

Diseño y construcción de un prototipo experimental para la enseñanza de los líquenes como
bioindicadores en la educación básica

Gloria Lizeth Lucio Llantén



Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Cali (Valle del Cauca), 2016

Diseño y construcción de un prototipo experimental para la enseñanza de los líquenes como
bioindicadores en la educación básica

Trabajo de grado presentado por:

Gloria Lizeth Lucio Llantén

Director:

Mg. Miyerdady Marín Quintero



Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Cali (Valle del Cauca), 2016

Dedicatoria

A Dios,

Por haber permitido culminar esta etapa de mi vida y haberme dado la fortaleza, salud y esperanza para lograr todas mis metas y sueños.

A mi madre Gloria Llantén,

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, valores y motivación constante para cumplir todos mis metas, gracias por haber estado en los momentos buenos y malos, pero más que nada por su amor incondicional.

A mi padre Hugo Lucio,

Por los ejemplos de perseverancia, constancia y humildad que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por su valor constante de salir adelante pese a los momentos difíciles de la vida, pero ante todo por su amor y apoyo permanente.

A Rémi Gonnet,

Por su cariño, compañía, apoyo y motivación constante para la culminación de mi carrera profesional.

A Andrés Restrepo,

Por su paciencia, comprensión, apoyo y tiempo para la culminación de este trabajo de grado.

Este trabajo de grado ha sido posible gracias a ustedes. Los quiero y aprecio desde lo más profundo de mi corazón.

Agradecimientos

A Heriberto Gil, Luz Zúñiga y John Gil

Por su apoyo, tiempo y comprensión al inicio de mi carrera profesional. Sin ustedes hubiera sido más difícil este camino. Infinitas gracias.

A Miyerdady Marín,

Por su sabiduría, paciencia, tiempo y disponibilidad en la elaboración del trabajo de grado.

A Robinson Herrera y Raquel Soto,

Por proporcionarme referencias bibliográficas relacionadas con la enseñanza de los líquenes en la educación básica para la realización del trabajo de grado.

A Erick Lara,

Por su motivación y colaboración en el proceso de construcción del microscopio estereoscópico.

A Eliana Agudelo,

Por haberme dado la oportunidad de realizar las actividades con los estudiantes de grado octavo. Sin ustedes no hubiera sido posible darle esencia al microscopio estereoscópico como recurso educativo.

A Castillo María Camila, Guerrero Sergio, Muñoz Héctor y Ortiz Tania,

Grupo de trabajo en la realización del diseño y construcción del Microscopio estereoscópico en el curso de Diseño y Uso de Materiales Didácticos (2012) ofrecido por el Instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle.

A mis amigos, compañeros y docentes

Por su amistad, colaboración, compañía, sabiduría y apoyo durante toda la carrera profesional.

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen.....	x
Diseño y construcción de un prototipo experimental para la enseñanza de los líquenes como bioindicadores en la educación básica.....	11
Justificación	13
1. Planteamiento del problema	16
2. Antecedentes	21
2.1 Practicas experimentales en la enseñanza de la Biología	21
2.2 Diseño y construcción de prototipos experimentales como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias.....	24
2.3 La enseñanza de los líquenes en la educación básica	26
3. Marco teórico	30
3.1 Las prácticas experimentales en la enseñanza de la Biología.....	30
3.2 Los instrumentos científicos en la ciencia	31
3.3 Los recursos educativos o didácticos.....	33
3.4 Los prototipos experimentales como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias.....	35
3.5 Líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica.....	42
4. Aspectos metodológicos	46
4.1 Objetivos de la investigación.....	46
4.2 Proceso investigativo	47
4.2.1 Fase de diseño y construcción del prototipo experimental	48
4.2.2 Fase de elaboración de actividades experimentales	49

4.2.3 Implementación del prototipo experimental	49
4.3 Recolección de la información (instrumentos y técnicas de análisis).....	50
5. Resultados y discusión	52
5.1 Diseño y construcción del microscopio estereoscópico: componente técnico y estructural ..	52
5.2 Implementación del microscopio estereoscópico	65
5.2.1 Contexto educativo.....	65
5.2.2 Aspectos pedagógicos y didácticos	66
5.2.3 Valoración del microscopio estereoscópico a partir de la percepción de los estudiantes.	73
5.2.3.1 Componente técnico y estructural	73
5.2.3.2 Componente educativo (pedagógico y didáctico)	76
5.3 Discusión de los resultados	77
5.3.1 Diseño y construcción del microscopio estereoscópico	78
5.3.2 Valorización del microscopio estereoscópico	78
Conclusiones	82
Referencias bibliográficas	85
Anexos	92

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los recursos educativos según su soporte físico y simbólico (Marín, 2010)	34
Tabla 2. Cuadro comparativo de los atributos físico-técnicos de los prototipos de microscopio estereoscópico consultados.	40
Tabla 3. Cuadro de los componentes y aspectos a valorar en el cuestionario.	51
Tabla 4. Materiales para la construcción del microscopio estereoscópico.	53
Tabla 5. Magnificación del microscopio estereoscópico según el lente objetivo.	62
Tabla 6. Ficha técnica del prototipo experimental.	63
Tabla 7. Secuencia de actividades experimentales.	67
Tabla 8. Resultados de la valoración de los atributos físicos del microscopio estereoscópico. ...	74
Tabla 9. Resultados de la valoración de la funcionalidad del microscopio estereoscópico.....	75
Tabla 10. Resultados de la valoración del manejo y uso del microscopio estereoscópico.	76
Tabla 11. Resultados de la valoración del aspecto pedagógico-didáctico del microscopio estereoscópico.	77

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. El microscopio estereoscópico con un objetivo común. a) Modelo computacional vista isométrica con partes principales. b) Microscopio estereoscópico construido.	37
Figura 2. El microscopio estereoscópico-zoom. a) Modelo computacional vista lateral con partes principales. b) Microscopio estereoscópico-zoom construido.	38
Figura 3. Un simple microscopio estereoscópico a) Modelo computacional vista lateral con sus partes principales. b) Microscopio estereoscópico construido.	40
Figura 4. Diagrama de flujo de las fases de la propuesta metodológica (Fuente: Elaboración propia)	48
Figura 5. Componentes estructurales del sistema óptico. a) Lentes objetivos acromáticos. b) Binoculares roof.	54
Figura 6. Modelo computacional vista isométrica sistema óptico. a) tapa de PVC. b) tubo de PVC con soportes. c) binoculares roof. d) sistema óptico construido.	54
Figura 7. Modelo computacional vista isométrica Pedestal. a) ensamble de base y columnas. b) Pedestal construido.	55
Figura 8. Modelo computacional vista isométrica sistema de enfoque. a) carrito. b) dispositivo de centrado. c) y d) componentes estructurales del dispositivo de centrado.	56
Figura 9. Modelo computacional vista isométrica de: a) sistema de base óptica. b) placa de madera. c) tubo de desplazamiento.	57
Figura 10. Modelo computacional vista isométrica de ensamble de partes estructurales.	57
Figura 11. Modelo computacional vista isométrica de sistema de enfoque. a) ensamble del cable en el sistema de enfoque. b) sistema de enfoque construido.	58

Figura 12. Prototipo experimental microscopio estereoscópico. a) Modelo computacional vista isométrica con partes principales .b) Modelo computacional vista lateral.	58
Figura 13. Microscopio estereoscópico y prueba. Microscopio estereoscópico construido. b) Imagen del liquen obtenida del microscopio estereoscópico elaborado.	59
Figura 14. Visión estereoscópica obtenida de los componentes ópticos.	60
Figura 15. Evidencias de realización de la actividad 1.	68
Figura 16. Evidencias de las observaciones realizadas en el microscopio estereoscópico y lupa.	69
Figura 17. Evidencias de las observaciones realizadas en el microscopio compuesto.	69
Figura 18. Evidencias del manejo y uso del microscopio estereoscópico por parte de los estudiantes.	70
Figura 19. Evidencias de las características físicas observadas en la muestra del liquen.	71
Figura 20. Evidencias de las estructuras anatómicas y morfológicas observadas en la muestra del liquen.	72
Figura 21. Evidencias de los cambios morfológicos observados en la muestra del liquen.	73
Figura 22. Resultados globales de la percepción de los estudiantes en los componentes técnico-estructural y educativo.	79

Resumen

En este documento se presenta el diseño y construcción de un prototipo experimental (microscopio estereoscópico) como recurso didáctico para la enseñanza de líquenes como bioindicadores en la educación básica. La metodología consiste en tres fases, diseño y construcción del prototipo experimental, elaboración de actividades experimentales y su implementación en un contexto educativo. Teniendo en cuenta la ejecución de estas fases, se realiza la valoración de la percepción acerca del uso y manejo del prototipo experimental a 13 estudiantes de grado octavo por medio de un cuestionario tipo Likert, la favorabilidad obtenida en cuanto al componente técnico-estructural fue en promedio del 87 %, mientras que para el componente pedagógico fue del 100 %. Esto evidencia la aceptación del microscopio estereoscópico propuesto como recurso didáctico para la enseñanza de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la educación básica. Basado en los resultados del estudio, se espera que esta experiencia anime a los profesores de ciencias para (re) crear y utilizar prototipos experimentales de bajo costo para la enseñanza de contenidos asociados a la realidad social y cotidiana de los estudiantes.

Palabras clave: educación básica, prototipo experimental, líquenes, contaminación atmosférica, bioindicador.

Diseño y construcción de un prototipo experimental para la enseñanza de los líquenes como bioindicadores en la educación básica

En la enseñanza de las ciencias y en particular en el campo de la biología se ha encontrado una serie de dificultades que obstaculizan la realización de prácticas experimentales en la educación básica secundaria, estas dificultades están relacionadas con la indisponibilidad de materiales e instrumentos ópticos, además de la falta de recursos económicos para la adquisición de los mismos. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo de grado propone el diseño y construcción de un microscopio estereoscópico como recurso didáctico experimental para la enseñanza de los líquenes como bioindicadores en la educación básica, con la intención de superar las limitaciones en la realización de prácticas experimentales en la enseñanza de la biología.

Una de las ventajas de la realización de este tipo de estudios es la posibilidad de dotar los laboratorios de las instituciones educativas de la básica secundaria con prototipos experimentales contruidos a partir de materiales de fácil adquisición y de bajo costo como alternativa en el uso de instrumentos convencionales que cumplan con las mismas funciones didácticas.

El trabajo está dividido en cinco capítulos donde se presenta desde la formulación del problema hasta el desarrollo de las actividades que permiten alcanzar los objetivos planteados. Además, se presenta la justificación, conclusiones, referencias bibliográficas y anexos.

En el capítulo 1 se presenta el planteamiento problema con la respectiva pregunta de investigación y se exponen las razones que derivan la problemática abordada. En el capítulo 2 se presentan los antecedentes del problema de investigación con los aportes más relevantes encontrados en la revisión bibliográfica que integran diferentes temáticas como son las prácticas experimentales en la enseñanza de la Biología (2.1), diseño y construcción de prototipos

experimentales en la enseñanza de las Ciencias Naturales (2.2) y finalmente la enseñanza de los líquenes en la educación básica (2.3)

Por otra parte, el capítulo 3 contiene los fundamentos teóricos necesarios para el entendimiento y desarrollo de la propuesta, involucra la conceptualización de las prácticas experimentales en la enseñanza de la Biología (3.1), los instrumentos científicos en la ciencia (3.2), los recursos didácticos (3.3) los prototipos experimentales como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias (3.4) y líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica (3.5).

En el capítulo 4 se presenta la metodología del trabajo en la cual se establecen las estrategias que se proponen para resolver el problema de investigación. Se definen el alcance de la investigación (4.1) y el proceso investigativo que consiste en la aplicación de tres fases: diseño y construcción del prototipo experimental, elaboración de actividades experimentales y la implementación del prototipo experimental (4.2).

Finalmente, en el capítulo 5 se presentan los resultados obtenidos en la ejecución de las tres fases de la metodología y se realiza una discusión de esos resultados en cuanto al diseño y construcción del prototipo y la valoración del mismo a partir de la percepción de los estudiantes durante la realización de las actividades experimentales.

Justificación

Suele ser ampliamente admitido, tanto por investigadores como por educadores, que las prácticas experimentales son estrategias didácticas esenciales en la enseñanza de las ciencias, en particular de la Biología, ya que permite a los estudiantes explorar los diferentes aspectos del mundo natural a través de la experiencia directa sobre el material biológico; es decir, con los organismos u objetos naturales presentes en su entorno (Barberá y Valdés, 1996). Además, visualizar los objetos y fenómenos a nivel microscópico y macroscópico brindando la posibilidad de razonar sobre lo concreto y relacionarlo con los conceptos que los explica (Séré, 2002), desarrollar algunas competencias técnicas y habilidades procedimentales como la manipulación de equipos y materiales de laboratorio (Del Carmen, 2000), desarrollar capacidades de observación, registro de datos, reflexión (Pedroso, 2009) y algunas actitudes científicas (Serè, 2002).

Aunque las prácticas experimentales son consideradas como un elemento importante en la enseñanza de la Biología y de las Ciencias Naturales en general, existen factores que obstaculizan su realización en las instituciones educativas de la básica, tales como la falta de infraestructura y recursos económicos para adquirir equipos y materiales de laboratorio (Borges, 2002; Fernández, Marcángeli y Romero, 2011).

Las dificultades anteriores conllevan a que gran parte de los docentes se abstengan de realizar prácticas experimentales y dediquen más tiempo en desarrollar sesiones de clases tradicionales en las que predomina la transmisión y repetición memorística de contenidos, esto genera poca motivación e interés de los estudiantes y por lo tanto un escaso aprendizaje procedimental relacionado con el desarrollo de habilidades y destrezas específicas durante el aprendizaje de los contenidos abordados en el aula de clase, tales como el manejo de material y realización de

montajes, identificación de problemas, emisión de hipótesis, organización, análisis y registro de datos, etc. ya que su principal intención es solo memorizar los contenidos teóricos que el docente imparte.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, este trabajo aborda uno de los problemas de gran relevancia en la enseñanza de las Ciencias Naturales como lo es la escasa realización de prácticas experimentales en la educación básica. Se espera hacer un aporte en las metodologías y estrategias pedagógicas donde los estudiantes tienen mayor participación y actuación sobre la realización de las mismas respecto al cómo (método y diseño experimental) y con qué (la selección, diseño y construcción de recursos didácticos experimentales), con el objetivo de superar las limitaciones expuestas anteriormente.

En relación al *con qué*, debido al insuficiente o en muchas ocasiones inexistente material instrumental necesario para la realización de actividades experimentales en las instituciones educativas de la educación básica, como por ejemplo el estudio y la visualización de organismos microscópicos, se hace relevante buscar alternativas para la adquisición o compra de instrumentos de observación de menor costo (entre ellos, el microscopio estereoscópico), promoviendo entre maestros y estudiantes actitudes creadoras e innovadoras en el desarrollo de prototipos experimentales con materiales más económicos y asequibles, que sustituyan los convencionales pero que cumplan la misma función didáctica.

Para el caso particular del estudio de los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica, se propone el diseño y construcción de un prototipo experimental (microscopio estereoscópico) que permita evidenciar por parte de los estudiantes y maestros los cambios morfológicos y estructurales que dichos organismos sufren por los altos niveles de contaminación atmosférica en el ambiente donde se encuentran, los cuales pueden ser usados

como recurso didáctico experimental para facilitar la comprensión y percepción del fenómeno de contaminación, al igual que, fomente el desarrollo de habilidades investigativas como la observación, y destrezas motrices como la manipulación del prototipo y la adquisición de técnicas específicas para el uso adecuado del mismo.

Por último, el estudio de líquenes como bioindicadores es un conocimiento esencial y útil porque permite a los estudiantes entender y relacionar los efectos de las sustancias contaminantes presentes en el aire con la desaparición y muerte de algunos seres vivos, contribuyendo de esta manera a generar mayor conciencia sobre el uso excesivo de nuevas tecnologías y las implicaciones que conlleva sobre la vida en la tierra. De igual forma, su estudio es importante para que los estudiantes adquieran actitudes y el conocimiento suficiente para entender algunos problemas ambientales, tomando conciencia frente al ambiente que los rodea y logrando una mayor participación en la búsqueda de alternativas para conservar el medio ambiente.

Capítulo I.

1. Planteamiento del problema

En los últimos años la contaminación ambiental ha tenido un gran aumento debido a la incesante explotación de los recursos naturales y demanda de nuevas tecnologías, que en efecto, generan grandes cantidades de agentes contaminantes que deterioran la atmósfera y pueden producir respuestas adversas sobre el ambiente y la salud, dependiendo de su combinación, concentración y su permanencia en el ambiente (Rubiano y Chaparro, 2006).

Los contaminantes más comunes a nivel internacional según Klumpp (2004) son: partículas suspendidas (PS), plomo (Pb), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos y oxidantes fotoquímicos. Estos se clasifican en contaminantes primarios y secundarios, los primeros son emitidos desde focos emisores, mientras que los contaminantes secundarios, denominados antropogénicos, son los de mayor amenaza para la biosfera ya que se acumulan por más tiempo y desencadenan cambios en la composición química de la atmósfera influyendo en el adelgazamiento de la capa de ozono, el efecto invernadero y las lluvias ácidas. Estos fenómenos de gran importancia global, además de causar enfermedades respiratorias, virales, circulatorias y otras a la población, aumentan la temperatura en la tierra y la acidez de los ecosistemas terrestres y acuáticos causando la extinción local o regional de algunas especies.

La contaminación atmosférica se ha convertido en uno de los problemas ambientales de mayor impacto en el planeta, y por tanto, ha llamado la atención de la comunidad científica a nivel mundial con el fin de evaluar la calidad del aire y poder determinar los agentes contaminantes que alteran su composición (Bernasconi, De Vito, Martínez y Raba, 2000). Recurriendo entonces a técnicas que puedan proporcionar información a diferentes escalas

espaciales y temporales de la calidad del aire, entre las más conocidas, es el uso de organismos como bioindicadores, entendiéndose estos como aquellos que presentan sensibilidad a los contaminantes aéreos o poseen la capacidad para acumularlos, manifestando diferentes respuestas en el entorno donde se encuentran y desarrollan. Además, se caracterizan por ser una herramienta fácil y asequible en diferentes ecosistemas debido a su amplia distribución y gran longevidad, como por ejemplo los líquenes.

Los líquenes han sido ampliamente utilizados en numerosos estudios para estimar los niveles de contaminación atmosférica en una zona específica. Su uso como bioindicador se debe a que son una asociación simbiótica entre un alga o cianobacteria (ficobionte) y un hongo, lo que resulta en un talo que carece de raíces y cutículas, por lo tanto no cuenta con una barrera ante las sustancias del ambiente, permitiendo la entrada de nutrientes y minerales, como también de los contaminantes que se encuentran en el aire (Garty, Tomer, Levin y Lehra, 2003). Estos contaminantes son los causantes de cambios morfológicos, químicos y físicos que alteran su actividad enzimática, fotosíntesis y respiración. La presencia de líquenes y sus características como la densidad, frecuencia de aparición, porcentaje de cobertura y nivel de síntomas de daños externos o internos, se relacionan directamente con los niveles de contaminantes en la atmósfera (Hawksworth, Iturriaga y Crespo, 2005; Lijteroff, Lima y Prieri, 2009).

Por todo lo anterior, es indispensable educar a los ciudadanos para que tomen conciencia sobre los efectos y consecuencias del actual modelo insostenible de consumo y producción sobre la vida en el planeta. Es por ello que surge pertinente la inclusión de contenidos de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en el currículo escolar tales como la contaminación atmosférica y el estudio de los líquenes como bioindicadores de la calidad del aire. La enseñanza de estos contenidos contribuye en la formación de ciudadanos con conocimientos, actitudes, aptitudes,

destrezas y habilidades para comprender, actuar y buscar alternativas en la conservación del medio ambiente.

Actualmente, en los currículos escolares la enseñanza de los líquenes se concreta en el mejor de los casos a un par de horas cátedras en Biología, y en la gran mayoría de los libros de textos escolares solo se le otorga una fracción del capítulo destinado a los hongos (Moreno, 2013). Dando como resultado un desconocimiento sobre el rol biológico tan importante que juegan los mismos en el ecosistema, como también poca comprensión sobre los efectos producidos por los contaminantes atmosféricos.

Lo anterior ha sido evidenciado en distintas investigaciones donde se identifican dificultades en el aprendizaje tanto de contaminación atmosférica como de líquenes. Por ejemplo, Ossandón, Harsch y Barke (2011); Boyes y Stanisstreet (1992); Jeffries, Stanisstreet y Boyes (2001); Conde, Sierra, Sánchez y Ruiz (2013); Gulizia y Zazulie (2012) muestran que los estudiantes no conciben la presencia de sustancias tóxicas en el aire y no asocian los efectos de la contaminación con las muertes y/o extinción de plantas y animales. En relación a los líquenes, Alegría (2013); Galán y Martín (2013); manifiestan que los estudiantes no reconocen las relaciones simbióticas entre los organismos (alga y un hongo) y consideran que los líquenes son plantas.

Bajo este panorama, es necesario establecer educativamente el vínculo del efecto de sustancias contaminantes atmosféricas en algunos seres vivos. Para ello, se requiere propuestas de enseñanza que le permitan al estudiante evidenciar y relacionar la presencia de sustancias contaminantes en el aire a través de organismos bioindicadores como los líquenes. Pues con ellos, los estudiantes podrán comprender que los cambios morfológicos son una de las diversas maneras en el que éste organismo evidencia la presencia de sustancias tóxicas en el medio donde

se encuentra.

La visualización de estos cambios morfológicos fácilmente se puede mostrar mediante la realización de prácticas experimentales como una estrategia pedagógica eficaz para que el estudiante comprenda el fenómeno u otros conceptos abstractos que difícilmente pueden ser abordados en el aula de clase (Puentes y Valbuena, 2010). Además, puede instruirse en el manejo de instrumentos, fomentando observaciones precisas, registro cuidadoso de datos y desarrollo de habilidades manipulativas (Pedroso, 2009). Al igual que le permite desarrollar actitudes y habilidades para la investigación, contribuyendo a la comprensión de las ciencias y a tomar conciencia sobre su aprendizaje (Novak, 1990).

Por otra parte, las prácticas experimentales son poco aprovechadas a pesar de su papel indispensable para llevar a cabo una enseñanza constructivista. Algunas de las razones por las cuales los profesores de ciencias manifiestan su escasa realización en las instituciones educativas de la básica secundaria, están asociadas a la falta de materiales de laboratorio y/o el espacio destinado para el mismo. Esta situación se agudiza aún más por la falta de recursos económicos para adquirir instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo las prácticas. Por ejemplo, el microscopio estereoscópico o estereoscopio debido a su alto costo es difícil que las instituciones educativas puedan adquirirlo.

