         | Identificar las partes de la mosca.                                                    | ES.A.IT2.7 | Recordar       | 6                   | 25%            |
| Cierto y Falso     | Seleccionar si el planteamiento relacionado al calentamiento global es cierto o falso. | ES.A3.15   | Comprender     | 5                   | 21%            |

## Análisis de los datos

Para analizar los datos cuantitativos se utilizaron estadísticas descriptivas. Mediante estas se resumen y organizan datos, con el fin de facilitar análisis específicos posteriores y determinar el cumplimiento de supuestos estadísticos (McMillan, 2016). Para este fin, se utilizaron las medidas de tendencia central, con las que se observó cómo los datos se organizan en torno al centro de la distribución. Luego, realizaron las medidas de variabilidad para observar cómo de distribuyen los datos respecto al centro.

Para realizar inferencias en torno al cambio en aprendizaje (dominio de destrezas; actitud) se utilizaron la prueba no paramétrica de Wilcoxon. Esta se utiliza para tomar decisiones acerca del centro de una variable, cuando no se cumple con el supuesto de normalidad (Pardo & San Martín, 2010). Según estos autores, con esta prueba se comparan las medianas de dos variables numéricas dependientes o relacionadas. En efecto, se verifica estadísticamente si hay diferencia entre el centro de cada variable.

## Análisis estadísticos de resultados:

Tabla 1. Estadísticas descriptivas

| Descriptive Statistics |           |           |           |           |       |           |           |           |       |           |       |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|
|                        | N         | Minimum   | Maximum   | Mean      | Std.  | Std.      | Variance  | Skewness  | Std.  | Kurtosis  | Std.  |
|                        | Statistic | Statistic | Statistic | Statistic | Error | Statistic | Statistic | Statistic | Error | Statistic | Error |
| PRE                    | 37        | 9         | 22        | 14.68     | .517  | 3.145     | 9.892     | .130      | .388  | -.260     | .759  |
| POS                    | 37        | 13        | 24        | 20.43     | .467  | 2.844     | 8.086     | -.803     | .388  | .023      | .759  |
| Valid<br>N             | 37        |           |           |           |       |           |           |           |       |           |       |

Se administraron una preprueba y una posprueba a un total de 38 estudiantes. Sin embargo, debido a un error en una de las respuestas de la posprueba, no fue posible inferir la intención de

esa respuesta, por lo que se invalidó y se trabajó con una muestra válida de 37 estudiantes. En cuanto a las estadísticas descriptivas, la puntuación mínima obtenida en la preprueba fue de 9, mientras que en la posprueba fue de 13. La puntuación máxima en la preprueba fue de 22 y en la posprueba fue de 24. El promedio (media) de la preprueba fue de 14.68, y en la posprueba aumentó a 20.43, lo cual sugiere una mejora en el desempeño de los estudiantes luego de la intervención. La desviación estándar fue de 3.145 para la preprueba y de 2.844 para la posprueba, indicando que las puntuaciones estuvieron un poco más concentradas alrededor del promedio en la segunda medición. El error estándar de la media también fue ligeramente menor en la posprueba (0.467) que en la preprueba (0.517), lo que refuerza la precisión de los promedios reportados. En cuanto a la forma de la distribución, la preprueba presentó una leve asimetría positiva (0.130) y una curtosis negativa (-0.260), mientras que la posprueba mostró una asimetría moderadamente negativa (-0.803) y una curtosis cercana a la normalidad (0.023), lo que indica que más estudiantes lograron puntuaciones altas tras la intervención.

Tabla 2. Pruebas de normalidad

|     | <b>Tests of Normality</b>       |    |       |              |    |      |
|-----|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|     | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|     | Statistic                       | Df | Sig.  | Statistic    | Df | Sig. |
| PRE | .109                            | 37 | .200* | .968         | 37 | .348 |
| POS | .142                            | 37 | .056  | .923         | 37 | .014 |

\*This is a lower bound of the true significance.