El microscopio estereoscópico es un instrumento que se caracteriza por proporcionar una imagen 3D del espécimen, esto se logra a través de una visión binocular en la que los dos ojos observan la muestra desde ángulos levemente diferentes. Este instrumento es muy útil para la observación de especímenes relativamente grandes tal como los líquenes, siendo innecesario realizar cortes o utilizar materiales como portaobjetos y cubreobjetos para evidenciar sus cambios morfológicos.

Considerando la importancia del uso del microscopio estereoscópico para fines educativos, su ausencia en el desarrollo de las prácticas experimentales afecta el aprendizaje de los estudiantes debido a la poca intervención y visualización que tendrían sobre los objetos y fenómenos de estudio, además de la escasa posibilidad de razonar sobre lo concreto de la experiencia más que sobre lo abstracto de las clases (Séré, 2002). En particular, se limita la comprensión conceptual y la percepción de los cambios morfológicos que sufre el líquen a causa de la contaminación atmosférica.

Teniendo en cuenta lo planteado, es necesario considerar la posibilidad de que los docentes en ciencias básicas diseñen, construyan y utilicen prototipos experimentales de bajo costo con fines didácticos (Pérez y Falcón, 2009), con el objetivo de dotar con instrumentos básicos los laboratorios para realizar las actividades prácticas (Unesco, 1989).

Teniendo en cuenta lo anterior surge el siguiente interrogante: *¿Cómo diseñar y construir un prototipo experimental para la enseñanza de los Líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica?*

Capítulo II.**2. Antecedentes**

Es importante tener en cuenta los diferentes referentes bibliográficos que sean de gran aporte para el desarrollo del presente trabajo de grado. Teniendo en cuenta esto, se clasificarán en tres categorías: la primera comprende las prácticas experimentales en la enseñanza de la Biología (2.1), la segunda involucra las propuestas de diseño y construcción de prototipos experimentales en la enseñanza de las Ciencias Naturales (2.2), por último se aborda la enseñanza de los líquenes en la educación básica (2.3).

2.1 Practicas experimentales en la enseñanza de la Biología

Muchos investigadores resaltan la importancia de utilizar las prácticas experimentales como estrategia didáctica potencializadora en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biología. Investigadores como Pereira de Araujo, Custódio, Adelino da Silva y Rodrigues de Faria (2011) afirman que es una estrategia pedagógica innovadora en la enseñanza de los contenidos de biología porque contribuyen, en gran medida, en que los estudiantes puedan establecer un vínculo estrecho entre la teoría desarrollada en el aula de clase y la realidad socio-tecnológica que está presente en su cotidianidad. Así mismo, permite que los estudiantes estén en contacto directo con la muestra natural y puedan evidenciar los fenómenos y organismos, manipular materiales y equipos de laboratorio, así como también, contribuir al desarrollo de habilidades cognitivas para resolver problemas reales, desarrollo de pensamiento crítico e investigativo.

A pesar de las atribuciones que tienen las practicas experimentales en la enseñanza de los contenidos de biología, estas son utilizadas de forma inadecuada y descontextualizada. De acuerdo con Carrascosa, Gil, Vilches y Valdez (2006), en muchas ocasiones son llevadas a cabo con la intención de que los estudiantes verifiquen las teorías que han sido previamente

enseñadas, lo cual puede interferir considerablemente en el desempeño de los estudiantes durante la realización de las mismas y al mismo tiempo perjudicando la adquisición de nuevos conocimientos específicos o incluso contribuir a una construcción distorsionada de los contenidos biológicos (Gomes, Tarciso y Justi, 2008). Ante este panorama, los autores enfatizan en que es necesario que los docentes contextualicen los contenidos de biología en esta modalidad de enseñanza como camino pedagógico de superación en la memorización de los contenidos de biología, logrando con ello que los estudiantes perciban la relación íntima existente entre lo que está estudiando con su vida cotidiana.

De lo anterior, se evidencia que las prácticas experimentales son una herramienta pedagógica potencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos de biología porque estimula en los estudiantes un aprendizaje significativo de los contenidos de biología. Sin embargo, su utilidad depende en gran medida de la propia actividad docente, siendo éste uno de los motivos por los cuales la experimentación es poco frecuente, a pesar de que los mismos docentes consideren que las practicas experimentales tienen un papel incuestionable en la enseñanza de la biología.

Considerando lo anterior, Santos, Oliveira y Rego (2011) en su estudio sobre las dificultades que se enfrentan los docentes para suministrar aulas prácticas en la enseñanza de la biología en instituciones educativas de la básica secundaria, manifiesta que la deficiente preparación profesional, la falta de oportunidades y medios para acceder a formaciones posteriores, el número excesivo de estudiantes en las aulas o la falta de tiempo para planear y organizar las actividades experimentales, son algunas razones de la escasa realización de actividades experimentales en las clases de biología.

Esta situación se ve agravada por la inadecuada o limitada infraestructura de los laboratorios,

la indisponibilidad o mala calidad de los materiales y carencia de recursos para la compra, mantenimiento y sustitución de equipos e instrumentos. Consecuentemente la carencia de dotación en la mayoría de los centros educativos de secundaria requiere de un gran esfuerzo para los docentes quienes terminan por utilizar las clases expositivas-teóricas como única herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos de biología, generando en los estudiantes grandes dificultades en la comprensión de la disciplina.

También es importante señalar que las muestras naturales representan otra barrera que obstaculiza la realización del trabajo práctico en biología, pero que en pocas ocasiones se menciona en la literatura. Por ejemplo, López (2009) señala que las prácticas experimentales en biología generalmente requieren de muestras naturales perecederas que deben ser utilizadas en lapsos cortos de tiempo y reponerse continuamente. Además, la búsqueda y recolección de las muestras son otras dificultades que enfrenta el profesor de biología, ya que normalmente las muestras deben ser recolectadas horas antes de la realización de la práctica y en la mayoría de los casos éstas no pueden ser obtenidas cerca a las instalaciones educativas, generando a los docentes una labor extra para la realización de las prácticas experimentales. Por otro lado, la autora sostiene que la experimentación en Biología en muchas ocasiones no es posible de realizar, debido a que algunos procesos biológicos que forman parte de los currículos de la enseñanza secundaria no pueden ser reproducidos o evidenciados en el laboratorio y mucho menos controlar las variables implicadas en dichos procesos. Estos procesos son por ejemplo, metabolismo celular, genética, ecología, fisiología humana, etc.

Considerando lo anterior, Maldonado (2006) en su artículo muestra un claro ejemplo de las limitaciones de la experimentación con seres vivos, refiriéndose a los condicionantes éticos inherentes a ciertas investigaciones. En campos de investigación como la ingeniería genética y la

biotecnología, los cuales abren promisorios horizontes a la humanidad, se plantean nuevos dilemas éticos que son asumidos por la bioética como guía para dar respuesta a los múltiples dilemas que emergen de las investigaciones relacionadas con la manipulación de la vida. Por otro lado, el autor plantea tres grandes modos de experimentación con seres vivos, una de ellas es la experimentación con animales y vegetales en la cual se involucran los líquenes como organismo vegetal experimental para el estudio de problemas ambientales de gran relevancia mundial como la contaminación atmosférica.

2.2 Diseño y construcción de prototipos experimentales como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias

Considerando la información relacionada con el diseño y construcción de prototipos experimentales como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias Naturales, se resalta el trabajo de Bohórquez, Martínez y Gallego (2012) donde se propone el diseño y construcción de un prototipo didáctico para demostrar algunos fenómenos tales como la ley de conservación de la energía, momentum lineal en choques elásticos, caída libre y péndulo simple. En el proceso de diseño y construcción del prototipo los autores resaltan la importancia de elegir adecuadamente los materiales que se van a emplear, ya que de estos depende que se logre el fin didáctico deseado, considerando entre otras cosas la resistencia y durabilidad del material bajo condiciones adversas de operación. Por otro lado, proponen la elaboración de un manual de usuario para explicar la funcionalidad y descripción del prototipo que facilite al usuario la disposición de los elementos necesarios para realizar óptimamente las prácticas de laboratorio. Finalmente, concluyen que es posible diseñar y construir equipos de laboratorio innovadores a partir de los recursos tecnológicos disponibles, impulsando la realización de actividades experimentales como estrategia pedagógica en la enseñanza de la física.

El trabajo anterior ofrece orientaciones importantes para el presente trabajo de grado porque resalta la relevancia de la etapa de selección de materiales en el proceso de diseño y construcción del prototipo de acuerdo con el fin didáctico pretendido, así como también la resistencia, disponibilidad en el mercado, costos y acabado de los materiales. Por otra parte, la realización del manual de usuario es indispensable en la propuesta, ya que es de gran importancia brindar al usuario las instrucciones necesarias para el empleo óptimo del prototipo en el desarrollo de actividades experimentales.

Por otra parte, Collazos (2009) en su trabajo aborda conceptos de momento de inercia y el teorema de ejes paralelos mediante el diseño y construcción de prototipos experimentales en la enseñanza de la dinámica rotacional. El prototipo permite validar el teorema de ejes paralelos ya que mide el momento de inercia de un sólido rígido respecto a su centro de masa y demás ejes de rotación. El montaje fue realizado por estudiantes de ingeniería logrando establecer una conexión teórica-práctica gracias a la estrategia pedagógica implementada, debido que al tener mayor participación en los procesos de diseño y construcción del prototipo, permitió validar los conceptos de teoría física mediante el uso del prototipo experimental. Finalmente, se concluye que el diseño y construcción del prototipo es idónea para la enseñanza de la dinámica rotacional como también de otros conceptos, ya que los estudiantes además de validar el teorema de ejes paralelos a través del prototipo, relacionaron otros temas relevantes de la dinámica de rotación, generando en ellos un aprendizaje íntegro frente a la temática. Además, mencionan que el diseño y construcción del prototipo por parte de los estudiantes fomenta una mayor participación y apropiación de conceptos físicos, como también habilidades y destrezas manipulativas.

En este trabajo se puede comprobar que propuestas de enseñanza asociadas con el diseño y construcción de prototipos experimentales como herramienta pedagógica posibilita que los

estudiantes establezcan una estrecha relación entre la teoría y la práctica, logrando con ello comprender que la ciencia involucra conocimientos conceptuales y procedimentales. Además, la construcción del prototipo experimental permite que los estudiantes comprendan contenidos y fenómenos de primera mano ya que interaccionan con los principios involucrados para su elaboración, como también promueve en ellos habilidades y destrezas en cuanto al manejo de materiales, diseño y elaboración de montajes y/o modelos.

Finalmente, Cervantes, Vargas y Meléndez (2010), presentan en su artículo una metodología para el diseño y construcción de prototipos experimentales para la didáctica de las Ciencias Naturales que consta de tres fases. La primera fase (I) consiste en el proceso de diseño y construcción del prototipo según el fenómeno que se desea evidenciar en laboratorio, así como la elaboración del manual de usuario y docente. La segunda fase (II) aborda la validación didáctica del prototipo y el manual por parte del colectivo pedagógico, y la tercera fase (III) corresponde a la implementación del prototipo como material didáctico. Finalmente, se concluye que el diseño y construcción de dispositivos experimentales con fines pedagógicos permite que los estudiantes potencialicen sus habilidades procedimentales adquiridas en el transcurso de su formación, además de generar un acercamiento al trabajo científico para lograr que sus conocimientos sean más significativos. Este trabajo brinda criterios importantes a la hora de establecer el procedimiento de la presente propuesta, pues además de las fases de diseño y elaboración del prototipo, es imprescindible la fase de validación didáctica para obtener los elementos necesarios que garanticen su utilidad como recurso didáctico en el desarrollo de actividades experimentales.

2.3 La enseñanza de los líquenes en la educación básica

Teniendo en cuenta que los líquenes son el campo de estudio en el presente trabajo de grado,

es importante conocer que expone la literatura en relación a su enseñanza en la educación básica. Algunos trabajos como el de Estrabou (1993), señala que los líquenes poco figuran en la planificación curricular de la educación básica debido a la falta de conocimiento y familiaridad por parte de los docentes, de igual forma, tampoco se le da relevancia en los libros de textos escolares. Ante esta situación, la autora resalta la necesidad de que los docentes adquieran buenas bases conceptuales sobre los líquenes y éstos puedan ser usados como objeto de estudio en los distintos niveles de educación básica. En este aspecto, se sugiere que la temática de líquenes sea introducida en la educación básica secundaria debido a que, en estos niveles educativos, pueden ser abordados en diferentes conceptos tales como población, comunidades, ecosistemas, ciclos biológicos, biodiversidad, evolución, entre otros.

Por otra parte, la autora destaca que los líquenes son un recurso pedagógico valioso para la enseñanza de la biología, ya que presentan grandes ventajas como su amplia distribución y crecimiento en diversos sustratos, fácil adquisición en las zonas escolares, falta de dependencia de las estaciones del año y facilidad de estudio con instrumentos de observación simples, permitiendo abordar diversos contenidos de aprendizaje del currículo escolar.

Algunas experiencias educativas frente al uso de líquenes como recurso educativo están vinculadas con problemas ambientales como la contaminación atmosférica. Por ejemplo, Estrabou (1993; 1998) llevó a cabo algunos proyectos en niveles educativos de la básica secundaria con el fin de evaluar el número de especies presentes y su cobertura en árboles para luego compararlas con aquellas especies que están ubicadas cerca a fuentes de emisiones de contaminantes (autopistas, zonas industriales, etc.), relacionando al mismo tiempo los conceptos de biodiversidad, evolución, especies sensibles, tolerantes y resistentes a la contaminación. De igual manera, García, Guerrero, Marcelli y Saiki (1998) realizaron una propuesta didáctica para

monitorear la calidad del aire a través de los líquenes como bioindicadores con estudiantes de segundo grado de la básica secundaria con el propósito de mejorar el desempeño a través de actividades de campo y hacer conciencia sobre los problemas ambientales de impacto global.

Orozco y Soto (2012) utilizaron los líquenes como recurso pedagógico en la enseñanza de conceptos de evolución, taxonomía y biodiversidad con estudiantes de grado noveno en un colegio público de ciudad Bolívar en Bogotá. Los autores encontraron que los estudiantes tenían un desempeño insuficiente y poca comprensión en éstos temas. Por ejemplo, los conceptos de evolución eran concebidos a nivel macro, la biodiversidad en organismos, y el trabajo taxonómico como trabajo propio de un científico. Además, la mayoría de estudiantes desconocían los líquenes o tendían a confundirlos como musgos. El uso de líquenes como recurso en la enseñanza de conceptos de evolución, taxonomía y biodiversidad permitió fomentar el desarrollo de competencias científicas y una mayor participación en el estudio de los líquenes hacia la definición de estos conceptos. Los autores concluyen que los líquenes como recurso pedagógico generan a los estudiantes mayor comprensión y desempeño frente a los conceptos abordados en el proyecto, logrando que fortalecieran sus concepciones y desarrollaran competencias hacia estos temas.

Por otra parte, Magallan y Saldarelli (2012) utilizaron la estadística como herramienta modelizadora para conocer el estado de la calidad del aire a través de líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica. La propuesta didáctica fue aplicada a estudiantes de primer año de la educación básica secundaria y se evidenció un buen uso de las herramientas estadísticas, favoreciendo el análisis crítico de los datos obtenidos en la etapa de muestreo de líquenes, para finalmente comprender que los niveles de contaminación tienen una correlación directa con la presencia y distribución de los líquenes en el área de estudio.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se concluye de manera preocupante que la enseñanza de los líquenes en la educación básica suele estar ausente en los currículos escolares, debido a que la gran mayoría de los docentes organiza los contenidos de acuerdo a su propio conocimiento e insiste en aquellas áreas en las que tiene mayor seguridad y familiaridad. Lo anterior genera en los estudiantes algunas concepciones erróneas y dificultades de aprendizaje, como también un alto grado de desconocimiento del tema obstaculizando la comprensión de conceptos ecológicos y biológicos.

Finalmente, es importante destacar la utilidad de los líquenes como recurso pedagógico, ya que gracias a sus características biológicas permiten desarrollar actividades didácticas sobre la biotificación de las condiciones ambientales, al mismo tiempo que se puede articular con otros contenidos de aprendizaje.

3. Marco teórico

3.1 Las prácticas experimentales en la enseñanza de la Biología

Las prácticas experimentales han sido ampliamente reconocidas como estrategias pedagógicas esenciales en la enseñanza de la biología ya que genera en los estudiantes mayor comprensión de los contenidos, desarrollo de técnicas procedimentales y habilidades investigativas. Al respecto Puentes y Valbuena (2010), afirman que las prácticas experimentales son estrategias que permiten a los estudiantes estar en contacto directo con el objeto de estudio, logrando con ello adquirir experiencias de primera mano sobre los fenómenos de la vida cotidiana.

Otros autores como Harrell, Richards, Collins y Taylor (2005), señalan que a través de las prácticas experimentales es posible abordar conceptos abstractos que se dificultan enseñar en el aula de clase, posibilitan realizar una representación concreta y tangible de dichos conceptos los cuales pueden ser visibilizados por los estudiantes. Además, permiten el estudio de fenómenos biológicos a nivel macroscópico y microscópico, dando la oportunidad a que los estudiantes realicen observaciones microscópicas detalladas y comprendan lo que sucede en los dos niveles de organización (Puentes, 2008). Por su parte, Del Carmen (2000) y Barberá y Valdés (1996), manifiestan que las prácticas ayudan a que los estudiantes desarrollen procedimientos científicos como la observación, técnicas manipulativas, registro de datos, entre otros.

Es evidente la importancia de las prácticas experimentales como estrategia en la enseñanza de la biología; sin embargo, se encuentran diversos factores que obstaculizan su realización en las instituciones educativas de la básica secundaria. De acuerdo con Cano y Cañal (2006), son varias las razones por las que profesores de la básica secundaria no realizan prácticas experimentales con sus estudiantes, entre ellas se encuentran la falta de equipos y materiales de laboratorio,

infraestructura inadecuada, pocos recursos económicos para la adquisición de instrumentos y equipos y la falta de tiempo para planear la realización de las prácticas de laboratorio como parte del programa de enseñanza.

Lo anterior genera que los profesores den más relevancia a los contenidos teóricos con uso excesivo de terminología y conceptos específicos que son difícilmente interpretados por los estudiantes, éstos en la mayoría de ocasiones se limitan a memorizar nombres y conceptos sin relacionarlos con su vida cotidiana (Labarce, 2009). En este sentido Capeletto (1999) y Possobom (2003) expresan que los profesores pueden dotar el laboratorio con prototipos experimentales a partir de materiales de fácil acceso y bajo costo que permitan realizar experimentos o ilustraciones de los conceptos enseñados en clase. Por lo tanto, resulta importante el diseño y construcción de prototipos experimentales cuando la institución educativa no dispone de recursos económicos para la adquisición de equipos de laboratorio, los cuales pueden servir como recurso educativo que faciliten el aprendizaje de conceptos y fenómenos, así como también desarrollar en los estudiantes habilidades o destrezas relacionadas con el uso y manejo de los mismos.

3.2 Los instrumentos científicos en la ciencia

Marín (2009) manifiesta que la práctica científica se compone de varios tipos de conocimientos teóricos y experimentales, además del tecnológico o instrumental, que comprende las técnicas experimentales relacionadas con la fabricación y utilización de instrumentos científicos en la producción de fenómenos y conceptos científicos. En este sentido, Ferreirós y Ordoñez (2002) señalan que la ciencia no es un conjunto de fenómenos del mundo natural sino de artefactos técnicos o fabricaciones encargadas de la producción o creación de fenómenos.

Al respecto Madrid (2009) expresa que los aparatos o instrumentos científicos son los

contextos determinantes de la ciencia, ya que son los productores de la realidad que posibilita la construcción del conocimiento científico, de modo que la práctica científica involucra manejar o manipular diversas entidades reales empleando la teoría y equipos de laboratorio, siendo el científico un sujeto técnico-operario que no descubre y explica los fenómenos extraídos de la naturaleza, sino por el contrario, los crea para convertirlos en piezas centrales de la teoría (Hacking, 1996). Por lo tanto, la práctica científica no solo consiste de un cuerpo de teorías o hipótesis sino de manejar o manipular diversas entidades reales empleando la teoría y los equipos. De ahí que el fenómeno y el instrumento constituyen una estrecha relación, debido a que la construcción y desarrollo de un instrumento supone al mismo tiempo la construcción conceptual de un fenómeno (Velasco, 1998).

Considerando lo anterior, Iglesias (2004) señala que los instrumentos científicos permiten mostrar a la ciencia como una actividad que incluye diversas variables como la intervención humana mediante el uso de equipos de laboratorio, donde es posible manipular las entidades, sustancias y diversos objetos para comprender los fenómenos que suceden en la naturaleza.

Por otra parte, Martínez (2007) considera los instrumentos científicos como objetos de la ciencia utilizados para observar, medir o (re) producir un fenómeno del mundo natural que se desea estudiar a través de un experimento específico, esto quiere decir que son *modelos* o analogías a partir de los cuales los científicos manipulan la realidad y de esta forma producen fenómenos. Además, este autor apoyándose de William Hackman (1987) clasifica los instrumentos científicos en dos tipos: pasivos y activos. Los instrumentos pasivos son aquellos destinados a la observación como los microscopios compuestos o estereoscópicos, en cuanto a los instrumentos activos son los encargados de crear o producir nuevos fenómenos. De igual manera, resalta que el instrumento no es científico por sí solo sino por su uso, éstos pueden ser

utilizados en la observación o experimentación científica y como recurso educativo o didáctico en la enseñanza y aprendizaje de contenidos científicos.

3.3 Los recursos educativos o didácticos

En la literatura se encuentra diversas definiciones de recurso didáctico los cuales se establecen de acuerdo con los criterios y enfoques utilizados por los diferentes autores. Marquès (2000) define los recursos educativos como aquellos materiales que pueden ser utilizados para apoyar o facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje de un contenido en particular o simplemente para facilitar el desarrollo de las actividades didácticas con la intención de solo informar.

Para Carretero, Coriat y Nieto (1995) los recursos educativos son todos aquellos materiales no creados específicamente para el aprendizaje de un concepto o procedimiento particular como por ejemplo el tablero, diapositivas y fotografías. Otros autores como Souza (2007) definen los recursos educativos como aquellos medios materiales que el docente dispone para facilitar o apoyar el desarrollo de los contenidos con la intención que el estudiante lo asimile de manera significativa.

A partir de lo anterior, se puede considerar un recurso educativo como cualquier objeto elaborado en diferentes soportes, que en un contexto específico puede proporcionar información y además apoyar o facilitar el proceso educativo. Por otra parte, a través de su manipulación, observación o lectura, favorece en los estudiantes la comprensión de algún concepto o procedimiento en particular.

Las funciones didácticas de los recursos didácticos pueden ser diversas en la medida que se utilicen en los procesos de enseñanza-aprendizaje, entre las principales de acuerdo con Marín (2010) están: facilitar la enseñanza y aprendizaje de contenidos específicos; proporcionar simulaciones que ofrecen entornos para la observación, exploración y la experimentación;

contribuir al desarrollo de habilidades, actitudes y destrezas concretas como fomentar mayor participación y el trabajo en equipo.

Con relación a la tipología de los recursos educativos, estos se clasifican según su tipo de elaboración (soporte físico y simbólico) como se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los recursos educativos según su soporte físico y simbólico (Marín, 2010)

Tipología de Recursos educativos		
Según el soporte físico y simbólico	Material Impreso	Libros de texto, manuales, folletos, documentos, periódicos, revistas, fotocopias, cartillas.
	Material Audiovisual	Videos, diapositivas, programas, radio, casetes. Películas, programas de televisión, pizarrón electrónico.
	Materiales Multimediales	Programas educativos, páginas web, software educativo, hipertextos e hipermedia.
	Materiales de imagen fija no proyectables	Láminas (incluye los dibujos en el tablero), carteles, cómics, fotografías.
	Material Manipulativo	Modelos, juegos de mesa, ábacos, regletas, calculadora, maquetas, animales disecados.
	Material de laboratorio e instrumentos científicos	Termómetro, calorímetro, condensador, balanza, erlenmeyer, pipetas.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, es importante aclarar que los prototipos experimentales están dentro del marco de los materiales de laboratorio, debido a que es *modelo* o representación de un instrumento óptico (microscopio estereoscopio) que puede ser usado como referencia para realizar observaciones detalladas de objetos o fenómenos que no se pueden visualizar a simple vista.

3.4 Los prototipos experimentales como recurso didáctico en la enseñanza de las Ciencias

A mediados de la década de los setenta se empezó a reconocer la importancia de utilizar recursos didácticos en la enseñanza-aprendizaje de la Ciencias, ya que a través de su uso los estudiantes pueden comprender conceptos abstractos y percibir fenómenos, generando en ellos un mayor interés y motivación por aprender ciencias (Pérez y Falcón, 2009).

Algunos recursos didácticos que pueden ser utilizados en el aula de clase de las ciencias naturales son los prototipos experimentales, los cuales se caracterizan por facilitar o apoyar la enseñanza de contenidos que difícilmente pueden ser abordados solamente con conceptos teóricos en el aula de clase. Teniendo en cuenta lo anterior, Pérez y Falcón (2009) señalan que son herramientas valiosas en los procesos de enseñanza, ya que facilita o apoya el abordaje de contenidos abstractos, permitiendo que los estudiantes logren comprender la naturaleza de determinado fenómeno.

Por otra parte, es necesario reconocer los prototipos experimentales como un *modelo* que representa una idea, un objeto, un acontecimiento, un proceso o un sistema creado con un objetivo específico (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000). En otras palabras, un modelo permite explicar, esclarecer y predecir algún hecho, objeto o fenómeno que no puede ser observado o accedido directamente. Por lo tanto, Justi (2006) menciona que los modelos son utilizados para simplificar fenómenos complejos, ayudar en la observación de entidades abstractas, facilitar la interpretación de resultados experimentales, favorecer en la elaboración de explicaciones, entre otros.

Los prototipos experimentales se pueden concebir como un modelo o representación que puede ser utilizado como referencia de una parte de la realidad, con el que se puede comprender diferentes variables de un fenómeno u objetos que en la realidad serían más abstractos. Para

Chamizo (2010) “los modelos (m) son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo (M), con un objetivo específico”. De acuerdo con este autor, los modelos pueden ser analógicos, estos pueden ser modelos materiales o prototipos, que se caracterizan por ser de acceso empírico y contruidos para comunicarse entre individuos, es decir que, a través del modelo material o prototipo se facilita la experiencia y observación de fenómenos, además son utilizados para representar de forma más clara y propicia fenómenos y objetos complejos dentro de una comunidad. Dentro de este tipo de modelos, los prototipos pueden estar expresados a través de un lenguaje específico, como en objetos de dos dimensiones, por ejemplo un mapa, o tres dimensiones como maquetas diversas.

Es importante reconocer que los prototipos permiten representar objetos abstractos que difícilmente pueden ser comprendidos, proporcionando a los estudiantes una explicación visual sobre algún concepto y logrando una conexión entre los fenómenos observados y la explicación científica (Aragón, 2007). Por lo tanto, los modelos materiales y en particular los prototipos experimentales son representaciones visuales o físicas usadas para facilitar a los estudiantes el entendimiento o visualización de una idea, proceso o sistema, concepto abstracto o una estructura microscópica.

Según lo anterior, se destaca el uso de los prototipos experimentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, ya que son facilitadores de la comprensión de los conceptos científicos y fenómenos, incidiendo positivamente en los modelos mentales de los estudiantes. Igualmente, cabe resaltar que el diseño, construcción y utilización de prototipos para la realización de prácticas experimentales es una propuesta alternativa en los centros educativos que no cuentan con equipos y materiales de laboratorio. Pérez y Falcón (2009) manifiestan que sí los docentes de ciencias diseñan, construyen y emplean prototipos experimentales con materiales de

bajo costo y asequibles, podrán realizar experimentos o demostraciones en el aula aunque la institución educativa no cuente con un laboratorio bien equipado de instrumentos sofisticados.

Por otro lado, Carboni (1997; 2001; 2004) presenta tres prototipos experimentales de microscopios estereoscópicos con materiales asequibles y de bajo costo. El primer prototipo (ver Figura 1) denominado *microscopio estereoscópico con un objetivo común* (1997) se caracteriza por tener una potencia de magnificación de 10X. Su estructura consiste de un sistema óptico, un sistema de enfoque y un pedestal. El sistema óptico consta de un binocular porro (8x30) que son los oculares, una caja prismática y un lente objetivo común desmantelados de un binocular usado. El sistema de enfoque está conformado de un carro y una cremallera-piñón cuya función es desplazar en dirección vertical el sistema óptico y de un dispositivo de centrado que lleva la óptica a la distancia focal correcta del objeto de estudio. En cuanto al pedestal sirve para dar estabilidad al microscopio como ser soporte de la muestra natural. El proceso de construcción del microscopio estereoscópico con un objetivo común implicó dos fases, la primera fase corresponde al sistema óptico y la segunda al sistema de enfoque. Finalmente, los materiales

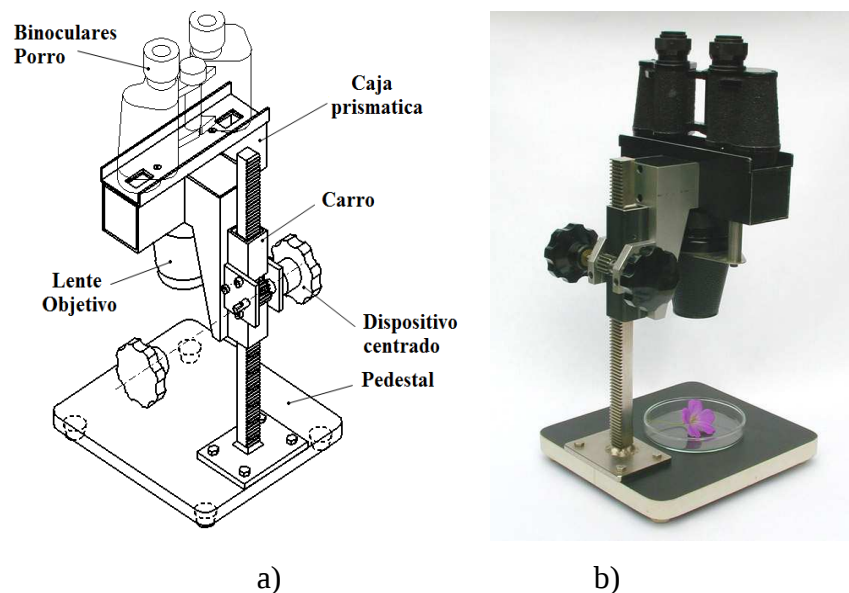


Figura 1. El microscopio estereoscópico con un objetivo común. a) Modelo computacional vista isométrica con partes principales. b) Microscopio estereoscópico construido.

utilizados en el proceso de construcción en su gran mayoría fueron de aluminio anodizados el cual se caracteriza por ser ligero, resistente al desgaste y la corrosión. También se emplearon materiales como panel aglomerado cubierto, lámina de nylon, cremallera – piñón, hojas de aluminio, variedad de tornillos, entre otros.

El segundo prototipo propuesto por Carboni (ver Figura 2) consiste en un *microscopio estereoscópico-zoom* (2001) que presenta un rango de variación de magnificación gradual de 10 a 57X. El sistema óptico del microscopio consiste de un par de binoculares porro (8x30), una caja prismática y una lente zoom de cámara fotográfica como lente objetivo común que se caracteriza por tener diversas distancias focales con un acercamiento mayor o menor de la muestra biológica. Por su parte la estructura mecánica consiste de un plato frontal, un pedestal y un sistema de enfoque. El plato frontal sirve como soporte del componente óptico y el pedestal es la base sobre la que se apoya el microscopio y se ubica el objeto de estudio. Con relación al sistema de enfoque se compone de un carro y dispositivo de centrado con la misma función que en el modelo anteriormente descrito, pero su movimiento es más fluido, suave y regular gracias

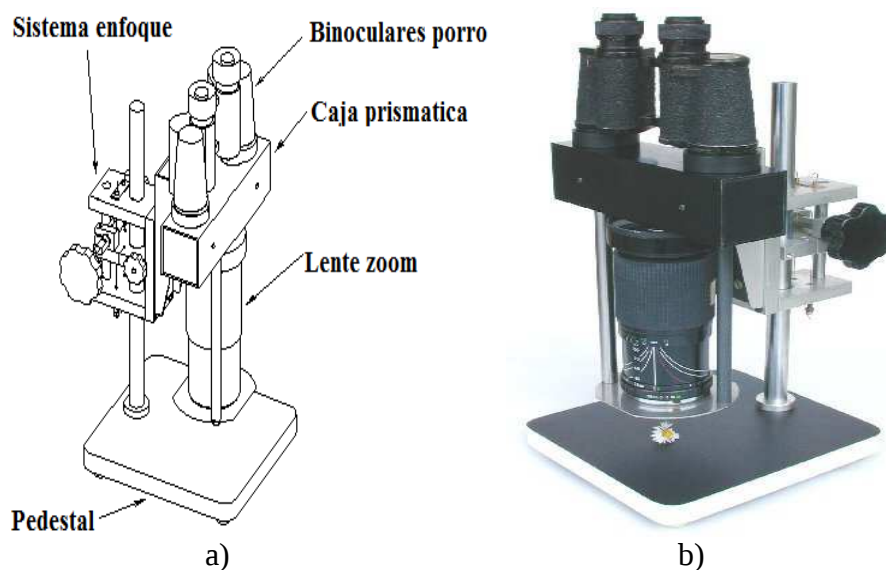
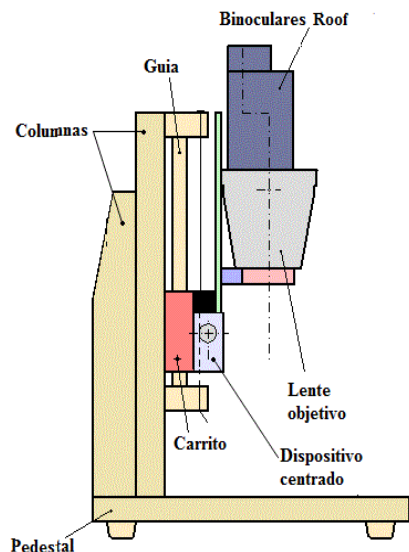


Figura 2. El microscopio estereoscópico-zoom. a) Modelo computacional vista lateral con partes principales. b) Microscopio estereoscópico-zoom construido.

al empleo de cables trenzados de acero, además el rango de desplazamiento es más amplio para observar muestras biológicas de gran tamaño. Por otra parte, el autor propone en el diseño iluminación transmitida usando un espejo para mejorar la visión de las muestras biológicas. Por último, en el proceso de fabricación fue de cuatro fases, la primera correspondió al sistema óptico, la segunda al plato frontal, la tercera fase al sistema de enfoque y la cuarta fase al pedestal. En cuanto a los materiales utilizados fueron placas y tubos de aluminio, varillas roscadas, panel aglomerado, placas de acero inoxidable, perillas plásticas, entre otros.

La tercera propuesta de Carboni (ver Figura 3) consta de *un simple microscopio estereoscópico* (2004) que presenta una potencia de magnificación de 10.5 X. Su sistema óptico está constituido básicamente por una lente objetivo común desmontada de un binocular y un par de binoculares roof 8x30. Al respecto Carboni menciona que al ubicar los binoculares roof sobre el lente objetivo común a una distancia focal del objeto de estudio se genera una visión estereoscópica de este, siendo innecesaria la construcción de la caja óptica propuesta en los dos primeros diseños, como también resalta que los binoculares pueden ser removidos de la estructura para ser reemplazados por unos de mayor magnificación, lo cual se ve reflejado en el rango de potencia del mismo. En cuanto al pedestal y sistema de enfoque del microscopio estereoscópico, el primero está conformado por una base y dos columnas encargadas de soportar el transporte y la óptica del microscopio como ser soporte de las muestras naturales. En el sistema de enfoque se distingue tres partes: una guía, un carro y dispositivo de centrado que se obtienen fácilmente a partir de placas de madera, tubo de aluminio, placas de plexiglás y cables de acero. Por último, el proceso de elaboración del microscopio implicó tres fases, la primera correspondió al sistema de enfoque, la segunda al sistema óptico y la tercera al pedestal y columnas. Los materiales empleados fueron la madera, particularmente madera seca cepillada, la

cual se caracteriza por ser de buena calidad, durable y resistente.



a)



b)

Figura 3. Un simple microscopio estereoscópico a) Modelo computacional vista lateral con sus partes principales. b) Microscopio estereoscópico construido.

Los prototipos de microscopio estereoscópicos descritos anteriormente presentan atributos físico-técnicos que sirven de referencia para el diseño y construcción del microscopio estereoscópico. En la Tabla 2 se presentan los atributos físico-técnicos más relevantes de cada modelo.

Tabla 2. Cuadro comparativo de los atributos físico-técnicos de los prototipos de microscopio estereoscópico consultados.

Atributos físico-técnicos de los modelos microscopio estereoscópico			
Componente	Prototipo No1	Prototipo No2	Prototipo No3
Material predominante	Aluminio Anodizado	Aluminio	Madera
Tipo de Binocular	Binocular porro	Binocular porro	Binocular roof
Binoculares removibles	No	No	Si

Tipo Lente objetivo común	Lente objetivo (desmontada de binocular)	Lente objetivo zoom para cámara fotográfica	Lente objetivo (desmontada de binocular)
Caja de Prismas	Si	Si	No
Potencia de aumento	10X	10-57x	10.5-13X
Variación de aumento	No	Si	Si
Fuente de iluminación	No	Si	No

De lo anterior se destacan los atributos del prototipo No3 debido a que su diseño se caracteriza por ser más versátil y de fácil construcción en comparación con los otros modelos, entre ellos se encuentran:

- La utilización de binoculares roof y un lente objetivo común como componentes principales del sistema óptico permiten generar una visión estereoscópica de la muestra natural sin la necesidad de construir la caja prismática presente en los dos primeros diseños.
- La potencia de magnificación del microscopio estereoscópico puede tener un rango de potencia más altas debido a que los binoculares pueden ser reemplazados por otros de mayor aumento.
- Los binoculares roof son livianos, compactos y proporcionan una mayor percepción de profundidad de la muestra ya que tienen mayor distancia entre sus lentes objetivas. Además, son de bajo costo en comparación de los binoculares porro.
- La lente objetiva desmontada de un binocular es más asequible la lente zoom fotográfica, también puede ser extraída de equipos electrónicos usados.
- El empleo de la madera como material predominante de la estructura es económico y fácil adquisición y de bajo costo a nivel comercial en comparación con el aluminio anodizado.
- El uso de la madera es fundamental en el diseño del microscopio estereoscópico ya que es

de baja densidad y resistente al uso constante de los usuarios.

- Otros atributos: resulta transcendental que el microscopio estereoscópico cuente con una fuente de luz para iluminar las muestras naturales, sin embargo se descarta la luz transmitida por un espejo propuesto en el prototipo No 2 ya que es poco potente y afectaría la calidad de la imagen, es su lugar conviene utilizar una linterna para transmitir la cantidad de luz necesaria para realizar observaciones de las muestras naturales a través del microscopio.

De esta forma, se derivan atributos físico- técnicos relevantes que sirven de base para consolidar la propuesta del diseño y construcción del prototipo experimental, permitiendo establecer en el sistema óptico el uso de binoculares tipo roof y la lente objetivo común extraída de cualquier equipo electrónico para la formación de imágenes tridimensionales nítidas, planas y sin distorsión de las muestras naturales. En cuanto a la madera como material predominante posibilita que la estructura sea portable y resistente para su uso frecuente, agregando que este tipo de material puede ser obtenido a un costo relativamente bajo en el mercado o se puede reutilizar residuos de madera para la construcción del mismo, siendo pertinente su utilización en contextos educativos.

3.5 Líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica

Durante las últimas cinco décadas, el aire se ha visto afectado por el vertimiento de todo tipo de agentes contaminantes procedentes de los motores de combustión, aparatos domésticos y la industria en general. De acuerdo a su combinación, concentración y permanencia lo suficientemente altas, pueden constituir un alto riesgo para la salud y el medio ambiente (Rubiano y Chaparro, 2006). Por lo tanto, resulta necesario utilizar técnicas y métodos para monitorear la calidad del aire y poder determinar los niveles de las sustancias tóxicas, como por

ejemplo los metales pesados que afectan su calidad y composición (Bernasconi *et al.*, 2000).

Las técnicas más comunes para monitorear la calidad del aire son aquellas que utilizan a los seres vivos como bioindicadores, los cuales pueden responder a los diferentes grados de contaminación ambiental mediante alteraciones fisiológicas, demográficas y relaciones con otros organismos (Lijteroff *et al.*, 2009). La observación de estos cambios en los organismos bioindicadores permite obtener una representación visual de la contaminación que presenta el medio en el que ellos se desarrollan (Rubiano y Chaparro, 2006). Dentro de los organismos más sensibles frente a los efectos nocivos de la contaminación atmosférica se destacan los líquenes. Hawksworth *et al.* (2005) y Rubiano y Chaparro (2006) manifiestan que los líquenes son ampliamente reconocidos como bioindicadores gracias a sus características biológicas tales como:

1. Son una asociación simbiótica entre un hongo (Micobionte) y un alga (Fotobionte) o cianobacterias, de esta unión se forma un talo morfológicamente diferente a cada uno de sus componentes.
2. Carecen de cutícula y estomas, por lo que absorben tanto nutrientes como los contaminantes a través de la superficie del talo, la carencia de estas estructuras no permite que puedan excretarlos y por consiguiente se acumulan en sus tejidos.
3. Son relativamente longevos, permaneciendo expuestos al efecto nocivo por largos períodos de tiempo y proporcionan una imagen de estados crónicos y no de variaciones puntuales del medio ambiente.
4. Son organismos perennes que pueden ser muestreados durante todo el año.
5. Son cosmopolitas, poseen una amplia distribución y crecen en las superficies de los más diversos sustratos inertes u orgánicos.

Existen una gran cantidad de estudios e investigaciones llevados a cabo con líquenes como bioindicadores (Hawksworth *et al.*, 2005; Méndez y Monge, 2011; Garty *et al.*, 2003; Lijteroff *et al.*, 2009; Rubiano y Chaparro, 2006) que han demostrado que estos organismos son sensibles a los contaminantes atmosféricos específicamente al dióxido de azufre (SO₂). Según Rubiano y Chaparro (2006), su efecto principal es inhibir su crecimiento y desarrollo de talos y causar alteración en sus procesos metabólicos, así como producir cambios morfológicos los cuales se pueden evidenciar por el blanqueamiento del talo (clorosis), pasando a una coloración roja como resultado de la degradación de la clorofila a feofitina, seguido de un ennegrecimiento y finalmente a una necrosis progresiva (muerte tisular o celular) o desaparición total del talo (Rubiano y Chaparro, 2006). Este comportamiento se debe a que los líquenes son especies sensibles o resistentes ante los grados de contaminación atmosférica, cuando la contaminación aumenta se produce un cambio de especies sensibles por especies tolerantes, si se alcanza un grado crítico de contaminación se produce el descenso o desaparición incluso de las especies tolerantes, produciendo el llamado desierto liquénico (Méndez y Monge, 2011). La ausencia o eliminación completa de algunas especies de líquenes pueden causar serios trastornos en las dinámicas de los ecosistemas, debido a que son pioneros en la colonización del suelo y rocas desnudas (Méndez y Fournier, 1980), preservan la humedad del suelo, reflejan el calor, agregan materia orgánica, atrapan semillas y sirven como alimento para algunos herbívoros y humanos (Cohn, 2014).

Esto ha llamado la atención de diversos científicos sobre el desarrollo métodos que faciliten determinar los efectos de la contaminación atmosférica a partir de la vegetación liquénica, algunos métodos tienden a medir la presencia o ausencia de las especies de líquenes, su número, frecuencia de aparición y cobertura sin determinar el origen o tipo de contaminante, otros por el

contrario miden los contaminantes acumulados en sus talos a través de métodos químicos (Méndez y Fournier, 1980). Entre los más utilizados por los investigadores en el tema, se encuentra el método de índice de pureza atmosférico (IPA) basado en la suma de frecuencias de especies liquénicas presentes dentro de un área con zonas específicas de contaminación (Rubiano y Chaparro, 2006). Además, este método ha sido utilizado en diversos proyectos ambientales en la educación básica secundaria (Liska, 1998; Méndez, Rivas y Monge, 2000; Kett, Dong, Andrachuk y Craig, 2005; Giacobone y Cabrera, 2009; Samsudin *et al.*, 2012; Samsudin, Daik, Abas, Meerah y Halim, 2013), su uso por parte de los estudiantes permitió obtener resultados concretos y viables sobre la presencia y distribución de líquenes en las zonas de estudio.

Capítulo IV.**4. Aspectos metodológicos**

En este capítulo se presenta la metodología del trabajo en la cual se establecen las estrategias que se proponen para resolver el problema de investigación. En primer lugar se definen los objetivos generales y específicos de la investigación (4.1); posteriormente, el procedimiento investigativo desarrollado en cada una de las fases del estudio (4.2); por último, se encuentra la recolección y organización de la información en la cual se indican los instrumentos y las técnicas de análisis (4.3).

El estudio pretende dar respuesta a la pregunta de investigación, relacionada con diseñar y construir un microscopio estereoscópico con materiales de fácil adquisición, bajo costo, fácil manejo y mantenimiento como recurso didáctico experimental para la enseñanza de los líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica, el cual para su diseño y construcción involucra aspectos pedagógicos-didácticos y técnicos-estructurales acordes al contexto educativo para la cual está desarrollado.