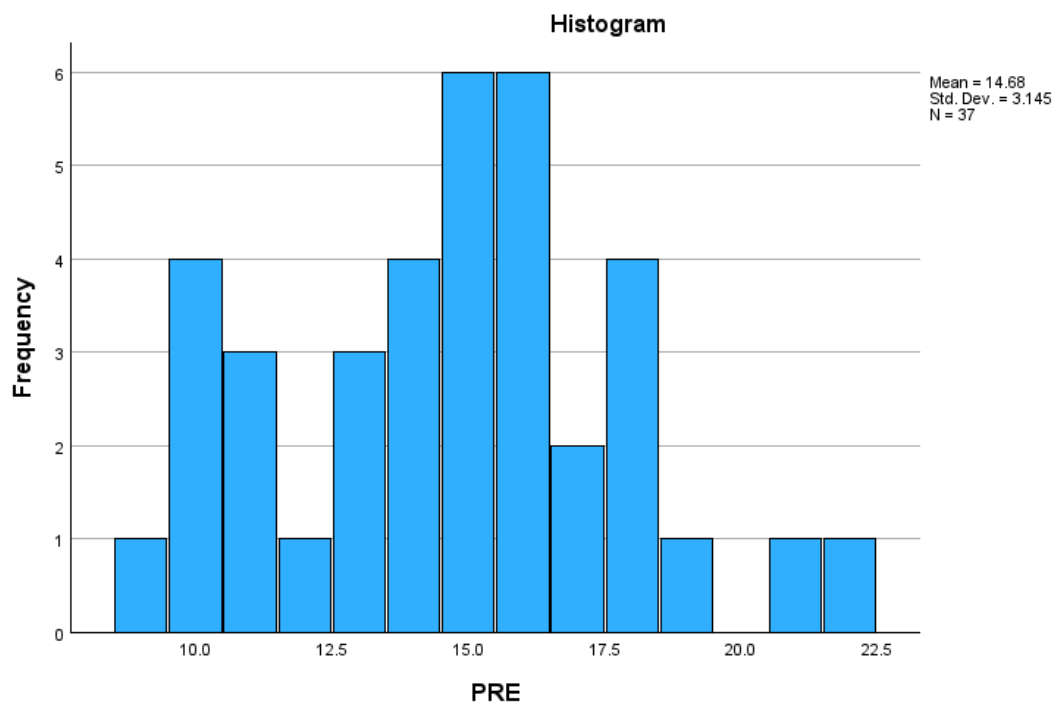
<sup>a</sup> Lilliefors Significance Correction

Dado que la muestra válida fue menor de 50 estudiantes, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de las distribuciones. En la preprueba, la estadística fue de 0.968 con 37 grados de libertad (gl) y un valor de significancia de  $p = .348$ , lo que indica que los datos siguen una distribución aproximadamente normal. En la posprueba, la estadística fue de 0.923 con 37 gl y  $p = .014$ , por lo que se concluye que los datos no siguen una distribución normal. Esto debe

tenerse en cuenta al seleccionar las pruebas estadísticas para comparar los resultados antes y después de la intervención.