Lo anterior permite derivar a los objetivos de esta investigación. En este trabajo de grado se propone:

4.1 Objetivos de la investigación**Objetivo General**

Proponer un microscopio estereoscópico como recurso didáctico experimental para la enseñanza de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la educación básica.

Objetivos Específicos

- Diseñar y construir un microscopio estereoscópico utilizando materiales de fácil acceso y

bajo costo.

- Evaluar la utilidad del microscopio estereoscópico como recurso didáctico experimental en la enseñanza de la educación básica.

4.2 Proceso investigativo

La metodología adoptada para este trabajo de grado es de carácter cualitativo, con enfoque exploratorio y descriptivo, mediante la realización de un estudio de caso el cual es utilizado ampliamente para comprender de forma detallada la realidad social y educativa. Autores como el caso de Yin (1989), destaca la gran importancia que tiene la investigación basada en estudio de casos, ya que implica un proceso de indagación, descripción y análisis detallado dentro de un contexto de la vida real como lo son las instituciones educativas, permitiendo explorar y analizar una situación específica abordando de forma extensa el objeto de estudio y reconociendo el contexto general donde se genera (Muñoz y Muñoz, 1999). Así mismo, Martínez (2007) señala que su uso ante realidades sociales y educativas resulta ser una estrategia adecuada para investigaciones a pequeña escala, en un tiempo, espacio y recursos establecidos; además, permite utilizar diversos métodos y técnicas para recoger evidencias desde múltiples perspectivas que son de gran importancia para dar respuesta a los cuestionamientos que se plantean en las investigaciones.

Por lo tanto, el estudio de caso llevado a cabo en esta investigación fue relevante debido a que permitió evidenciar la utilidad del microscopio estereoscópico como recurso didáctico en el estudio de los líquenes como bioindicadores en un contexto educativo específico de la educación básica, lo cual facilitó la recolección de experiencias mediante el desarrollo de actividades experimentales relacionadas con el uso y manejo del mismo por parte de los estudiantes (usuarios).

La metodología ha sido estructurada teniendo en cuenta los aportes de Duarte, Gutiérrez y Fernández (2007) y Cervantes *et al.*, (2010) respecto a la elaboración de prototipos didácticos para la didáctica de las Ciencias Naturales. Las fases metodológicas que constituyeron el procedimiento para el diseño, construcción y validación del prototipo experimental se presenta en la Figura 4, las cuales fueron:

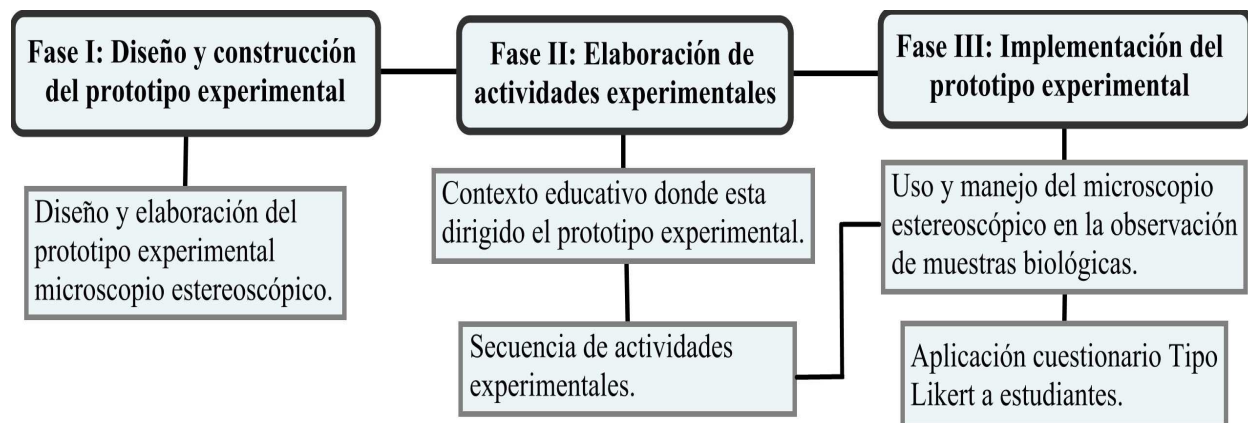


Figura 4. Diagrama de flujo de las fases de la propuesta metodológica (Fuente: Elaboración propia)

4.2.1 Fase de diseño y construcción del prototipo experimental

En esta fase se consideraron aspectos relevantes de los componentes estructurales y materiales de los modelos de microscopio estereoscópico propuestos por Carboni (1997; 2001; 2004), a partir de los cuales se realizaron las adaptaciones y modificaciones para obtener el prototipo experimental final. En este sentido, se describieron los materiales empleados con sus respectivas dimensiones y el proceso de construcción que implicó tres componentes: *i)* el sistema óptico; *ii)* el pedestal (las columnas y base) y *iii)* el sistema de enfoque. Para cada componente se realizó un modelo computacional con el propósito de que las piezas tuvieran las medidas precisas y su ensamble fuera correcto. Además, se presentó la potencia de aumento y el principio de funcionamiento del microscopio estereoscópico.

4.2.2 Fase de elaboración de actividades experimentales

Para la elaboración de las actividades experimentales se tuvieron en cuenta algunos aspectos educativos generales tales como el contexto y la población a la cual estará dirigido el prototipo experimental. Posteriormente, se definió la secuencia de actividades experimentales que se desarrollaron en cada una de las sesiones, éstas actividades fueron de tipo *ejercicios prácticos* o *ateóricas* y *experiencias* (Caamaño, 2003). Las ateóricas pretendieron que los estudiantes reconocieran el microscopio estereoscópico como instrumento óptico para el estudio de las estructuras anatómicas y morfológicas del liquen, así como aprendieran procedimientos y técnicas asociadas al uso y manejo del mismo.

Por otra parte, las *experiencias* fueron actividades prácticas con la intención de que los estudiantes identificaran en los líquenes las estructuras anatómicas y morfológicas, así como los cambios morfológicos derivados de la contaminación atmosférica.

4.2.3 Implementación del prototipo experimental

Esta fase involucró la participación de los estudiantes en la realización de las actividades experimentales relacionadas con el uso y manejo del microscopio estereoscópico en el estudio de líquenes como bioindicadores. Las actividades experimentales se realizaron con 13 estudiantes del grado octavo de la básica secundaria en una institución educativa de carácter oficial ubicado en el municipio de Santiago de Cali (Valle). El espacio destinado para la aplicación de las actividades fue el salón de clases y el laboratorio, en cuanto a la organización de los estudiantes fueron organizados en cuatro grupos de trabajo. El tiempo requerido para la aplicación de las actividades experimentales fue de diez horas equivalente a dos horas semanales en el horario escolar de la asignatura de biología.

Por otra parte, se realizó la valoración de la utilidad del microscopio estereoscópico como

recurso didáctico experimental a través de un cuestionario tipo Likert por parte de los estudiantes con la intención de conocer su percepción frente al uso y manejo del mismo durante la realización de las actividades experimentales.

4.3 Recolección de la información (instrumentos y técnicas de análisis)

La recolección de información para este estudio involucró dos etapas: la primera asociada a la implementación del microscopio estereoscópico en la realización de las actividades experimentales y la segunda orientada a la evaluación de la utilidad del mismo por parte de los estudiantes (usuarios). Para la primera etapa se definió la observación participante y para la segunda el uso del cuestionario tipo Likert.

Observación participante: La observación participante es una técnica de recolección de información que consiste en observar a la vez que se participa en las actividades experimentales del grupo de estudiantes que se está investigando. Los datos se soportan en las *hojas de trabajo* desarrolladas por los estudiantes las cuales hacen referencia al uso y manejo del microscopio estereoscópico en la observación de muestras naturales.

Cuestionario: El cuestionario fue aplicado a 13 estudiantes del grado octavo de la básica secundaria con la intención de valorar el aspecto técnico del microscopio estereoscópico y su utilidad como recurso didáctico experimental. El cuestionario se elaboró con aportes de Pérez y Falcón (2009) como también de las fichas técnicas de los microscopios estereoscópicos desarrollados y fabricados por la compañía Leica Microsystem líder en el mercado de microscopía compuesta y estereoscópica.

En la versión definitiva del cuestionario se plantearon 29 ítems con breves enunciados (ver anexo 11), donde se indicó al estudiante que señalara su acuerdo o desacuerdo con cada afirmación en una escala de cinco puntos (Totalmente de acuerdo –TA; de acuerdo –A; indeciso

–I; en desacuerdo –D y totalmente en desacuerdo –TD). El cuestionario indagó dos componentes, el primero corresponde al componente técnico y estructural propio del microscopio estereoscópico y el segundo abordó el componente educativo (pedagógico y didáctico) en relación a su inclusión e implementación en el contexto escolar con el fin de promover el aprendizaje en los estudiantes. En la Tabla 3 se indican dichos componentes y los aspectos a valorar con sus respectivos ítems.

Tabla 3. Cuadro de los componentes y aspectos a valorar en el cuestionario.

Componentes técnico- estructural y pedagógico/didáctico		
Componente	Aspecto a valorar	Ítems
Técnico y estructural	Atributos físicos (color, tamaño, peso, acabado y estética)	9,10,12,16,22,24,25
	Funcionalidad (la utilidad o función del instrumento)	4, 7, 14, 15, 17, 18, 21,29
	Manejo y uso (técnicas y procedimientos asociados a su utilización, como por ejemplo, el montaje y desmontaje de sus partes, ajustes, entre otras)	13, 19, 20, 23, 26,27, 28
Pedagógico/didáctico	Relación del prototipo propuesto con los propósitos didácticos, el contenido y las actividades sugeridas con su uso.	1, 2, 3, 5, 6, 8, 11

Para el análisis de la información obtenida se registraron los datos de manera individual por ítem y posteriormente se clasificaron de acuerdo a la escala elegida, esto permitió valorar favorable o desfavorable cada uno de los ítems. Finalmente, de manera colectiva se determinó la percepción del grupo de estudiantes según los aspectos valorados en el cuestionario.

5. Resultados y discusión

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el proceso de diseño, construcción y validación del microscopio estereoscópico como prototipo experimental para ser usado con fines educativos, particularmente, en la enseñanza de los líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica. Para ello, se tuvieron en cuenta dos componentes constitutivos derivados de los aportes teóricos: el componente técnico y estructural y la implementación del microscopio estereoscópico.

Para el diseño y construcción del microscopio estereoscópico se describió el componente técnico y estructural requerido (5.1). En la implementación se definió aspectos referidos al contexto educativo y aspectos pedagógicos-didácticos que involucraron el uso y manejo del microscopio estereoscópico en la realización de actividades experimentales asociadas al reconocimiento de las estructuras anatómicas y morfológicas del líquen, así como los cambios morfológicos derivados de la contaminación atmosférica. Por otra parte, se obtuvieron los resultados de la aplicación del cuestionario que valoró el uso y manejo del microscopio estereoscópico y su utilidad como recurso didáctico en la enseñanza de la educación básica (5.2).

5.1 Diseño y construcción del microscopio estereoscópico: componente técnico y estructural

Para el diseño y construcción del prototipo microscopio estereoscópico se recogieron aspectos relevantes de la revisión de los componentes estructurales y materiales de los modelos de microscopio estereoscópico (Carboni, 1997; 2001; 2004) de origen italiano a partir de los cuales se hicieron las necesarias adaptaciones y modificaciones de los modelos iniciales ajustándolo al contexto local (Cali, Colombia). En este sentido, se describieron los materiales y el proceso para su construcción, el principio de funcionamiento y la potencia de magnificación o aumento del

microscopio estereoscópico.

- Materiales

Los materiales requeridos para la construcción del microscopio estereoscopio son de fácil adquisición y bajo costo, algunos de ellos son logrados de material usado. En la **Tabla 4** se especifica todos los materiales utilizados en el proceso de elaboración con sus respectivas medidas en centímetros (cm):

Tabla 4. Materiales para la construcción del microscopio estereoscópico.

Sistema Óptico	1 Binocular compacto o roof 10X25; 2 Lentes objetiva de 50 milímetros de diámetro.
Pedestal	1columnas de madera de 38.9x6x2cm; 1 columna de 38.5x2x2cm; 1 tabla de madera 25x20x2cm.
Sistema de Enfoque	1 placa de madera de 7x6x3.5cm; 1 varilla enroscada de 15 cm largo; 1 cable de acero trenzado recubierto o guaya para motocicletas (40 cm largo); 1 tornillo; 3 manillas de madera; 1 placa de madera 6x4x4 cm, 1 placa de madera 6x5x3cm; 1 tubo de aluminio 40cm con diámetro de 1,5cm; 1 tubo de PVC de 4 pulgadas; 1 tapa de PVC de 4 pulgadas; 1 Circulo de madera de 15x15x1,5 cm con un orificio en el centro de diámetro 10,16 cm.
Otros	Lija; pegante para madera; vinilo color negro, laca; grapadora para madera, variedad de tornillos.

- Proceso de construcción del prototipo experimental

El proceso realizado para su construcción implicó considerar tres componentes: *i)* el sistema óptico; *ii)* el pedestal (las columnas y base) y *iii)* el sistema de enfoque.

i) Sistema óptico

El componente óptico del microscopio estereoscopio consta de 2 lentes objetivos con diferentes aumentos que fueron retirados de un cañón proyector obtenido en un taller de

electrónica y un par de binoculares prismáticos roof (10x25) que son los oculares del microscopio (Figura 5 a y b).

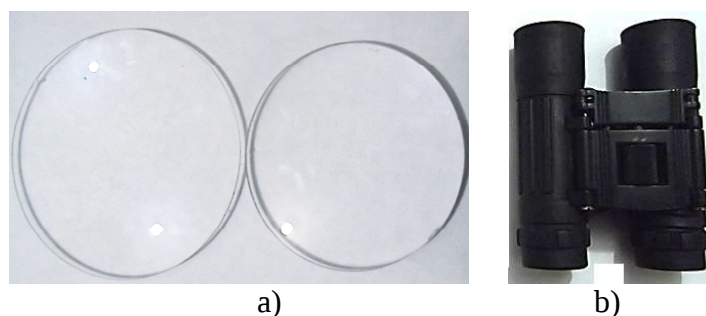


Figura 5. Componentes estructurales del sistema óptico. a) Lentes objetivos acromáticos. b) Binoculares roof.

Por otra parte, el procedimiento para la elaboración del soporte óptico consistió en cortar un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro y 6 cm de altura, con su correspondiente tapa, a la cual se le realizan dos agujeros del mismo diámetro de los lentes frontales del binocular, y como soporte del lente objetivo, incrustar cuatro tornillos alrededor del tubo de PVC. Para finalizar, tomar uno de los lentes objetivos y ubicar dentro del soporte ya realizado, colocar la tapa y luego los binoculares (**Figura 6**).

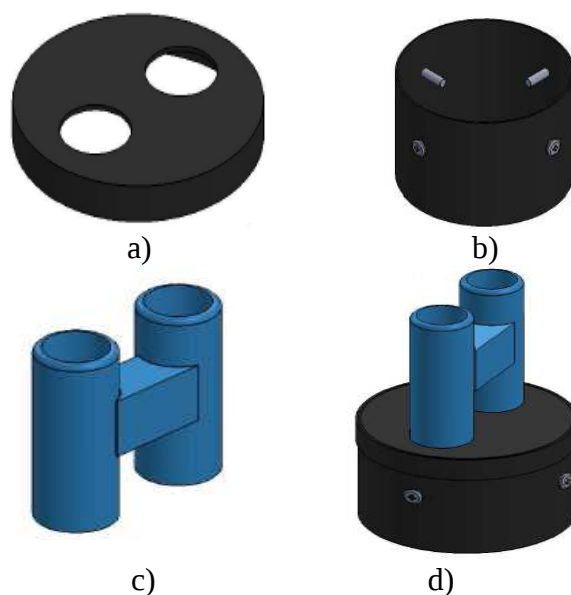


Figura 6. Modelo computacional vista isométrica sistema óptico. a) tapa de PVC. b) tubo de PVC con soportes. c) binoculares roof. d) sistema óptico construido.

ii) El pedestal

Esta estructura consiste en la base y las columnas del microscopio, la cual es la encargada de soportar el transporte de carrito y proveer una superficie plana para colocar el objeto que se quiere observar. Su construcción consiste en poner una columna (38.9x6x2cm) en una ranura con las mismas medidas en la base de madera (25x20x2cm). De tal manera que esta pieza descansa sobre la base, y al pegarla quede fuertemente fijada. Para mayor soporte del movimiento del carrito y del sistema óptico, poner la otra columna (38.5x2x2cm) detrás de la primera (**Figura 7**). Cabe aclarar que las medidas de las columnas son de acuerdo a la distancia focal de los lentes objetivos obtenidos en el cañón proyector más la altura de los componentes ópticos cuando están ensamblados en el soporte óptico.

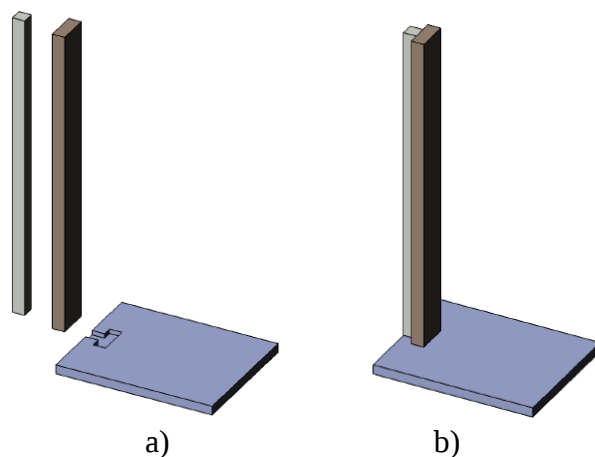


Figura 7. Modelo computacional vista isométrica Pedestal. a) ensamble de base y columnas. b) Pedestal construido.

iii) Sistema de enfoque

El sistema de enfoque consiste principalmente de tres partes: un base óptica que es el encargado de soportar todo el componente óptico del microscopio estereoscópico, un carrito que permite su desplazamiento en dirección vertical de la estructura anterior, un dispositivo de centrado que tiene la función de llevar el carrito, y con ella toda la óptica del microscopio a la altura correcta

para ver los objetos y mantenerlos en una sola posición. Para el carrito, tomar una placa de madera (7x6x3.5cm) y hacer en el centro un agujero con el diámetro del tubo de aluminio; además, hacer una ranura (1.5cm) donde se fija el círculo de madera (**Figura 8a**). En cuanto el dispositivo de centrado, realizar dos agujeros en el carrito, uno en la parte inferior-transversal con el diámetro de la varilla enroscada (3.5cm) y otro lateral-superior con el diámetro de un tornillo mediano (**Figura 8b**). En el primer agujero ubique la varilla enroscada y en el segundo el tornillo, ambos con sus respectivas manillas de madera (**Figura 8 c y d**).

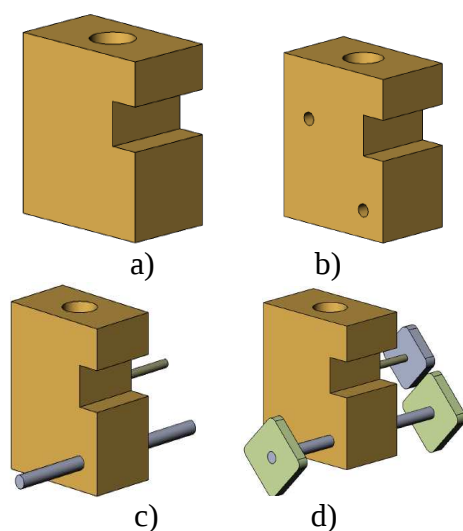


Figura 8. Modelo computacional vista isométrica sistema de enfoque. a) carrito. b) dispositivo de centrado. c) y d) componentes estructurales del dispositivo de centrado.

Para la base óptica, hacer un círculo (15x15x1.5 cm) en una tabla de madera, con un orificio central de diámetro 10.16 cm (**Figura 9a**). En cuanto al tubo de aluminio (tubo de deslizamiento), realizar agujeros en una cara del tubo con el diámetro de un tornillo de mediano cada 4cm, de tal forma que, al apretarlo se incruste y el carrito se ajuste en un solo lugar (**Figura 9b**). Para las dos placas de madera (6x4x4 cm y 6x5x3cm), a cada una realizarle ranuras con el diámetro del tubo de aluminio (1.5cm), esto para que soporten fijamente el tubo de aluminio (**Figura 9c**).

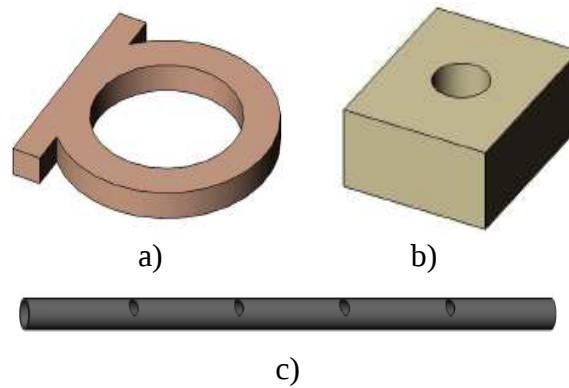


Figura 9. Modelo computacional vista isométrica de: a) sistema de base óptica. b) placa de madera. c) tubo de desplazamiento.

Posteriormente, pegar la placa de madera (6x4x4 cm) en la base del microscopio, proceda a colocar en la placa de madera el tubo de aluminio junto con el carril y el dispositivo de centrado. En el otro extremo del tubo de aluminio, instalar la otra placa de madera restante (6x5x3cm) y asegúrela con pegante para madera y puntillas a la columna. A continuación, realizar dos agujeros en la esquina lateral derecha de las dos placas de madera, en el caso de la placa de madera inferior (6x4x4 cm), el agujero debe atravesar la base del microscopio.

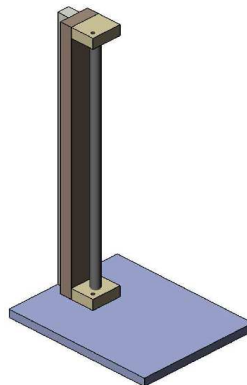


Figura 10. Modelo computacional vista isométrica de ensamble de partes estructurales.

Consecutivamente, tomar el cable de acero trenzado recubierto o guaya y atravesarlo por el agujero de la base y placa de madera inferior (6x5x3cm) respectivamente, enrollarlo en la varilla enroscada que contiene el dispositivo de centrado, para luego atravesar el cable o guaya (40 cm de largo) en el agujero de la placa de madera superior; en ese punto tensar la el cable de acero o

guaya hasta su punto máximo, asegurar el cable con un tornillo, de tal manera que, al girar el tornillo quede firmemente incrustado y asegurado en la placa de madera superior (**Figura 11a**). Dando por terminado el sistema de enfoque, pues al girar las manillas de madera del dispositivo de centrado, el carrito se desliza hacia arriba y hacia abajo (**Figura 11b**).

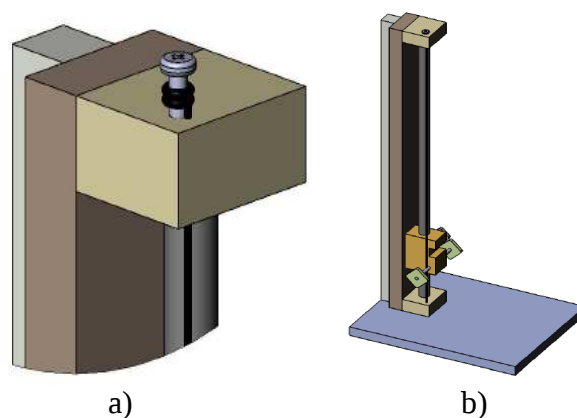


Figura 11. Modelo computacional vista isométrica de sistema de enfoque. a) ensamblaje del cable en el sistema de enfoque. b) sistema de enfoque construido.

Finalmente, coger el círculo de madera (base óptica) y pegarlo en la ranura del sistema del carril, poner el soporte óptico realizado al inicio de esta fase (**Figura 12**).

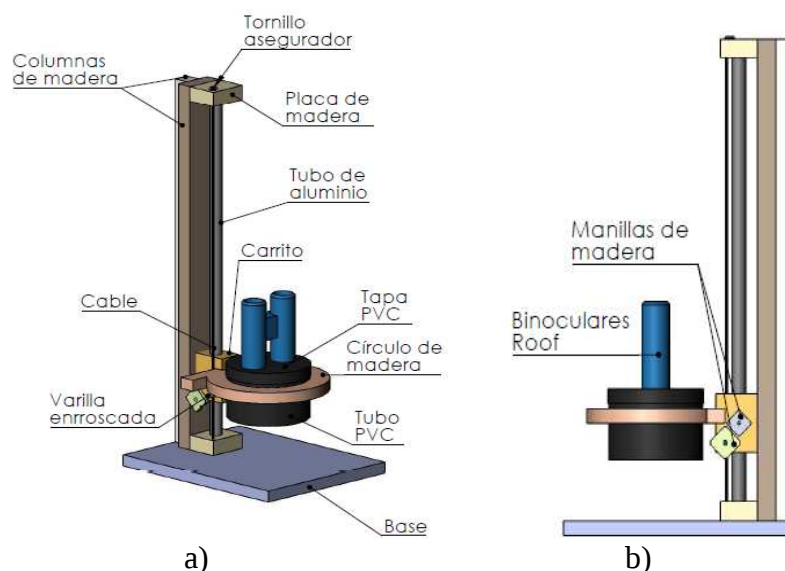


Figura 12. Prototipo experimental microscopio estereoscópico. a) Modelo computacional vista isométrica con partes principales. b) Modelo computacional vista lateral.

De esta manera se obtiene un microscopio estereoscópico con potencia de aumento variable a partir de materiales asequibles y bajo costo en el mercado, capaz de proporcionar imágenes tridimensionales nítidas y planas de las muestras naturales como los líquenes (**Figura 13b**), como también se caracteriza por ser de tamaño adecuado, resistente y portable para ser utilizado en distintos lugares como el aula de clase o el patio escolar (**Figura 13a**).

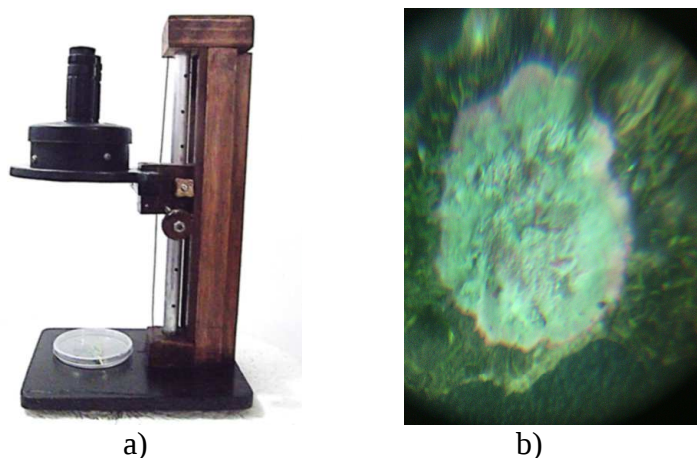


Figura 13. Microscopio estereoscópico y prueba. Microscopio estereoscópico construido. b) Imagen del liquen obtenida del microscopio estereoscópico elaborado.

- Principio de funcionamiento del microscopio estereoscópico

El principio de funcionamiento del microscopio estereoscópico consiste en formar una imagen estereoscópica o tridimensional (3D) de la muestra natural u objeto de estudio, para ello se requiere de dos rutas ópticas paralelas para cada ojo que se hacen converger en el mismo punto y con un cierto ángulo con una lente objetiva común, los cuales corresponden al sistema óptico que se compone de un binocular tipo roof (oculares) y una lente objetiva biconvexa común (Carboni, 2004), como se observa en la Figura 14.

El binocular tipo roof se caracteriza por ser compacto y ligero, se conforma por dos tubos donde cada uno contiene un lente objetivo, un sistema interno de prismas y lentes oculares. Los lentes objetivos son los lentes principales y están ubicados al final de cada tubo del binocular, su

función es recolectar la luz reflejada por el objeto para generar una imagen primaria e inversa de este. El sistema interno de prismas sirve primordialmente para corregir la imagen invertida generada por el lente objetivo, dándole una orientación correcta. En cuanto a los lentes oculares, están ubicados cerca a los ojos y son las piezas encargadas de crear la segunda imagen a partir de la imagen proporcionada por el lente objetivo.

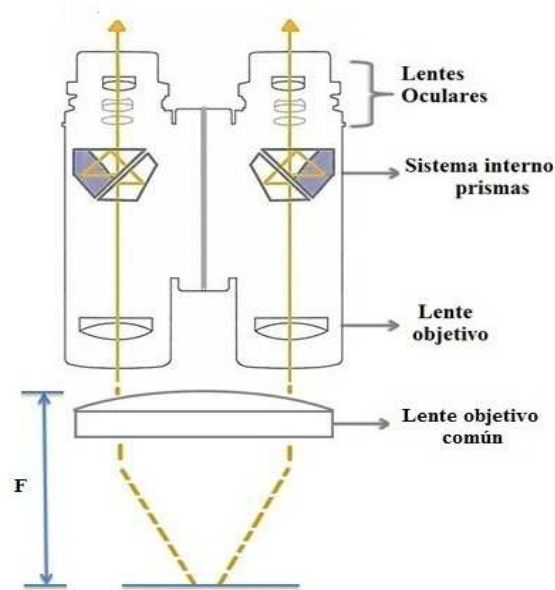


Figura 14. Visión estereoscópica obtenida de los componentes ópticos.

La lente objetiva biconvexa se caracteriza por tener un espesor más grueso en el centro que en sus extremos. Los rayos de luz inciden paralelamente sobre la misma y son convergidas en un foco puntual, la cual se refracta sin sufrir ninguna desviación, formando una imagen derecha, virtual y aumentada de objetos de tamaños relativamente pequeños y/o próximos. La posición de estos componentes ópticos genera la visión tridimensional de la muestra natural u objeto de estudio (Carboni, 2004).

En la Figura 14 se evidencia que el espécimen al centrarse a distancia focal (F) de la lente objetiva común, los rayos de luz del espécimen atraviesan inicialmente por éste para luego emerger como rayos paralelos. Estos últimos, son captados por los lentes objetivos de los

binoculares, los cuales proyectan la imagen inicial aumentada del espécimen. Posteriormente pasa por los prismas que están dispuestos en un ángulo recto, de modo que corrige la orientación invertida de la imagen proporcionada de los lentes objetivos, dándole una posición plana y derecha. Esta imagen es captada y ampliada por los lentes oculares para luego crear una imagen visible y plana del espécimen para cada ojo, lo que permite que cada uno obtenga dos imágenes generados por el mismo espécimen con un ángulo ligeramente distinto, es decir que, la imagen del espécimen es vista desde dos perspectivas disímiles, condición indispensable para apreciar el relieve y profundidad de la misma.

Por otra parte, la potencia de magnificación hace referencia a la cantidad de aumento del tamaño real de la muestra natural u objeto de estudio. El cálculo de esta potencia de magnificación se basa en la fórmula propuesta por Carboni (1997; 2001; 2004), que se presenta a continuación:

$$I_m = 25 \times I_n / F_d$$

Dónde:

I_m = Poder de magnificación del microscopio estereoscópico

25 es la distancia de lectura convencional (en centímetros)

I_n = Magnificación nominal de los binoculares compactos

F_d = Distancia focal del lente objetivo común (en centímetros)

Por lo tanto, si los binoculares compactos son de 10x25, donde 10x es el poder de aumento o potencia visual y la distancia focal de los dos lentes objetivos comunes es de 19 y 15 centímetros (cm) respectivamente, entonces la variación de magnificación del microscopio estereoscopio se presenta en la Tabla 5.

Cabe destacar que los binoculares compactos o tipo roof utilizados como oculares en el

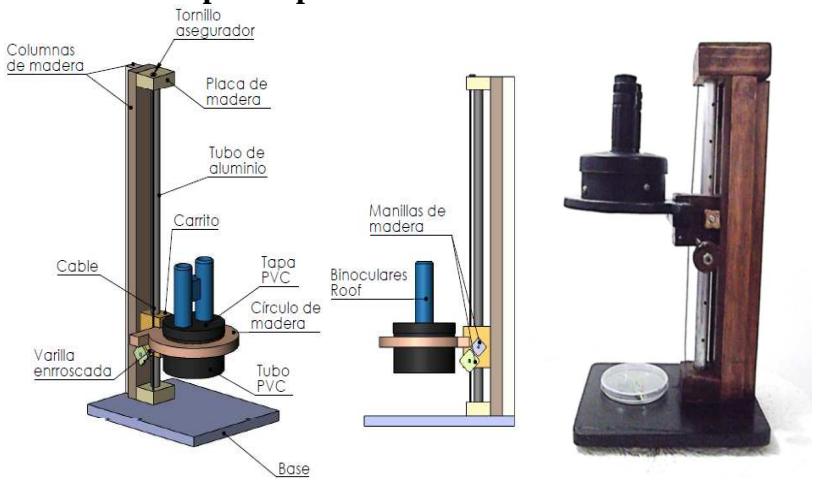
microscopio estereoscópico, pueden ser retirados de la estructura para ser reemplazados por otros de mayor magnificación, que en conjunto con los dos lentes objetivo común, se puede obtener un mayor aumento en la potencia del mismo, siendo esta una característica relevante a favor de su diseño, pues a diferencia de los modelos de microscopios estereoscópicos revisados, este presenta un rango de aumentos variable tanto en los binoculares como en el lente objetivo común.

Tabla 5. Magnificación del microscopio estereoscópico según el lente objetivo.

Potencia de aumento del microscopio estereoscópico	
Lente objetivo común No 1:	Lente objetivo común No2:
$Im = (25 \times 10)/17$	$Im = (25 \times 10)/14$
$Im = 14 \text{ X}$	$Im = 17 \text{ X}$

En síntesis, se presenta la ficha técnica del microscopio estereoscópico, la cual contiene toda la descripción detallada del proceso de diseño y construcción del mismo, se explica aspectos como: el propósito y el nivel educativo para el cual está dirigido, materiales utilizados para cada una de las piezas con sus respectivas medidas, construcción y ensamble de cada una de las piezas, poder de magnificación, costo total de elaboración, las recomendaciones de uso importantes y necesarias para el correcto funcionamiento y empleo del prototipo.

Tabla 6. Ficha técnica del prototipo experimental.

FICHA TECNICA DE PROTOTIPO EXPERIMENTAL “MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO”	
1. Propósito: Observación de los cambios estructurales y morfológicos del líquen.	2. Nivel educativo: Para ser usado en la educación básica secundaria.
3. Autor: Gloria Lizeth Lucio Llantén.	
4. Diseño y construcción del prototipo 	
5. Materiales para su construcción	
Nombre de la parte	Materiales
Sistema óptico	1 binocular compacto o roof 10x25; 2 lentes acromáticos de 50 milímetros de diámetro.
Pedestal (base y columnas)	1columnas de madera de 50x5x2cm; 1 columna de 50x2cm; 1 tabla de madera 25x20x1.5 cm.
Sistema de Enfoque	1 placa de madera de 6x6x3cm; 1 tubo de metal (cobre) delgado (13x0.3cm); 1 cable de acero trenzado recubierto o guaya para motocicletas (40 cm largo); 1 tornillo; 3 manillas de madera; 2 placas de madera 5x4x2 cm; 1 tubo de aluminio 46cm con un diámetro de 1,5cm; 1 tubo de PVC de 4 pulgadas; 1 tapa de PVC de 4 pulgadas; 1 Circulo de madera de 15x15x1,5 cm con un orificio en el centro de diámetro 10,16 cm.
Otros	Lija; pegante para madera; vinilo color negro, laca; grapadora para madera, variedad de tornillos.
6. Detalles de construcción	
Nombre de la pieza	Proceso de construcción
Sistema óptico	Cortar un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro y 7 cm de altura, con su correspondiente tapa, a la cual se le realizan dos agujeros del mismo diámetro de los lentes frontales del binocular, y como soporte del lente

	objetivo, incrustar cuatro tornillos alrededor del tubo de PVC.	
Pedestal (base y columnas)	Poner una columna (50x5x2cm) en una ranura con las mismas medidas en la base de madera (25x20x 1.5 cm). De tal manera que esta pieza descansa sobre la base, y al pegarla quede fuertemente fijada. Para mayor soporte del movimiento del carrito y del sistema óptico, poner la otra columna (50x2cm) detrás de la primera columna.	
Sistema de Enfoque	Base Óptica	Hacer un círculo (15x15x1.5 cm) en una tabla de madera, con un orificio central de diámetro 10.16 cm, y tomar las dos placas de madera (5x4x2cm) y a cada una realizarle ranuras con el diámetro del tubo de aluminio (1.5cm).
	Carrito	Tomar una placa de madera (6x3cm) y hacer en el centro un agujero con el diámetro del tubo de aluminio; hacer una ranura (1.5cm) donde se fija el círculo de madera.
	Dispositivo de centrado	Realizar dos agujeros en el carrito, uno en la parte inferior-transversal con el diámetro de la varilla enroscada (10 cm de largo) y otro lateral-superior con el diámetro de un tornillo mediano. En el primer agujero ubique la varilla enroscada y en el segundo el tornillo, ambos con sus respectivas manillas de madera. Luego realizar cada 4cm agujeros en el tubo de aluminio con algunas decenas de mm más grandes del tornillo.
7. Potencia visual		
Potencia de magnificación entre 14-17X. Con posibilidad de aumentar su rango de aumento.		
8. Costo total		
El dinero invertido para la construcción del microscopio estereoscópico es de \$60.000 COP.		
9. Recomendaciones de uso		
Cubrir el microscopio estereoscópico con una funda protectora.		
Ubicar el microscopio sobre una mesa o estante estable, limpio y seco.		
Mover siempre suave y lentamente cualquier elemento del microscopio.		
Evitar tocar las lentes con los dedos.		
Asegurarse de que la caja de Petri está bien seca cuando va a ser colocada sobre la base.		
Bajar el sistema óptico hasta el tope cuando se termine la actividad educativa.		
Retirar la caja de Petri y la muestra natural una vez terminada la actividad educativa.		

5.2 Implementación del microscopio estereoscópico

Considerando la importancia en la enseñanza de las ciencias naturales y en particular de la biología la realización de actividades experimentales que promuevan aprendizajes en los estudiantes, a partir del reconocimiento, exploración e intervención del medio natural, resulta imperante el uso de algunos instrumentos de observación como lo es el microscopio estereoscópico, por ello, en este estudio se consideran necesario definir aspectos relacionados con el contexto educativo para el cual está dirigido su implementación en el nivel de la educación básica, al igual que, las actividades experimentales en cuya realización sería utilizado el microscopio estereoscópico. En este sentido, se describen los aspectos pedagógicos y didácticos a partir de los cuales se plantean las actividades experimentales.

5.2.1 Contexto educativo

El lugar de investigación seleccionado se caracteriza por ser una institución educativa mixta de carácter oficial situado al suroccidente de la zona urbana del municipio de Cali (Valle), ofrece educación básica y media con dos jornadas, diurna y nocturna, a la cual asisten estudiantes de estratificación socio-económico medio-baja que corresponde a los sectores populares de la ciudad.

En cuanto a la infraestructura de la institución educativa, cuenta con zonas verdes y espacios adecuados para la cantidad de estudiantes, las aulas de clase están dotadas de recursos tecnológicos como vídeo beams, tablero interactivo digital (smarth boards) y portátiles con acceso a internet. El laboratorio se caracteriza por ser amplio, iluminado, ventilado y limpio, con mesas de trabajo distribuidas por todo el lugar, con capacidad para cinco (5) estudiantes, con llaves de agua- gas y tomacorriente. Sin embargo, el laboratorio no dispone de materiales, equipos e instrumentos de laboratorio necesarios para la realización de prácticas experimentales

en la clase de biología, por ejemplo cajas de Petri, cubreobjetos y portaobjetos, reactivos, muestras preparadas e instrumentos de observación como lupas, microscopio estereoscópico y microscopio compuesto. Por tanto, resulta necesaria la implementación del microscopio estereoscópico como recurso didáctico para realizar actividades experimentales relacionadas con la observación de muestras naturales.

El microscopio estereoscópico está dirigido a 13 estudiantes de edades comprendidas entre 14-16 años del grado octavo de la educación básica secundaria. Los estudiantes fueron organizados en cuatro grupos, un grupo fue conformado por tres estudiantes y los grupos restantes con cinco estudiantes respectivamente. El tiempo requerido para realizar las actividades experimentales fue de diez horas en el horario escolar de la asignatura de biología.

5.2.2 Aspectos pedagógicos y didácticos

La implementación del microscopio estereoscópico en un contexto escolar particular, implica definir las actividades experimentales en las cuales se haría uso del mismo, en este caso, se ha propuesto para la enseñanza de algunos aspectos vinculados al estudio de los líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica. En este sentido, se presenta las actividades experimentales y su aplicación en el contexto escolar específico.

- Las actividades experimentales

La secuencia de actividades experimentales comprende una serie de ejercicios prácticos y experiencias. De acuerdo con Caamaño (2003), los *ejercicios prácticos*, son actividades diseñadas para aprender procedimientos o técnicas básicas, están dirigidas a fomentar en los estudiantes habilidades o destrezas de manipulación y medición con los equipos e instrumentos de laboratorio, así como el aprendizaje de métodos de procesamiento de los datos experimentales.

Las *experiencias*, son actividades prácticas que se caracterizan por ser cualitativas, cortas y rápidas, pretenden dar a los estudiantes una primera experiencia, un contacto con la naturaleza y el fenómeno científico, lo que conlleva a la comprensión teórica del mismo, son apropiadas para el reconocimiento de los componentes del objeto de estudio y sus características. En la **Tabla 7** se presenta las actividades establecidas.

Tabla 7. Secuencia de actividades experimentales.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES EXPERIMENTALES				
Sesión	Tipo de actividad experimental	Propósito de la actividad	Descripción	Tiempo
1	Ejercicios prácticos o ateóricas	Reconocer el microscopio estereoscópico como instrumento óptico para el estudio de las estructuras anatómicas y morfológicas del liquen.	Se establecerán diferencias y similitudes de algunos instrumentos ópticos (lupa, microscopio estereoscópico, microscopio compuesto)	2h
2			Se realizará comparación entre la imagen formada en los distintos instrumentos ópticos (la lupa, microscopio estereoscópico y microscopio compuesto)	2h
3		Conocer algunos procedimientos y técnicas básicas del uso y manejo adecuado del microscopio estereoscópico	Se realizarán ejercicios del uso y manejo del microscopio estereoscópico en la observación de muestras biológicas	2h
4	Experiencias	Identificar las estructuras anatómicas y morfológicas del liquen.	Se realizará registros de observaciones de las estructuras anatómicas y morfológicas de las muestras de líquenes.	2h
5		Identificar los cambios morfológicos de los líquenes afectados por la contaminación atmosférica.	Se realizará registros de observaciones de los cambios morfológicos de las muestras de líquenes.	2h

A continuación se describen las actividades experimentales realizadas en las que se hizo uso del microscopio estereoscópico y los resultados obtenidos por los estudiantes.

Actividad experimental No 1

Inicialmente a cada grupo se le entregó la hoja de trabajo No 1 (ver anexo 1) con imágenes de la lupa, microscopio estereoscópico y microscopio compuesto para que de acuerdo a su experiencia cotidiana y conocimiento previo escolar seleccionaran el instrumento óptico para el estudio de los líquenes. Algunos grupos consideraron el microscopio compuesto como el más pertinente para el estudio del líquen, ya que *permite observar su composición o anatomía*; otros por el contrario manifestaron que con el microscopio estereoscópico y la lupa se pueden *observar todos sus detalles que a simple vista se dificulta distinguir*. Por último, se socializó una ficha comparativa (ver anexo 2) sobre dichos instrumentos donde se presentaban las características principales, utilidad, modo de empleo y potencia de aumento (**Figura 15**).

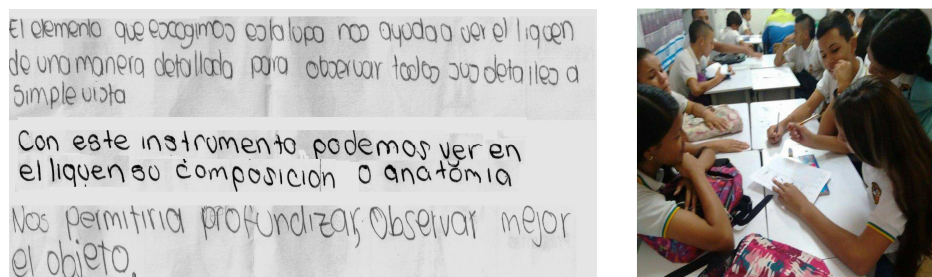


Figura 15. Evidencias de realización de la actividad 1.

Actividad experimental No2

A cada grupo se le suministró la hoja de trabajo No 2 (ver anexo 3) en la cual se comparaba la imagen formada de la letra “e” en la lupa, microscopio estereoscópico y microscopio compuesto. Los resultados asociados con la imagen formada en la lupa y el microscopio estereoscópico, en los esquemas realizados por los estudiantes se evidenció una diferencia notable relacionada con el tamaño de la imagen formada del objeto de estudio, reflejando la potencia de aumento de cada instrumento. Los estudiantes manifestaron que con la lupa se pudo

ver más grande el objeto de estudio, mientras que con el microscopio estereoscópico, percibieron un mayor aumento e inclusive que el objeto presentaba un levantamiento del plano de observación y tridimensional, como también, expresaron que la imagen formada en ambos instrumentos es derecha y plana (**Figura 16**).