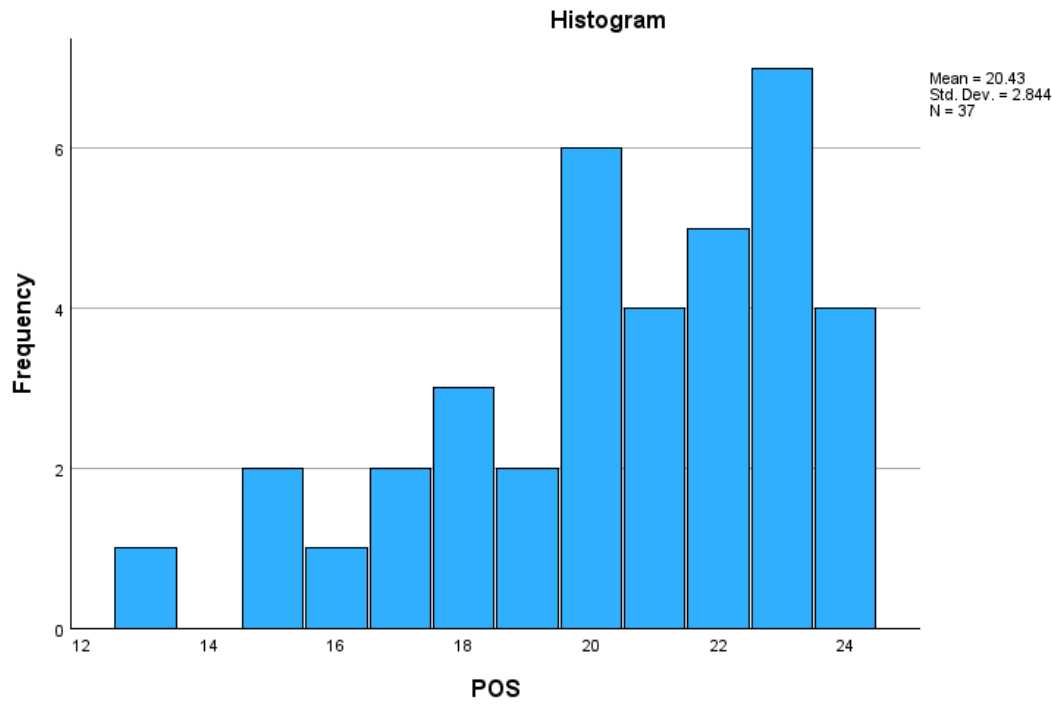
Los gráficos muestran la distribución de puntuaciones obtenidas por 37 participantes en una preprueba y una posprueba.

**Gráfica 1.** Histograma para la preprueba (eje de x son las puntuaciones y el eje de y es la frecuencia de esas puntuaciones)



En la Gráfica 1, correspondiente a la preprueba, la media fue de 14.68 con una desviación estándar de 3.145. Las puntuaciones estuvieron más concentradas entre 14 y 16 puntos.

Gráfica 2. Histograma para la posprueba (eje de x son las puntuaciones y el eje de y es la frecuencia de esas puntuaciones)



En la Gráfica 2, correspondiente a la posprueba, se observa un aumento en la media, alcanzando 20.43, con una desviación estándar de 2.844. Las puntuaciones se desplazaron hacia la derecha, indicando una mejora en el desempeño tras la intervención. Esto sugiere que los participantes lograron mejores resultados en la posprueba en comparación con la preprueba.

### Análisis

Para el análisis inferencial se consideró que, dado que la preprueba y la posprueba muestran comportamientos distintos respecto a la normalidad, no se cumple el supuesto de normalidad necesario para aplicar pruebas paramétricas relacionadas. Por ello, se optó por la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas, la cual es adecuada en este caso porque: a) no requiere que los datos sigan una distribución normal, b) considera la dependencia intrínseca entre los puntajes de los mismos estudiantes antes y después de la

intervención, y c) funciona correctamente con tamaños de muestra menores de 50. Con esta prueba se evaluó si existe un cambio estadísticamente significativo en las puntuaciones medianas entre ambas mediciones, garantizando la validez de los resultados inferenciales.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de la prueba no paramétrica de muestras pareadas y rangos señalados de Wilcoxon

| Ranks     |                | N               | Mean Rank | Sum of Ranks |
|-----------|----------------|-----------------|-----------|--------------|
| POS - PRE | Negative Ranks | 4 <sup>a</sup>  | 4.75      | 19.00        |
|           | Positive Ranks | 33 <sup>b</sup> | 20.73     | 684.00       |
|           | Ties           | 0 <sup>c</sup>  |           |              |
|           | Total          | 37              |           |              |

a. POS < PRE      b. POS > PRE      c. POS = PRE

Según los resultados mostrados en la Tabla 3, un total de 4 estudiantes obtuvieron una puntuación menor en la posprueba que en la preprueba (rango negativo), con un promedio de rango de 4.75 y una sumatoria de rangos de 19.00. Por otro lado, 33 estudiantes obtuvieron una puntuación mayor en la posprueba que en la preprueba (rango positivo), con un promedio de rango de 20.73 y una sumatoria total de 684.00. No se registraron empates (Ties), es decir, ningún estudiante obtuvo la misma puntuación en ambas pruebas. Estos resultados indican una tendencia general al aumento en las puntuaciones de la posprueba, lo cual sugiere una mejora significativa en el desempeño de los estudiantes después de la intervención o tratamiento aplicado.