LUPA	MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO	LUPA	MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO
Se ve mas grande	Se Ve Mas Que la de la lupa y Tridimensional	Pues Yo La Veo un poquito mas Grande de lo que es	Pues esta si la veo mejor que la Lupa mas grande, como levantada tridimensional
Estereoscopica > lupa	— o —	era < la imagen	era > la imagen
Derecha	Derecha	Es plana	Es plana

Figura 16. Evidencias de las observaciones realizadas en el microscopio estereoscópico y lupa.

Con relación a la imagen formada de la letra “e” en el microscopio compuesto, los esquemas muestran la potencia de aumento de la imagen formada en el mismo. Los estudiantes expresaron que en 4x la imagen formada del objeto de estudio *es grande, inversa y plana*, mientras que en 10x se observa un *leve aumento en el tamaño del mismo y es más notorio su color*. En potencias altas como 40x y 100x, los estudiantes expresaron que en el primero solo se pudo observar una parte del objeto de estudio y se aprecia en detalle la tinta, mientras que el segundo permitió observar que *está compuesto el papel y la celulosa* (**Figura 17**).

Grupo # 7				MICROSCOPIO COMPUERTO			
Se ve al reves	Se ve al reves y se ve el lado del papel mas la tinta	Solo se ve una parte de la letra y parte del lado de la hoja	Solo se ve una parte de la letra y parte del lado de la hoja	Pues la vi aun mas grande de lo normal y se ve torcida	La Vi. muy grande se ve como un trozo de la mitad de lo e y se ve mucho mas torcida y tridimensional	No Se ve la e lo que observé fueron partes y rayos grandes	Cabe la Celulosa del papel puesto
Tiene menor aumento <	Tiene mayor aumento >	Tiene más aumento >	Tiene más mayor aumento >	menor <	menor <	mayor >	mayor >

Figura 17. Evidencias de las observaciones realizadas en el microscopio compuesto.

Actividad experimental No 3

En esta sesión se socializó una ficha informativa del microscopio estereoscópico (ver anexo 4) que contenía características, parte mecánica y óptica con sus respectivas funciones, de igual forma se presentó el manual de instrucciones (ver anexo 10) con indicaciones básicas sobre el montaje, mantenimiento, uso y manejo. Posteriormente, los estudiantes realizaron ejercicios prácticos relacionados con el uso y manejo del mismo. Se observó que los estudiantes ubicaron adecuadamente las piezas en la estructura; limpiaron los lentes objetivos y los binoculares antes de ubicarlos en el soporte óptico; ajustaron la distancia interpupilar para obtener una imagen nítida y circular, como también colocaron el sistema de enfoque a la altura correcta para poder visualizar el objeto de estudio (**Figura 18**). No obstante, durante el desarrollo de los ejercicios se evidenció que en el desmontaje de los componentes del soporte óptico a los estudiantes se les dificultó retirar la tapa del tubo debido a que estaba muy ajustada. De otro lado, los estudiantes con gafas manifestaron que no lograban visualizar en los binoculares la imagen de la muestra natural, como tampoco eran cómodos para las personas con esta condición.



Figura 18. Evidencias del manejo y uso del microscopio estereoscópico por parte de los estudiantes.

Por último, a cada grupo se les proporcionó una muestra de líquen y la hoja de trabajo No 3 (ver anexo 5) en la cual registraron las observaciones realizadas en el microscopio estereoscópico. Los esquemas elaborados por los estudiantes indican algunas características

físicas de líquen, mencionan que presenta colores de diferentes tonalidades tales como *verdes, verde grisáceo, blanco, café y rosados*, como también expresan que la textura de las muestras del líquen *es rugosa, sólida, liviana, delicada y dura*. Por otra parte, los estudiantes señalan algunas estructuras como por ejemplo *puntos de color violetas y lanas*. (**Figura 19**).

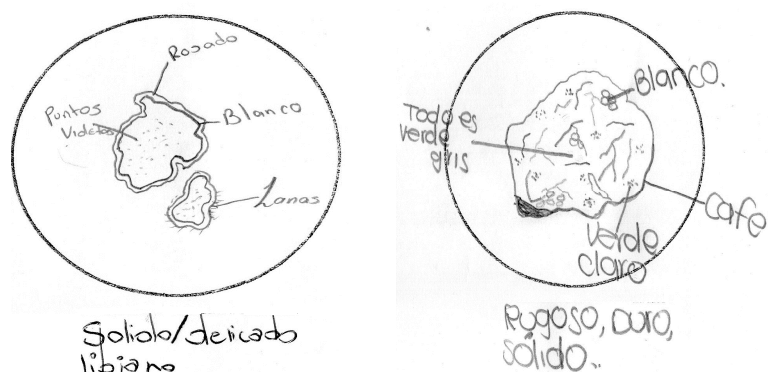


Figura 19. Evidencias de las características físicas observadas en la muestra del líquen.

Actividad experimental No 4

Inicialmente se socializó y se discutió una ficha con imágenes y características principales de las estructuras anatómicas y morfológicas de los líquenes (ver anexo 6). Posteriormente, a cada grupo se le suministro la hoja de trabajo No 4 (ver anexo 7) y muestras de líquenes de tipo crustáceo y foliosa a partir de las cuales marcaron con una X las estructuras anatómicas y morfológicas visualizadas en el microscopio estereoscópico, como también realizaron un esquema de lo observado señalando la ubicación de las mismas en la muestra. En el caso de la muestra de líquen foliosa, los estudiantes indicaron que las estructuras anatómicas y morfológicas que pueden ser distinguidas en el microscopio estereoscópico son *la corteza superior e inferior, cilios, isidios y lóbulos*. Con relación a la muestra de líquen crustácea, los estudiantes señalan que solo se puede visualizar la *corteza superior, areolas y apotecios lecideinos*. En los esquemas realizados por los estudiantes se muestra la ubicación de dichas estructuras en cada muestra de líquen (**Figura 20**).

ESTRUCTURAS ANATÓMICAS Y MORFOLÓGICAS	Liquen 1	Liquen 2
Capa algal		
Corteza superior	X	X
Medula		
Corteza inferior	X	
Crustáceos		X
Arcolas		X
Foliáceos	X	
Lóbulos	X	
Fruticulosos		
Ricinas	X	
Disco de fijación		
Cilios	X	
Venas		
Ombigo		
Pienidios		
Sorelios		
Isidios	X	
Apotecios Lecideinos		X
Apotecios Lecanorinos		

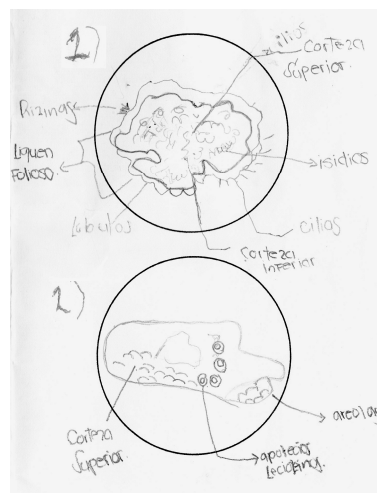


Figura 20. Evidencias de las estructuras anatómicas y morfológicas observadas en la muestra del liquen.

Actividad experimental No 5

En esta sesión se presentó una ficha informativa con imágenes secuenciales de los cambios morfológicos del liquen derivados de la contaminación atmosférica en el medio donde se encuentra (ver anexo 8), en la cual se evidencian dichos cambios desde su estado sano hasta la fragmentación o desaparición total del mismo. Posteriormente, a cada grupo se le suministró la hoja de trabajo No5 (ver anexo 9) y muestras de líquenes a partir de las cuales marcaron con una X los cambios morfológicos visualizados en el microscopio estereoscópico, así como también realizaron un esquema señalando el cambio morfológico presente en cada muestra.

En los esquemas realizados por los estudiantes se evidenció que en la muestra del liquen 1 se pudo observar a través del microscopio estereoscópico una *media luna en el centro de la muestra*, mientras que en la muestra del liquen 2 indicaron que se visualizó un *cambio de color o decoloración en el centro de liquen*. Finalmente, en la muestra del liquen 3 los estudiantes señalaron que a través del microscopio estereoscópico se observó *un anillo en el centro de color gris* en comparación del color del resto de la muestra (Figura 21). Lo anterior evidenció que las observaciones de los cambios morfológicos mediante el microscopio estereoscópico permitió que

los estudiantes concibieran la presencia de sustancias tóxicas en el medio donde se encuentran y crecen los líquenes.

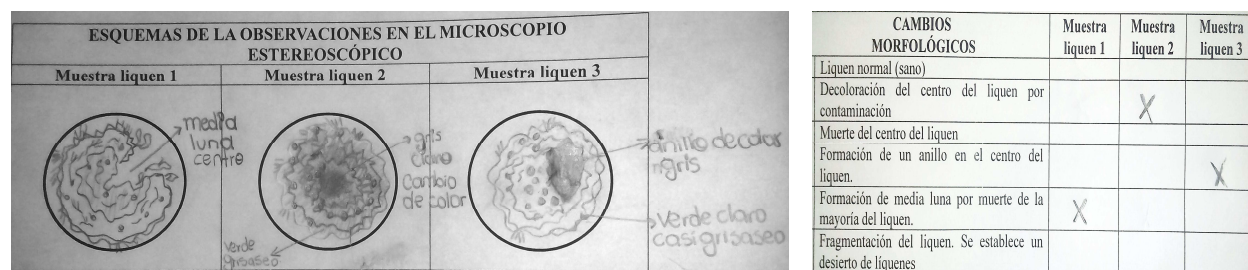


Figura 21. Evidencias de los cambios morfológicos observados en la muestra del líquen.

5.2.3 Valoración del microscopio estereoscópico a partir de la percepción de los estudiantes.

Se presentan los resultados del cuestionario aplicado a 13 estudiantes de grado octavo con la intención de conocer la percepción respecto al uso y manejo del microscopio estereoscópico y su utilidad como recurso didáctico. Los resultados se organizan de acuerdo a los componentes valorados, por un lado el componente técnico y estructural y el componente educativo (pedagógico y didáctico).

A continuación se presenta los resultados obtenidos por componente y por ítems según las respuestas de los estudiantes en la escala de cinco opciones: totalmente de acuerdo (TA), acuerdo (A), indeciso (I), en desacuerdo (D) y totalmente en desacuerdo (TD).

5.2.3.1 Componente técnico y estructural

El componente técnico y estructural valora tres aspectos relacionados con el diseño y construcción del microscopio estereoscópico. El primer aspecto corresponde a los *atributos físicos* del microscopio tales como el tamaño, peso, color y textura. El segundo aspecto aborda la *funcionalidad* en cuanto a la formación de imágenes tridimensionales. Finalmente, el tercer aspecto involucra *el manejo y uso* del mismo.

a) *Atributos físicos*

Tabla 8. Resultados de la valoración de los atributos físicos del microscopio estereoscópico.

Ítem	Atributos físicos							
	TA+A			I		D+TD		
	TA	A	%	I	%	D	D+TD	%
9	6	7	100.00	0	0.00	0	0	0.00
10	3	4	53.85	6	46.15	0	0	0.00
12	7	5	92.31	1	7.69	0	0	0.00
16	5	5	76.92	3	23.08	0	0	0.00
22	7	4	84.62	2	15.38	0	0	0.00
24	3	7	76.92	3	23.08	0	0	0.00
25	9	1	76.92	3	23.08	0	0	0.00

El 100% de los estudiantes manifiestan estar totalmente de acuerdo (TA+A) con que el microscopio estereoscópico es seguro, portable y de tamaño adecuado para su uso en el laboratorio y/o aula (9). El 92.31% considera que presenta un buen acabado, con color y textura agradables a los sentidos (tacto y visual) (12). El 84.62% de los estudiantes expresan que la estructura del microscopio estereoscópico permite transportarlo fácilmente y ubicarlo en estanterías altas o bajas (22).

El 76.92% de los estudiantes indican estar de acuerdo en que la altura del sistema óptico permite una postura cómoda de la cabeza y espalda a la hora de realizar observaciones en el microscopio (16), como también señalan que no requiere de grandes espacios sobre la superficie de trabajo (24), y es transporte sencillo para ser usado en distintos lugares como el laboratorio, aula o ambientes naturales abiertos como el patio escolar (25). El 53.85% considera que el microscopio estereoscópico presenta condiciones de alta durabilidad y resistencia al manejo frecuente (10).

b) *Funcionalidad*

Cuando se indaga a los estudiantes sobre la funcionalidad del microscopio estereoscópico se

encuentra que la totalidad de estos (100%) están de totalmente de acuerdo (TA+A) en que el microscopio estereoscópico permite visualizar los detalles de las muestras naturales poco identificables a simple vista (4) y obtener una imagen aumentada y tridimensional de los líquenes (7), en cuanto al sistema óptico del microscopio, los estudiantes expresan que proporciona imágenes tridimensionales nítidas, planas y sin distorsión de las muestras de líquenes (15), y que los lentes objetivos facilitan observar las estructuras anatómicas y morfológicas de la muestra del liquen en diferentes aumentos (18). Además manifiestan estar de acuerdo en que el pedestal ofrece una estabilidad y soporte adecuado para colocar las muestras de líquenes que se van a observar (21).

Tabla 9. Resultados de la valoración de la funcionalidad del microscopio estereoscópico.

Ítem	Funcionalidad							
	TA+A			I		D+TD		
	TA	A	%	I	%	D	D+TD	%
4	5	8	100.00	0	0.00	0	0	0.00
7	5	8	100.00	0	0.00	0	0	0.00
14	5	3	61.54	2	15.38	3	0	23.08
15	7	6	100.00	0	0.00	0	0	0.00
17	5	6	84.62	2	15.38	0	0	0.00
18	10	3	100.00	0	0.00	0	0	0.00
21	8	5	100.00	0	0.00	0	0	0.00
29	5	5	76.92	3	23.08	0	0	0.00

El 84.62% de los estudiantes consideran que los binoculares del microscopio estereoscópico ofrecen la distancia interpupilar correcta para visualizar por ambos ojos la muestra (17). El 76.92 expresan que a linterna como fuente de iluminación es potente y adecuado para realizar las observaciones de las muestras (29) y el 61.54% opinan que el microscopio estereoscópico ofrece condiciones de observación óptimas para usuarios con o sin gafas (14).

c) *Manejo y uso*

Tabla 10. Resultados de la valoración del manejo y uso del microscopio estereoscópico.

Ítem	Manejo y uso							
	TA+A			I		D+TD		
	TA	A	%	I	%	D	D+TD	%
13	9	2	84.62	2	15.38	0	0	0.00
19	8	5	100.00	0	0.00	0	0	0.00
20	5	7	92.31	1	7.69	0	0	0.00
23	5	8	100.00	0	0.00	0	0	0.00
26	5	8	100.00	0	0.00	0	0	0.00
27	2	6	61.54	5	38.46	0	0	0.00
28	7	6	100.00	0	0.00	0	0	0.00

Con respecto al manejo y uso del microscopio estereoscópico, el 100% de los estudiantes están de acuerdo (TA+A) en que el microscopio estereoscópico permite realizar observaciones de larga duración y sin cansancio visual (26) y requiere de cuidados, limpieza y mantenimiento mínimo que pueden ser realizados por ellos mismos (23). De igual modo, opinan que el sistema de enfoque se puede ajustar con facilidad y a la altura correcta para observar los líquenes (19) y las piezas desmontables encajan correctamente en la estructura del microscopio estereoscópico (28).

Entretanto el 92.31 % de los estudiantes considera que el sistema de enfoque permite ajustar la altura del sistema óptico sin necesidad de retirar los ojos de los oculares (20). El 84.62 % opinan que los binoculares (oculares) del microscopio estereoscópico son cómodos para visualizar los líquenes (13). Y el 61.54 % manifiesta que estar de acuerdo en que el proceso de montaje y desmontaje de los componente ópticos es de forma sencilla y segura (27).

5.2.3.2 Componente educativo (pedagógico y didáctico)

El componente educativo evalúa la relación de los propósitos didácticos, el contenido y las actividades sugeridas con el microscopio estereoscópico propuesto.

d) Pedagógico y didáctico

Tabla 11. Resultados de la valoración del aspecto pedagógico-didáctico del microscopio estereoscópico.

Pedagógico-didáctico								
Ítem	TA+A			I		D+TD		
	TA	A	%	I	%	D	D+TD	%
1	4	9	100.00	0	0.00	0	0	0.00
2	6	7	100.00	0	0.00	0	0	0.00
3	9	4	100.00	0	0.00	0	0	0.00
5	4	9	100.00	0	0.00	0	0	0.00
6	9	4	100.00	0	0.00	0	0	0.00
8	4	9	100.00	0	0.00	0	0	0.00
11	6	7	100.00	0	0.00	0	0	0.00

La totalidad de los estudiantes (100%) manifiestan estar totalmente de acuerdo (TA+A) en que el microscopio estereoscópico es un recurso educativo útil en la clase de biología (3), permitiéndoles visualizar en detalle muestras naturales como los líquenes (6) y poder conocer las características físicas de las muestras naturales, por ejemplo, el tamaño, color y textura de estos organismos (8). De igual forma, expresan que mediante su uso pueden realizar observaciones detalladas de los líquenes (1), logrando reconocer y distinguir las estructuras anatómicas y morfológicas que lo constituyen (2). Además, indican que con el uso y manejo del microscopio estereoscópico se familiarizan con instrumentos de observación convencionales (5) y que no les exige instrucciones complejas ni destrezas especializadas para su adecuado funcionamiento (11).

5.3 Discusión de los resultados

Teniendo en cuenta los objetivos de investigación se realiza la siguiente discusión en cuanto al diseño y construcción del microscopio estereoscópico y la valoración del mismo a partir de la percepción de los estudiantes durante la realización de las actividades experimentales.

5.3.1 Diseño y construcción del microscopio estereoscópico

Para el diseño y construcción del microscopio estereoscópico se tuvieron en cuenta los atributos físico-técnicos de los modelos consultados (Carboni, 1997; 2001; 2004), definiendo la madera como material predominante en la estructura, la cual presenta propiedades físicas y mecánicas tales como el color, peso, textura, resistencia y durabilidad. Estas propiedades permitieron que el microscopio estereoscópico presentara atributos físicos y funcionales óptimos para los usuarios.

Por otro lado, permitió establecer los binoculares roof y lente objetivo convergente como componentes del sistema óptico. El primer componente se consideró ya que se caracteriza por ser compacto, práctico y de bajo costo en el comercio. En cuanto al lente objetivo puede ser extraído de equipos electrónicos como el cañón de proyección el cual contenía lentes convergentes compatibles con el binocular. Cabe resaltar que estos componentes permitieron que el diseño y construcción del microscopio estereoscópico propuesto fuera más sencillo y práctico.

De igual forma, la revisión bibliográfica de los modelos posibilitó determinar los componentes del microscopio estereoscópico tales como el sistema óptico, pedestal y sistema de enfoque, a partir de los cuales se consolidó el proceso de construcción, el cual permitió obtener un microscopio estereoscópico con potencia de aumento variable y de bajo costo usando materiales resistentes y durables tales como PVC, varilla enroscada, tubo de aluminio, guaya de motocicleta, entre otros.

5.3.2 Valorización del microscopio estereoscópico

Considerando los resultados obtenidos por ítems en cada aspecto, se realiza la valoración del microscopio estereoscópico considerando la totalidad de ítems de los componentes técnico – estructural y educativo (pedagógico didáctico).

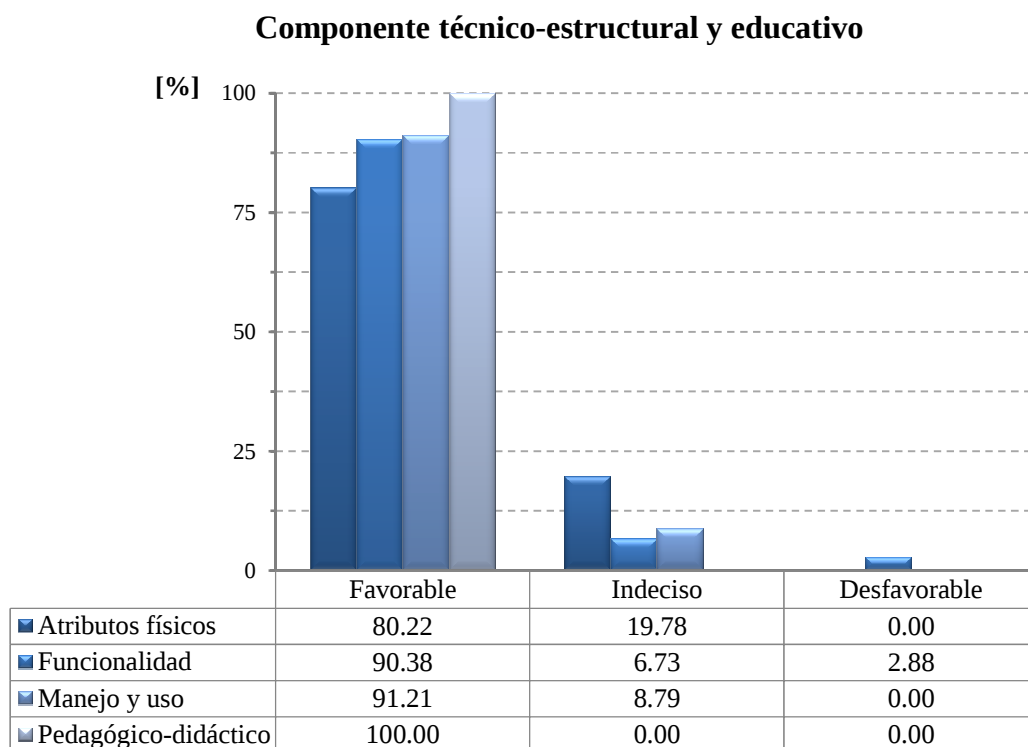


Figura 22. Resultados globales de la percepción de los estudiantes en los componentes técnico-estructural y educativo.

- Componente técnico-estructural

De acuerdo con los datos obtenidos en el componente técnico – estructural, se encuentra en la mayoría de los estudiantes una percepción favorable en los atributos físicos relacionados con la estética (color, textura), tamaño y peso del microscopio estereoscópico. Dicha percepción mostró que los atributos físicos del microscopio respondieron a las preferencias de los usuarios (Ibarra, 2003). Sin embargo, una minoría de los estudiantes estuvo indeciso en las condiciones de durabilidad al manejo frecuente, es decir, a su capacidad para mantener su funcionalidad constructiva sin alteración durante su vida útil (Monjo, 2007).