Tabla 4. Estadística inferencial de la prueba Wilcoxon (para la prueba completa y para sus subescalas)

| Test Statistics <sup>a</sup> |                     |
|------------------------------|---------------------|
|                              | POS - PRE           |
| Z                            | -5.023 <sup>b</sup> |
| Asymp. Sig. (2-tailed)       | <.001               |

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks

En la tabla se reporta una puntuación Z de -5.023 y un valor de significancia de  $< .001$ , el cual es menor que el nivel alfa establecido de .05. Esto indica que los resultados son estadísticamente significativos. Por lo tanto, se concluye que hubo diferencias significativas entre las puntuaciones de la preprueba y la posprueba luego de implementar las actividades del tratamiento. Estos hallazgos sugieren que las estrategias aplicadas en el salón de clases tuvieron un efecto positivo en el desempeño de los estudiantes. Esto podría atribuirse al diseño de las lecciones, el enfoque participativo o el tipo de experiencias ofrecidas, tal como respalda la literatura revisada en el marco teórico.

### **Discusión de los resultados:**

A partir de los resultados obtenidos, se puede afirmar lo siguiente en relación con las preguntas de investigación (pág. 11) que exploran el nivel de dominio en el uso y manejo del microscopio, en el contexto del impacto del calentamiento global en el ambiente, por parte de los estudiantes de duodécimo grado del curso de Ciencias Ambientales:

Comparación entre pre y posprueba: La media de puntuación mejoró notablemente, pasando de 14.68 en la evaluación inicial a 20.43 en la posterior, lo cual representa un incremento promedio de 5.75 puntos. Las puntuaciones mostraron una variación moderada, con desviaciones estándar de 3.145 en la preprueba y 2.844 en la posprueba. Además, los errores estándar de la media fueron similares en ambas evaluaciones (0.517 y 0.467 respectivamente), lo que refleja una precisión comparable en la estimación de la media.

Los hallazgos de ambas pruebas sugieren que los estudiantes lograron adquirir conocimientos relevantes sobre el impacto del calentamiento global en especies como *Drosophila*



*melanogaster*, antes y después de aplicar el plan de acción. Esto se relaciona con la segunda pregunta de investigación (pág. 11).

1. Aumento en el rendimiento promedio: La media de los puntajes mejoró claramente tras la implementación de la intervención educativa.
2. Reducción en la variabilidad de los resultados: La desviación estándar disminuyó de 3.145 a 2.844, lo que indica un rendimiento más uniforme entre los estudiantes y una reducción en las diferencias de comprensión entre ellos.

## **Conclusión**

Los datos estadísticos muestran que los estudiantes del curso de Ciencias Ambientales mostraron una mejora en su nivel de conocimiento tras la implementación del plan de acción. Los resultados obtenidos reflejan un aumento significativo en el rendimiento académico de los estudiantes, evidenciado por un incremento promedio de 5.75 puntos en la media de los puntajes entre la prueba inicial y la final. Este ascenso sugiere que la intervención o estrategia pedagógica implementada tuvo un impacto positivo en el aprendizaje, permitiendo que los estudiantes desarrollaran mejor sus destrezas. Además, el cambio en la media no solo indica una mejora general, sino que también refuerza la efectividad del plan de acción aplicado, al demostrar que la mayoría de los participantes alcanzó un nivel de dominio más elevado al finalizar el proceso educativo.

La implementación del plan de acción demostró ser efectiva en mejorar tanto el rendimiento académico como la equidad entre los estudiantes. Se observó una disminución en la desviación estándar de los resultados, pasando de 3.145 en la preprueba a 2.844 en la posprueba, lo que indica una mayor homogeneidad en el desempeño de los estudiantes. El error estándar de

la media se mantuvo bajo (0.467 en la preprueba y 0.517 en la posprueba), lo que establece que los promedios obtenidos reflejan de forma representativa el rendimiento del grupo. Los resultados obtenidos respaldan la efectividad del plan de acción no sólo en términos de mejora académica sino también en la promoción de un aprendizaje más equitativo entre los estudiantes.

El aumento observado en la media de los puntajes, con una mejora promedio de 5.75 puntos, puede ser interpretado como un claro indicio del impacto positivo que tuvo la intervención educativa en el aprendizaje de los estudiantes. Este incremento no solo refleja una ganancia cuantificable en el rendimiento académico, sino que también sugiere la existencia de condiciones pedagógicas que favorecieron la construcción activa del conocimiento. En este sentido, investigaciones previas como la de Luketic y Dolan (2013) respaldan esta afirmación, al señalar que un entorno de laboratorio bien diseñado incide significativamente en la percepción del aprendizaje por parte del estudiante, fomentando su curiosidad y motivación hacia una participación más activa. La mejora en los resultados podría entonces estar relacionada con la implementación de actividades prácticas y contextualizadas, que no solo facilitaron la comprensión de los conceptos científicos, sino que también estimularon una actitud más positiva frente al proceso de aprendizaje. Así, el entorno educativo se convierte en un facilitador clave del desarrollo de competencias, demostrando que las metodologías centradas en el estudiante pueden generar avances tangibles tanto en la adquisición de conocimientos como en la disposición para aprender.

### **Recomendaciones para futuras investigaciones:**

1. Realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo de estas actividades prácticas en el desarrollo de habilidades científicas.

2. Explorar la implementación de metodologías similares en otras áreas de las ciencias, como la química, la física o la biología, para ver si los resultados son consistentes.

### **Limitaciones:**

1. El estudio se realizó en una muestra de 38 estudiantes, lo cual, aunque suficiente para análisis estadísticos básicos, puede no ser representativo de una población más amplia. Estudios con muestras mas grandes podrían proporcionar resultados más generalizables.
2. El estudio se realizó en un período limitado. Las investigaciones longitudinales podrían proporcionar una mejor comprensión del impacto sostenido de la intervención en las habilidades científicas de los estudiantes.

### **Referencias**

Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*. Paidós.

Bravo-Vick, L., González, D., & Salazar, A. (2019). Inventario de actitudes hacia las ciencias: Desarrollo y validación de un cuestionario de escala Likert. *Revista Latinoamericana de Investigación en Educación y Ciencias*, 22(1), 45-59.

Bundchen, M.; Hepp, D.; Horn, A. C. M.; Aroni, M. S.; Kacevicz, M. M.; Neves, A. S.; Bolaños Díaz, A. 2019. “Un mundo a través de las lentes”: las clases de microscopía como estrategia de motivación para el estudio de las ciencias y biología. *Revista Brasileira de Extensao Universitaria*, v. 10, n. 3, p. 109-114, 2019.

Bybee, R. W. (2014). *The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments*. NSTA Press.

Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2005). Science education research and the training of science teachers: Towards a reformulation of a relationship. *Studies in Science Education*, 41(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/03057260508560226>

Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4<sup>th</sup> ed.) SAGE Publications.

Departamento de Educación de Puerto Rico. (2023). Transformación del sistema educativo de Puerto Rico. Recuperado de ed.gov

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2020). *Ley de Mitigación, Adaptación y Resiliencia al Cambio Climático de Puerto Rico* (Ley 33-2019). Recuperado de drna.pr.gov

Díaz, R. & Martínez, L. (2021). *Conocimientos y actitudes de los estudiantes de secundaria sobre el cambio climático*. Editorial Científica.

Dillon, M. E., Wang, G., & Huey, R. B. (2010). Global metabolic impacts of recent climate warming. *Nature*, 467(7316), 704-706. <https://doi.org/10.1038/nature09407>

Elliot, J. (2010). *La investigación-acción*. (6ª ed.) Morata.

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). *Comparison of convenience sampling and purposive sampling*. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1-4.

García de la Fuente, M. 2022. El Confidencial. ¿Qué saben los estudiantes sobre el cambio climático? "Su percepción no se ajusta a la realidad". España. 27/06/2022

García, M., & López, J. (2020). El cambio climático en la educación secundaria: Un análisis de los conocimientos previos de los estudiantes. *Revista de Educación Ambiental*, 12(3), 75-85.

García, M. & Rodríguez, L. (2020). *Competencias científicas en la educación secundaria: uso del microscopio en el aula*. Editorial Científica.

Golleiro, R. (2019). *Estrategias para la enseñanza práctica en ciencias: el microscopio como herramienta educativa*. Ediciones Académicas.

Gürol, A. (2013). Investigating the effect of using microscopes on the academic achievement of prospective science teachers. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 106, 2635-2640. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.304>

Harlen, W. (2014). Working with Big Ideas of Science Education. Global Network of Science Academies (IPA) Science Education Programme. <https://www.ase.org.uk/bigideas>

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México: McGraw Hill.

Hofmann, A. A. (2017). *Drosophila as a model for climate change research*. *Annual Review of Entomology*, 62, 239-257. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023705>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*. Deakin University Press.

López, J., Ramírez, D., & Fernández, P. (2019). Deficiencias en el uso de equipos de laboratorio en estudiantes de secundaria. *Revista de Educación en Ciencias*, 35(2), 45-58.

Luketic, C. D., y Dolan, E. L. (2013). *Factors influencing student perceptions of high-school science laboratory environments*. *Learning Environments Research*, 16(1), 37-41.  
<https://doi.org/10.1007/s10984-012-9107-5>

Markow, T. A., & O'Grady, P. (2005). *Drosophila: A guide to species identification and use*. Academic Press.

Martínez, L., & Gómez, R. (2021). Impacto del aprendizaje basado en indagación en la alfabetización científica de estudiantes de secundaria. *Revista de Educación en Ciencias*, 15(3), 45 – 60.

McMillan, J. H. (2016). *Fundamentals for educational research* (7<sup>th</sup> ed.) Allyn and Bacon.

McNiff, J., & Whitehead, J. (2002). *Action Research: Principles and Practice*. Routledge.

Muñoz, A. (2019). *La educación ambiental como herramienta para mitigar el cambio climático*. Universidad Verde.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2022). *What is Climate Change?* NASA. <https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/>

Oficina de Gerencia y Presupuesto del Gobierno de Puerto Rico. (2024). *Ley del Día de la Educación sobre Cambio Climático en Puerto Rico* (Ley 152-2019). Recuperado de [bvirtualogp.pr.gov](http://bvirtualogp.pr.gov)

Pandey, U. B., & Nichols, C. D. (2011). Human disease models in *Drosophila melanogaster* and the role of the fly in therapeutic drug discovery. *Pharmacological Reviews*, 63(2), 411-436.  
<https://doi.org/10.1124/pr.110.003293>

Pardo, A., & San Martín, R. (2010). *Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud II. Estadística no paramétrica*. Madrid, España: Síntesis.

Pérez, D., & González, F. (2022). Deinformación y percepción del cambio climático en adolescentes: El papel de las redes sociales. *Estudio sobre Comunicación*, 7(2), 95-110.

Piaget, J. (1972). *Psychology and epistemology: Towards a theory of knowledge*. Viking Press.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>

Riley, Melissa B. 2003. Microscopía básica – Una destreza importante para Fitopatólogos. *The American Phytopathological Society*.

Rosero-Toro, J. H., Villarreal, L. K., Salgado, K. D., Escobar, J. E. 2019. Uso del moroscopio artesanal para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. Biografía. *Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. ISSN 2027-1034. Edición Extraordinaria. p.p. 1830-1837.

Sánchez, C., & Martínez, A. (2022). Desafíos en la enseñanza de las ciencias: una mirada al uso del microscopio en la educación secundaria. *Educación y Ciencia*, 28(1), 99-112.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wenning, C. J. (2008). *Science literacy and the nature of science: The nature of science literacy assessment*. The Science Education Review, 7(2), 1-12.

World Meteorological Organization. (2020). State of the global climate 2020. <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate.wmo-statement-state-of-global-climate>