Por otra parte, los estudiantes tuvieron una percepción favorable en la funcionalidad del microscopio estereoscópico, pues un alto porcentaje de ellos consideraron que los componentes como el sistema de enfoque, sistema óptico (lentes y binoculares) y pedestal cumplieron adecuadamente la función para la cual fueron diseñados, no obstante se evidenció una minoría

indecisa en cuanto a la potencia de la linterna, las condiciones de observación para usuarios con o sin gafas y la distancia interpupilar de los binoculares. Esto facilita detectar los problemas de funcionalidad en algunas piezas del microscopio estereoscópico, pues según Oneto y Díaz (2014) las pruebas con usuarios concretos en los contextos determinados que involucran el uso del material, pueden ser muy efectivas ya que los usuarios deben cumplir tareas específicas con éste, lo que permite evidenciar si el usuario logró mínimamente hacer lo que el diseñador esperaba que hiciera de manera eficiente.

Por último, en el manejo y uso se evidenció que la mayoría de los estudiantes tuvieron una percepción favorable, pues consideraron que los procedimientos y técnicas relacionadas con el ajuste del sistema de enfoque, montaje y mantenimiento del microscopio estereoscópico fueron fáciles de realizar por ellos mismos, como también les permitió hacer observaciones de larga duración. Cabe resaltar que aunque los estudiantes tuvieron dicha percepción no quiere decir que el montaje y desmontaje de las componentes se realizó de forma sencilla y segura, como tampoco los binoculares fueron cómodos para la visualización de los líquenes, lo cual fue evidenciado en los ejercicios prácticos relacionados con el uso y manejo del microscopio estereoscópico, los estudiantes manifestaron que el desmontaje del soporte óptico requería de fuerza para separarla de la tapa, la cual estaba ajustada al tubo, como tampoco los binoculares no eran cómodos para las personas con gafas, obstaculizando la observación de las muestras de líquenes. Estos factores deben considerarse debido a que recaen en la base del diseño del microscopio estereoscópico, que condicionan la efectividad del uso y manejo por parte de los usuarios.

- Componente educativo (pedagógico-didáctico)

En este componente se encontró que la totalidad de los estudiantes tuvieron una percepción

favorable en cuanto a que el propósito didáctico, contenido y actividades experimentales sugeridas están estrechamente relacionados con el uso y manejo del microscopio estereoscópico. Los estudiantes consideraron que es un recurso útil en la clase de biología ya que les permitió realizar observaciones detalladas y manipular muestras de líquenes, esto deja a la vista que el microscopio estereoscópico fomentó en los estudiantes la observación microscópica cuidadosa, como también les permitió estar en contacto directo con su objeto de estudio (Puentes y Valbuena, 2010).

Por otro lado, los estudiantes manifestaron que reconocieron y diferenciaron las estructuras anatómicas de líquenes foliosos y crustáceos, por ejemplo la corteza superior e inferior, cilios, isidios, lóbulos, areolas y apotecio. De igual forma, señalaron que visualizaron características físicas como el color (verdes, verde grisáceo, blanco, café y rosados) y texturas (rugosas, sólida); por tanto, el microscopio estereoscópico facilitó el estudio de fenómenos biológicos a diferentes niveles de organización (morfología y estructura), los cuales difícilmente pueden ser abordados en el aula de clase (Harrell *et al.*, 2005).

Finalmente, los estudiantes indicaron que con el microscopio estereoscópico visualizaron los cambios morfológicos de los líquenes derivados de la contaminación atmosférica, entre ellos, el cambio de color, la formación de media luna y anillo en el liquen, lo que posibilitó la familiarización perceptiva de dicho fenómeno a nivel microscópico (Caamaño, 2003). Además, facilitó una representación visual del efecto de sustancias contaminantes atmosféricas en los líquenes, lo cual permitió que los estudiantes reconocieran los líquenes como bioindicadores de la contaminación atmosférica. Igualmente los estudiantes expresaron que con el microscopio estereoscópico se familiarizaron con instrumentos ópticos convencionales, permitiendo el desarrollo de destrezas y procedimientos propios de su uso y manejo (Del Carmen, 2000).

Conclusiones

La metodología implementada basada en el diseño y construcción de prototipos didácticos permitió desarrollar un microscopio estereoscópico como recurso didáctico experimental para la enseñanza de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la educación básica, con el propósito de contrarrestar las limitaciones de realizar prácticas experimentales en la enseñanza de la biología asociadas a la escases de equipos e instrumentos de laboratorio que difícilmente pueden ser adquiridos en las instituciones educativas.

La búsqueda de información sobre los prototipos experimentales de microscopio estereoscópico facilitó la definición y especificación de materiales necesarios para la construcción del mismo, considerando los atributos físicos y funcionales tales como el color, peso, tamaño, portabilidad, resistencia y durabilidad. De igual modo, permitió establecer los componentes principales de la estructura del microscopio estereoscópico como el sistema óptico, pedestal y sistema de enfoque.

Considerando materiales de fácil acceso y bajo costo se diseñó y construyó un microscopio estereoscópico que cumple las mismas funciones de los instrumentos convencionales para la observación de diferentes objetos y muestras naturales. En cuanto al sistema óptico, los componentes como los binoculares roof y lentes convergentes, los cuales fueron adquiridos fácilmente por su costo y extraídos de equipos electrónicos usados, permitieron la formación de imágenes tridimensionales nítidas con potencia de aumento variable del objeto de estudio. Con relación al sistema de enfoque y pedestal, la utilización de materiales como la madera, PVC, tubos de aluminio, guaya, varilla enroscada, permitieron el desplazamiento ascendente y descendente y ajuste de centrado del sistema óptico, estabilidad como soporte de los objetos y muestras naturales. Además, teniendo en cuenta los materiales y los diferentes componentes, el

prototipo propuesto cuenta con un ensamblaje modular que permite su fácil reproducibilidad en las instituciones educativas de educación básica.

La valoración del microscopio estereoscópico por parte de los estudiantes permitió la evaluación de la utilidad del mismo como recurso didáctico experimental en la educación básica. Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación se evidenció una alta favorabilidad, no solo de los aspectos técnico-estructurales del mismo sino también de los aspectos pedagógicos-didácticos, en los cuales los estudiantes manifestaron que con el uso del microscopio estereoscópico en el desarrollo de las actividades experimentales, pudieron reconocer y distinguir a nivel microscópico las características físicas, estructuras anatómicas y morfológicas del liquen, así como visualizar los cambios morfológicos que sufren los líquenes a causa de la contaminación atmosférica en el ambiente donde se encuentran. De igual modo, aseguraron que con el microscopio estereoscópico aprendieron procedimientos básicos y técnicas relacionadas con su uso y manejo.

En este estudio se evidenció que el microscopio estereoscópico planteado sirvió como un recurso didáctico relevante en la enseñanza experimental de las ciencias y en particular de la biología, ya que apoyó y facilitó el proceso de enseñanza y aprendizaje, promoviendo habilidades, destrezas, actitudes y conocimientos que favorecieron la formación de los estudiantes en temas de importancia global como lo es la contaminación atmosférica. Se espera que este trabajo sea una invitación para que los docentes en formación y en ejercicio tengan la iniciativa por crear y usar prototipos experimentales en la enseñanza de las ciencias, considerando los diferentes contextos educativos así como las limitaciones de los recursos necesarios para realizar las prácticas experimentales. Además, cabe resaltar que el prototipo es versátil para la enseñanza de otros contenidos disciplinares que no sea propiamente de la

Biología, ya que proporciona imágenes tridimensionales del objeto de estudio posibilitando la enseñanza de contenidos científicos asociados a las realidades sociales y experiencias cotidianas de los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Alegria, J. E. (2013). *La exploración y experimentación del entorno natural: una estrategia didáctica para la enseñanza aprendizaje de las Ciencias Naturales* (tesis de maestría). Universidad Nacional, Palmira, Colombia.
- Aragón, M. (2007). Reseña de "La comprensión de los estudiantes sobre el papel de los modelos científicos en el aprendizaje de las ciencias" de D.F. Treagust, G. Chittleborough y T. L. Mamiala. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4 (2), 364- 366.
- Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El Trabajo Práctico en la enseñanza de las Ciencias: Una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379.
- Bernasconi, E., De Vito, I. E., Martínez, L. D., y Raba, J. (2000). Liqueen Usnea densirostra como bioindicador de metales pesados. Determinación por ICP-AES acoplado con nebulizador ultrasónico. *Ars Pharmaceutica*, 41(3), 249-257.
- Bohórquez L., Martínez S., y Gallego H. A. (2012). Design and construction of a prototype autonomous practice of experimental physics laboratories. *Scientia et Technica*, Año XVII(52), 155-164.
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Boyes, E., y Stanisstreet, M. (1992). Students' perceptions of global warming. *International Journal of Environmental Studies*, 42(4), 287-300.
- Caamaño, A. (2003). Los Trabajos Prácticos en Ciencias. *Enseñar Ciencias*, 95-118.
- Cano, M. y Cañal, P. (2006). Las actividades prácticas en la práctica: ¿qué opina el profesorado? *Alambique*, 47, 9-22.
- Capeletto, A. (1999). *Biologia e Educação ambiental: Roteiros de trabalho*. São Paulo: Editora Ática.
- Carboni, G. (1997). Building a stereoscopic microscope. Recuperado de http://www.funsci.com/fun3_en/uster/uster.htm#34.
- Carboni, G. (2001). Let's Build a Stereo-Zoom Microscope. Recuperado de http://www.funsci.com/fun3_en/uzoom/uzoom.htm.
- Carboni, G. (2004). A Simple Stereoscopic Microscope. Recuperado de http://www.funsci.com/fun3_en/uster3/uster3.htm.

- Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., y Valdez, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 21(2), 157-181.
- Carretero, R., Coriat, M., y Nieto, P. (1995). Secuenciación, organización de contenidos y actividades de aula. Junta de Andalucía, *Materiales Curriculares, Educación Secundaria Obligatoria*, 17, Sevilla: Consejería de Educación y Ciencia.
- Cervantes, M. A., Vargas, C., y Meléndez, J. (2010). Alcances y perspectivas del diseño y construcción de prototipos didácticos realizados por estudiantes de ingeniería para su uso en el laboratorio de ciencias experimentales. *4to Foro Nacional de Ciencias Básicas*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41.
- Cohn, M. (2014). *Líquenes como bioindicadores de contaminación aérea en el corredor metropolitano Hipódromo del Norte-Hipódromo del Sur, en la ciudad de Guatemala* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Collazos, C. A. (2009). Prototipo para la Enseñanza de la Dinámica Rotacional (Momento de Inercia y Teorema de Ejes Paralelos). *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(3), 619-624.
- Conde, M., Sierra, S., Sánchez, J., y Ruiz, C. (2013). Ideas alternativas sobre cambio climático, adelgazamiento de la capa de ozono y lluvia ácida de un grupo de alumnos de centros de enseñanza permanente de adultos. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. 796-802, Girona, España.
- Del Carmen, L. (2000). Los Trabajos Prácticos. *Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. 267-287.
- Duarte, J. E., Gutiérrez, G. J., y Fernández, F. H. (2007). Desarrollo de un prototipo didáctico como alternativa pedagógica para la enseñanza del concepto de inducción electromagnética. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 21, 77-83.
- Estrabou, C. (1993). Una alternativa a la enseñanza de los líquenes como bioindicadores. *Jornadas de Enseñanza de la Biología*, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Estrabou, Cecilia (1998). Lichens species identification and distribution according tolerance to airborne contamination in the city of Cordoba, Argentina. En M. P. Marcelli y M. R. D.

- Seaward. (Eds.). *Lichenology in Latin America: history, current, knowledge and applications* (pp. 165-169). Sao Paulo, Brasil: CETESB.
- Fernández, N., Marcángeli, M., y Romero, C. (2011). Análisis de las estrategias de enseñanza de los docentes de Ciencias Naturales en dos escuelas públicas medias de Tierra del Fuego. *Tecné, Episteme y Didaxis: TEΔ*. Número extraordinario, 1381-1386.
- Ferreirós J., y Ordóñez J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Revista Hispanoamericana de Filosofía*. 34(102), 47-86.
- Galán, P., y Martín, R. (2013). La clasificación de la materia viva en Educación Primaria: Criterios del alumnado y niveles de competencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 372-391.
- Gálvez, A. (2002). Revisión bibliográfica: usos y utilidades. *Matronas Profesión*. 3(10), 25-31
- García, M.F., Guerrero, D., Marcelli, M. P., y Saiki, M. (1997). Aplicação Didáctica um Estudo Indicadores poluicap na Cidade de Guarulhos. En M. P. Marcelli, A. Salino y C. H. Ribeiro. (Eds.). *Ponencia en el III Encuentro del Grupo Latinoamericano de Liqueología (GLAL3)*. Sao Paulo, Brasil.
- Garty, J., Tomer, S., Levin, T., y Leher, H. (2003). Lichens as biomonitors around a coal-fired power station in Israel. *Environmental Research*, 91(2), 186-198.
- Giacobone, G., y Cabrera S. (2009). Líquenes como bioindicadores de calidad del aire: Una experiencia de Educación ambiental. Buenos Aires, Argentina: Gob Ciudad de Buenos Aires.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., y Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. En J. K. Gilbert y C. J. Boulter. (Eds.). *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Netherlands: Springer.
- Gomes, A., Tarciso, A., y Justi, R. (2008). Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. *Investigações em Ensino de Ciências*. 13(2), 187-207.
- Gulizia, C., Zazulie, N. (2012). Ideas previas en el aprendizaje del efecto invernadero y el calentamiento global en estudiantes universitarios de Ciencias Exactas y Naturales, *III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Hacking, I. (1996). Representar e Intervenir, Barcelona, España: Paidós Ibérica.

- Harrell, P., Richards, D., Collins, J., y Taylor, S. (2005). Using concrete & representational experiences to understand the structure of DNA: A four-step instructional framework. *The American Biology Teacher*, 67(2), 77-85.
- Hawksworth, D. L., Iturriaga, T., Crespo, A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22, 71-82.
- Ibarra, O. (2003). Influencia de las marcas propias en el canal minorista (Autoservicios). *Pensamiento & Gestión*. 15, Universidad del Norte, 52-61.
- Iglesias, M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: Una nueva perspectiva de la actividad experimental. *Opción*, 20(44), 98-119.
- Jeffries, H., Stanisstreet, M., y Boyes, E. (2001). Knowledge about the 'Greenhouse Effect': Have college students improved?. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 205-219.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Kett, A., Dong, S., Andrachuk, H., y Craig, B. (2005). Learning with Lichens: Using epiphytic Lichens as bio-Indicators of air pollution. Recuperado de <http://www.greenteacher.com/article%20files/Lichens.pdf>
- Klumpp, A. (2004). EuroBionet - European Network for the Assessment of Air Quality by the use of Bioindicator Plants – Final report, University of Hohenheim, 174 p.
- Labarce, C. E. (2009). *Ensino de biologia e o desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio de atividades práticas e contextualizadas* (tesis de maestría). Universidade Estadual Paulista, Bauru, Brasil.
- Lijteroff, R., Lima, L., Prieri, B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25(2), 111-120.
- Liska, J. (1998). An international air pollution survey by school children using lichens. *Sauteria*, 9, 303-310.
- López, M. (2009). *Los laboratorios virtuales aplicados a la biología en la enseñanza secundaria: Una evaluación basada en el modelo "CIPP"* (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

- Madrid, C. (2009). Cómo hacer ciencia con aparatos. Un enfoque materialista de la física cuántica. *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, 18, 147-170.
- Magallan, R., y Saldarelli, A. (2012). Propuesta de trabajo interdisciplinario: ¿hay buenos aires en buenos aires? la enseñanza de estadística en un contexto de biología. *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, Universidad Nacional de La Plata, La plata, Argentina.
- Maldonado, C. E. (2006). Reflexiones filosóficas sobre la experimentación en seres vivos. *Revista Colombiana de Bioética*, 1(1), 89-103.
- Marín, M. (2009). *El trabajo experimental en la enseñanza de la química en contexto de resolución de problemas en el laboratorio. Un caso particular de la combustión* (tesis de maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Marín, M. (2010). Los materiales didácticos en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales. *Documento de orientación para el estudio de los materiales didácticos en la formación de profesores - Reporte*, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Marquès, P. (2000). Los medios didácticos. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de http://tictoner.com/proyectos/valora/docs/materiales_estudio/u3_l3/Los_medios_didacticos.pdf
- Martínez, A. G. (2007). Prácticas experimentales e instrumentos científicos en la construcción del conocimiento científico escolar. *En Historia de la ciencia. Propuestas para su divulgación y enseñanza* (pp. 13-45). Chile.
- Méndez, V., y Monge, J. (2011). El uso de líquenes como biomonitores para evaluar el estado de la contaminación atmosférica a nivel mundial. *Biocenosis*, 25(1-2), 51-67.
- Méndez, O., y Fournier, L. A. (1980). Los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 28(1), 31-39.
- Méndez, V., Rivas, M., y Monge, J. (2000). Los líquenes como bioindicadores y su uso por parte de los estudiantes para monitorear la contaminación atmosférica. *I Congreso Interuniversitario de Biodiversidad*. San José, Costa Rica.
- Monjo, J. (2007). Durabilidad vs Vulnerabilidad. *Informes de la Construcción*, 59(507), 43-58.
- Moreno, E. J. (2013). Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la liquenología en Venezuela. *XI Encuentro Latinoamericano de líquenólogos (GLAL-XI)*. Caracas, Venezuela.

- Muñoz, P., y Muñoz, I. (1999). Intervención de la familia. Estudios de casos. *Modelos de investigación cualitativa en educación social y animación sociocultural: aplicaciones prácticas*, 221-252.
- Novak, J. D. (1990). The student laboratory and the science curriculum. En Hegarty-Hazel, E. London, The United Kingdom: Routledge, Chapman & Hall.
- Oneto F., y Diaz, V. (2014). Usabilidad: productos para las necesidades de los usuarios. En F. Oneto y V. Diaz (Eds). San Martín, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial-INTI. Recuperado de http://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/docto_usabilidad.pdf
- Orozco, Y., y Soto, R. (2012). Líquenes como herramienta en la enseñanza de conceptos de evolución, taxonomía y biodiversidad en la educación secundaria (grado noveno) en un colegio público de Ciudad Bolívar. *X Encuentro del Grupo Latinoamericano de Liquenólogos (GLAL10)*. Bogotá, Colombia.
- Ossandón, C. E., Harsch, N. y Barke, H. D. (2011). Efecto invernadero, ozono y lluvia ácida: Conocimientos y concepciones erróneas de estudiantes españoles y alemanes. Recuperado de https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/sonstiges/estay-harsch-barke__span__.__pdf
- Pedroso, C. (2009). Uma década de pesquisa sobre atividades experimentais na educação em ciências: memórias e realidade. *Atas do IX Encontro Nacional de Educacion - III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia*, Recuperado de http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/2944_1322.pdf
- Pereira de Araujo, M., Custódio, E., Adelino da Silva, M., y Rodrigues de Faria, M. J. (2011). As atividades experimentais como proposta na abordagem contextualizada dos conteúdos de biologia. *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Internacional de Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.
- Pérez, E., y Falcón, N. (2009). Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 452-465.
- Possobom, C. F., Okada, F. K., y Diniz, R. E. (2003). Atividades práticas de laboratório no ensino de Biologia e Ciências: relato de uma experiência. Universidade Estadual Paulista – Pró-Reitoria de Graduação. (Org.). *Núcleos de Ensino*. São Paulo: Editora da UNESP, 1, 113-123.

- Puentes, M. L. (2008). *Propuesta de un sistema de categorías para el estudio del Trabajo Práctico en la enseñanza de la Biología* (tesis de especialización). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Puentes, M. L., y Valbuena, E. O. (2010). Sistema de categorías para el análisis didáctico de los trabajos prácticos en la enseñanza de la biología. *Bio-grafía: escritos sobre la biología y su enseñanza*, 3(5). 83-121.
- Rubiano, L. J., y Chaparro, M. (2006). Delimitación de áreas de isocontaminación atmosférica en el campus de la Universidad Nacional de Colombia mediante el análisis de bioindicadores (líquenes epífitos), *Acta Biológica Colombia*. 11(2), 82-102.
- Samsudin, M. W., Daik, R., Abas, A., Meerah, T. S., Halim, L. (2013). Environmental Learning Workshop: Lichen as Biological Indicator of Air Quality and Impact on Secondary Students' Performance. *International Education Studies*, 6(6), 28-34.
- Samsudin, M. W., Zakaria, Z., Daik, R., Meerah, T. S., Abdullah, S. I., Halim, L. (2012). Lichens in the environment as a laboratory for environmental and science education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 627-634.
- Santos, F., Oliveira, L., y Rego, I. (2011). Dificuldades dos professores de biologia em ministrar aulas práticas em escolas públicas e privadas do município de imperatriz (MA). *Revista UNI*, 1(1), 135-149.
- Séré, M. G. (2002). La enseñanza en el laboratorio ¿qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*. 20(3), 357-368.
- Souza, S. (2007). O uso de recursos didáticos no ensino escolar. *I Encontro de Pesquisa em Educação - IV Jornada de Prática de Ensino - XIII Semana de Pedagogia da UEM: "infancia e praticas educativas"*. Maringá, Brasil.
- Unesco. (1987). Seminario taller subregional para la Enseñanza de la Biología con equipo a bajo costo - Informe Final. *Oficina Regional de Educación de la Unesco para América Latina y el Caribe (OREALC)*. 168 p., Santiago de Chile.
- Velasco, M. (1998). Experimentación y descubrimiento: algunas reflexiones desde la epistemología de la experimentación. *Episteme*, 3(6), 137-143.
- Yin, R. K. (1984). Case study research: Design and methods. *Applied social research methods series*, vol. 5. London, The United Kingdom: Sage Publications.

Anexos**Anexo 1.****HOJA DE TRABAJO No 1. INSTRUMENTOS ÓPTICOS****Nombres de los integrantes:****Fecha:**

En la siguiente tabla encontrarás imágenes de algunos instrumentos ópticos, seleccione el instrumento que considera más apropiado para el estudio de los líquenes. Justifique su respuesta.

INSTRUMENTOS ÓPTICOS	
	
	
	

Anexo 2.

FICHA INFORMATIVA No 1. INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN

A continuación se presenta una tabla con los instrumentos ópticos utilizados en Biología, se describe sus características, potencia o aumento de imágenes amplificadas de los objetos o muestras, manejo y su utilidad en el estudio de la Biología.

INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN (Modelo del instrumento)			
Criterio comparativo	Lupa	Microscopio Estereoscópico	Microscopio Compuesto
¿Qué es?	Es un instrumento que consta de una lente biconvexa que forma una imagen virtual ampliada del objeto.	Es un instrumento compuesto por dos oculares y con una profundidad de foco, que permiten producir imágenes tridimensionales (3D) del objeto o especímenes.	Es un instrumento compuesto por una lente ocular y un lente objetivo, ambos convergentes y alineados sobre un eje, se puede obtener diferentes potencias o aumento de las muestras según el lente objetivo.
¿Para qué se usa?	Se usa para ampliar o aumentar las imágenes de los objetos desde 5, 8, 10 y hasta 20 veces.	Se utiliza para observar objetos o especímenes relativamente grandes entre 0.05 a 20 milímetros, con una potencia de magnificación desde 1,5 hasta más de 60 veces.	Sirve para observar objetos transparentes o secciones finas entre 0.2 a 100 micrómetros, con una potencia de aumento hasta 675 veces.
¿Cómo es?			
¿Cómo se usa?	1. Sostenga la lupa en su mano firmemente. 2. Coloque la lupa a	1. Encienda el interruptor de luz para proporcionar una iluminación adecuada y	1. Conecte el microscopio a un enchufe eléctrico y prenda el iluminador y ajuste la

	una distancia focal del objeto hasta conseguir una imagen ampliada y nítida.	uniforme. 2. Ajuste los oculares a la separación entre los ojos. 3. Coloque el objeto o espécimen a observar en una Caja de Petri sobre la platina 4. Enfoque mediante el tornillo macrométrico hasta que aparezca la imagen 5. Observe con los dos ojos abiertos y pase del primer aumento a otro mediante el cambio de lente objetivo.	intensidad de luz a un nivel cómodo. 2. Ubique el lente objetivo de menor aumento en posición de observación. 3. Coloque la muestra en el centro de la platina. 4. Suba la platina hasta que el lente objetivo este relativamente cerca de la muestra. 5. Mire a través del ocular y utilice los tornillos de enfoque (macro y micrométrico) para lograr la nitidez de la imagen. 6. Observe con los dos ojos abiertos y pase del primer aumento a los aumentos sucesivos que vaya requiriendo. 7. Coloque el objetivo de menor aumento antes de retirar la muestra.
¿Qué información proporciona?	Amplia los detalles que a simple vista se dificulta percibir del objeto de estudio, como la morfología de una flor, una hoja o raíz de una planta.	Facilita la visualización en relieve de las estructuras anatómicas y morfológicas del objeto de estudio. Además, sirve para la disección de plantas, animales y semillas.	Proporciona observaciones microscópicas de organismos, células y virus, permitiendo determinar el tamaño, morfología, modo de agrupamiento, movimiento, tejidos y/o presencia de algunos elementos estructurales.

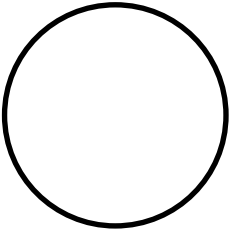
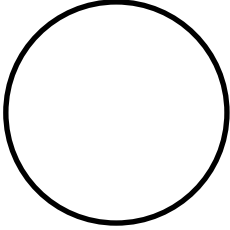
Anexo 3.

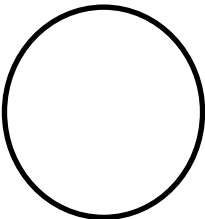
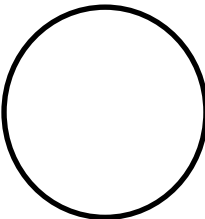
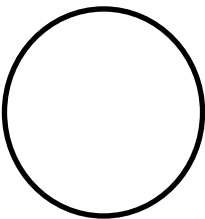
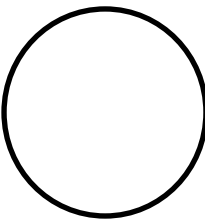
**HOJA DE TRABAJO No2. LA IMAGEN FORMADA EN LOS INSTRUMENTOS
ÓPTICOS**

Nombres de los integrantes:

Fecha:

Los instrumentos ópticos forman una imagen aumentada del objeto o muestras naturales. Para apreciar la imagen representada en cada instrumento óptico (Lupa, microscopio estereoscópico y microscopio compuesto) se utilizará como objeto de referencia la **letra E**. A cada instrumento óptico ubique la letra E y complete la siguiente tabla con la información solicitada:

Tabla No1. La imagen formada en los instrumentos ópticos		
CRITERIOS	LUPA	MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO
Realice un esquema de las observaciones de la letra E según el instrumento óptico.		
Describa la imagen observada según el instrumento óptico.		
Coloca de menor a mayor (< ó >) las imágenes obtenidas en los instrumentos ópticos.		
La imagen formada es plana o invertida.		

CRITERIOS	MICROSCOPIO COMPUESTO			
Realice un esquema de las observaciones de la letra E según el grado de aumento del instrumento	Imagen 1 		Imagen 2 	
	Imagen 3 		Imagen 4 	
Describa la imagen observada según el aumento en el instrumento.	Imagen 1	Imagen 2	Imagen 3	Imagen 4
Coloca de menor a mayor (< ó >) según la el aumento de la imagen formada en el instrumento.				
La imagen formada es plana o invertida				

Anexo 4.

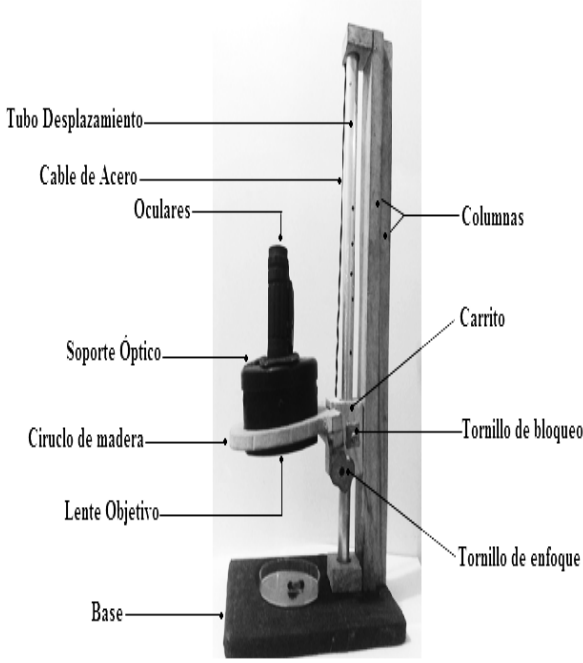
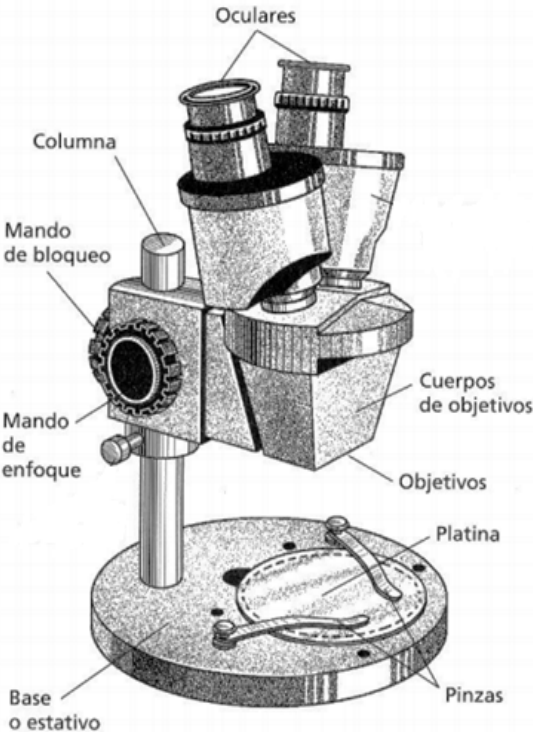
FICHA INFORMATIVA No 2. MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

(Prototipo Experimental)

Características y partes del microscopio estereoscópico

El Microscopio Estereoscópico (prototipo experimental) se caracteriza por proporcionar una imagen en 3D de la muestra natural al igual que el instrumento convencional, esto se logra a través de una visión binocular en la que los dos ojos observan la muestra desde ángulos levemente diferentes. Los microscopios estereoscópicos son muy útiles para la observación de especímenes relativamente grandes como los líquenes, por lo que es innecesario realizar cortes o utilizar materiales como portaobjetos y cubreobjetos para visualizar sus estructuras anatómicas y morfológicas.

En las siguientes tablas encontrarás el prototipo experimental del microscopio estereoscopio vs el instrumento convencional, cada uno con sus partes y sus funciones:

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO Y PARTES PRINCIPALES	
Microscopio Estereoscópico Prototipo Experimental	Microscopio Estereoscópico convencional
 Diagrama del Microscopio Estereoscópico Prototipo Experimental. Las partes etiquetadas son: - Tubo Desplazamiento - Cable de Acero - Oculares - Columnas - Carrito - Tornillo de bloqueo - Tornillo de enfoque - Círculo de madera - Lente Objetivo - Base - Soporte Óptico	 Diagrama del Microscopio Estereoscópico convencional. Las partes etiquetadas son: - Oculares - Columna - Mando de bloqueo - Mando de enfoque - Cuerpos de objetivos - Objetivos - Platina - Pinzas - Base o estativo

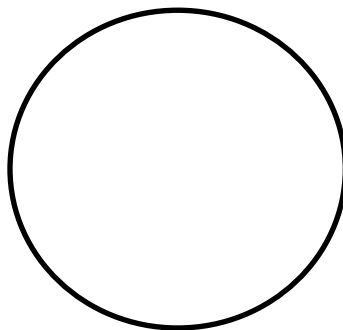
PARTES MECANICA Y OPTICA DEL MICROSCOPIO ESTEREOSCOPICO	
Microscopio Estereoscópico Prototipo Experimental	Microscopio Estereoscópico Convencional
Parte Mecánica: - Base: Superficie plana para colocar el objeto que se quiere observar. - Columna: Pieza de madera que sostiene el tubo de desplazamiento y se adapta a la base. - Tubo de desplazamiento: Tiene forma cilíndrica y permite el desplazamiento ascendente y descendente del carrito. - Cable de acero: Facilita el movimiento ascendente y descendente del carrito hasta conseguir la distancia focal para obtener una imagen nítida del objeto de estudio. - Carrito: Permite los desplazamientos en dirección vertical del sistema óptico. - Soporte óptico: Soporta del sistema óptico. - Tornillo de enfoque: Desliza el carrito con el sistema óptico, hasta obtener una imagen nítida del objeto de estudio. - Tornillo de bloqueo: Fija el carrito al tubo de desplazamiento a una determinada altura. Parte Óptica: - Oculares: Son los binoculares que se encuentran situados en la parte superior del soporte óptico. Tiene como función aumentar la imagen formada por el lente objetivo. - Lente objetivo: Producen el aumento de las imágenes de los objetos y organismos, se encuentran cerca del objeto que se va observar. - Soporte lentes u óptico: Es el encargado de soportar los oculares y lentes objetivos.	Parte Mecánica: - Pie o Estativo: Constituye la base sobre la que se apoya el microscopio y tiene por lo general forma Y o bien es rectangular. - Soporte o Tubo: Tiene forma cilíndrica y está ennegrecido internamente para evitar las molestias que ocasionan los reflejos de la luz. En su extremidad superior se colocan los oculares. - Brazo o Columna: Es una pieza colocada en la parte posterior del aparato. Sostiene el tubo en su porción superior y por el extremo inferior se adapta al pie. - Platina: Es una pieza metálica plana en la que se coloca la preparación u objeto que se va a observar. - Pinzas de la platina: Dos pinzas sirven para retener el objeto de estudio. - Mando macrométrico: Permite movimientos ascendente o descendente de la muestra para garantizar su visualización. - Mando de bloqueo: Fija la platina a una determinada altura. Parte Óptica: - Ocular: Es la lente situada cerca del ojo del observador. Capta y amplía la imagen formada en los objetivos. - Cabezal o cuerpo de objetivos: Contiene los sistemas de lentes objetivos. - Objetivo: Es la lente situada cerca de la preparación. Amplía la imagen de ésta, permite ver a través de los oculares.

Anexo 5.**HOJA DE TRABAJO N°3. OBSERVACIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS EN
EL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO****Nombres de los integrantes:****Fecha:**

1: En la tabla de registro de observaciones describe las características físicas observadas de la muestra de líquen en el microscopio estereoscópico.

Registro de observaciones	
Color	
Aspecto (sólido, liso, algodonoso, lanudo o fieltro)	

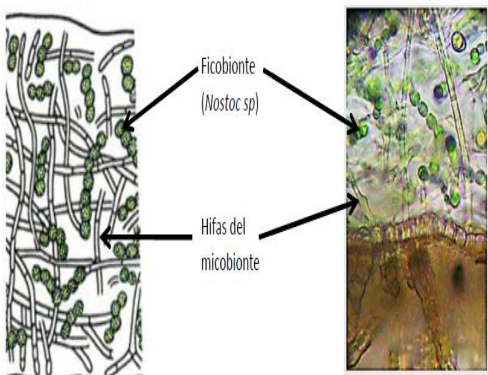
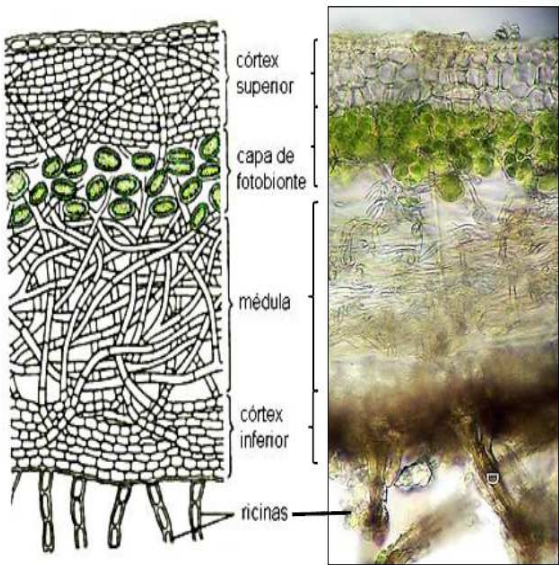
2: Realice un esquema de lo observado en el microscopio estereoscópico. Señale las características físicas en la muestra de líquen.



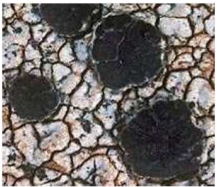
Anexo 6.

FICHA INFORMATIVA No 3. ESTRUCTURAS ANATÓMICAS Y MORFOLÓGICAS DE LOS LÍQUENES

Los líquenes como cualquier otro ser vivo presentan estructuras anatómicas y morfológicas. En la siguiente tabla se presenta con imágenes las estructuras anatómicas y morfológicas de los líquenes y se describe las características para cada una de ellas.

ESTRUCTURAS ANATOMICAS DEL LIQUEN	
Tipo de talo	
Imagen	Características
 Ficobionte (Nostoc sp) Hifas del micobionte	Talos Homómeros: Se refiere aquellos líquenes que poseen talos simples poco diferenciados en donde el micobionte (hongo) y el fotobionte (alga) están uniformemente distribuidos.
 córtex superior capa de fotobionte médula córtex inferior ricinas	Talos Heterómeros: Son aquellos líquenes que tienen una anatomía estratificada: córtex superior, capa algal, médula y córtex inferior: - Córtex superior: Capa fúngica que puede ser de grosor variable y puede acumular sustancias relacionadas con la protección del hongo liquenizado. - Capa algal: Es la porción donde ocurre el contacto físico entre el hongo y el alga o cianobacterias. - La médula: Capa fúngica que ocupa el mayor volumen del talo, posee espacios que permiten la aireación del talo. - Córtex inferior (puede estar ausente): Se encuentra en la mayor parte de los líquenes foliáceos.

ESTRUCTURAS MORFOLÓGICAS DEL LIQUEN	
<i>Según su forma de crecimiento</i>	
Imagen	Características
	Talos Crustáceos: Tienen forma de costra, se caracteriza porque poseen una relación con el sustrato como la madera o roca. No se pueden remover de su sustrato sin destruir el cuerpo (talo) del liquen. La gran mayoría de los talos crustáceos tienen una serie de compartimentos llamados <i>areolas</i> .
	Talos Foliáceos: Tienen forma laminar, están parcialmente adheridos al sustrato, pueden separados sin destruirlos. Los talos foliáceos tienen unos los <i>lóbulos</i> los cuales son ramas o dedos del talo.
	Talos Fruticulosos: Son aquellos con forma de arbustos, se sujetan al sustrato por una mínima superficie; pueden ser erectos o colgantes.
MORFOLOGÍA DE ESTRUCTURAS VEGETATIVAS	
<i>Órganos apendiculares de fijación</i>	
	Rizines o ricinas: Permite, además de la sujeción al sustrato, retener agua por fuera del talo, al igual que la corteza inferior. Varían en longitudes (largas o cortas), en número (poco o numeroso), en distribuciones (esparcidas o agrupadas) y en ramificaciones (simples o dicotómicas).
	Disco de fijación: hifas medulares aglutinadas provenientes del eje del talo que penetran en el sustrato. Se da en algunos líquenes fruticulosos.

	Cilios: Se ubican en el margen del talo o en la cara superior. Su función es la de retener gotas de agua que absorben gradualmente.
	Venas: Pliegues de la corteza inferior que fijan el talo al sustrato. Pueden ser coloreadas o no.
	Ombligo: Cordón que parte de la región central de la cara inferior del liquen.
MORFOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS DE LOS LÍQUENES	
<i>Órganos reproductores</i>	
	Soredios: Masa pulverulentas que salen del interior del talo por áreas determinadas
	Isidios: Son protuberancias coralinas en el cortex superior del liquen.
 a)  b)	Apotecios: Están expuestos al exterior, por lo general tienen la forma de disco de taza y son circulares. Los apotecios pueden ser: apotecios lecideinos (Figura a) y apotecios lecanorinos (Figura b)

Anexo 7.

HOJA DE TRABAJO No4. OBSERVACIÓN DE ESTRUCTURAS ANATÓMICAS Y MORFOLÓGICAS DEL LIQUEN

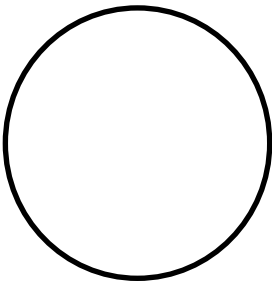
Nombres de los integrantes:

Fecha:

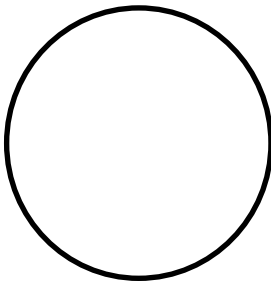
De acuerdo con las estructuras anatómicas y morfológicas de los líquenes presentadas en la ficha informativa No 3, Marca con una X las estructuras anatómicas y morfológicas observadas en la muestra de liquen mediante el microscopio estereoscópico.

ESTRUCTURAS ANATÓMICAS Y MORFOLÓGICAS	Muestra de Liquen 1	Muestra de Liquen 2
Capa algal		
Corteza superior		
Medula		
Corteza inferior		
Crustáceos		
Areolas		
Foliáceos		
Lóbulos		
Fruticulosos		
Ricinas		
Disco de fijación		
Cilios		
Venas		
Omblogo		
Sorelios		
Isidios		
Apotecios Lecideinos		
Apotecios Lecanorinos		

2. Realiza un esquema de lo observado en el microscopio estereoscópico y señalas las estructuras anatómicas y morfológicas en la muestra de liquen.



Muestra de Liquen 1

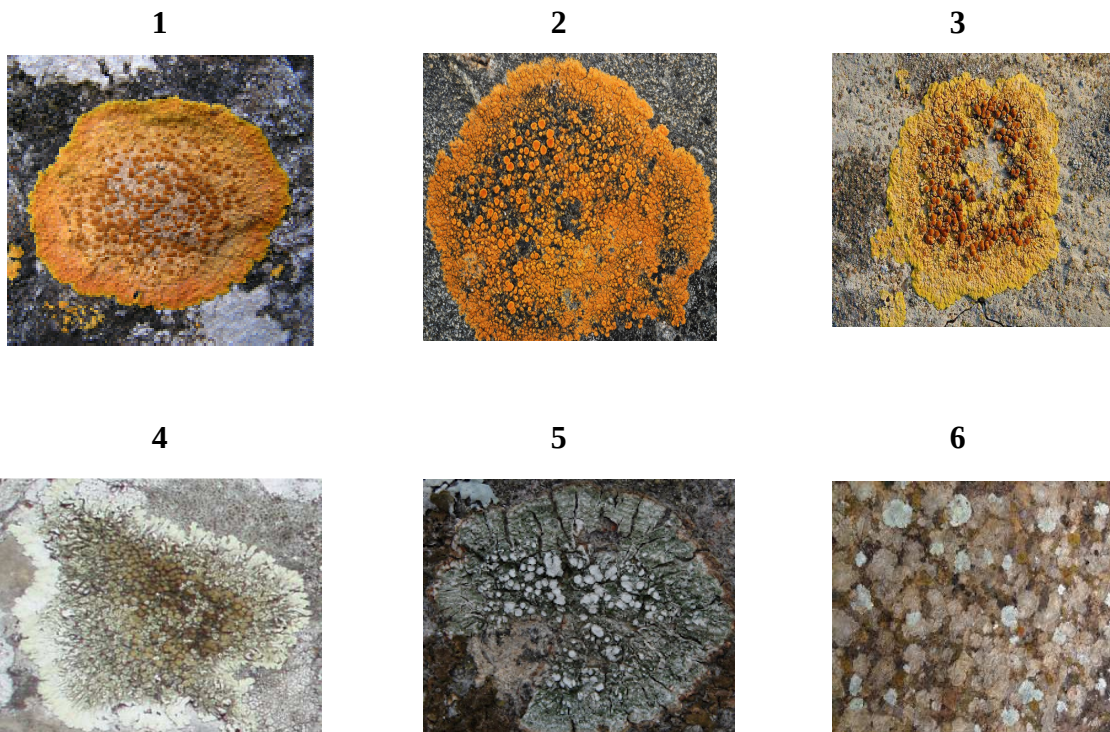


Muestra de Liquen 2

Anexo 8.

FICHA INFORMATIVA No 4. LOS CAMBIOS MORFOLOGICOS DE LOS LIQUENES

El impacto de los *contaminantes* del aire sobre los *líquenes* se puede manifestar por cambios morfológicos como la decoloración (clorosis) y muerte (*necrosis*) del liquen hasta provocar su desaparición total. A continuación se presenta los cambios morfológicos de los líquenes derivados de la contaminación atmosférica.



Tomado de Rubiano, J (2006)

1. Liquen sano.
2. Decoloración del centro del liquen por contaminación.
3. Muerte del centro del liquen.
4. Formación de un anillo en el centro del liquen.
5. Formación de media luna por muerte de la mayoría del liquen.
6. Fragmentación del liquen. Se establece un desierto de líquenes.

Anexo 9.

HOJA DE TRABAJO No 5. OBSERVACIÓN DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS EN EL LÍQUEN

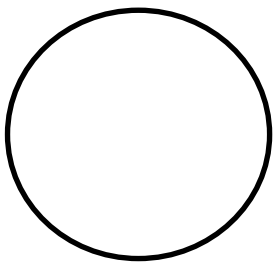
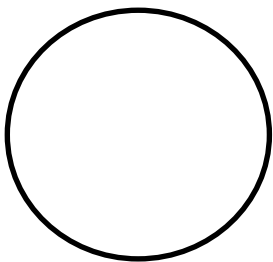
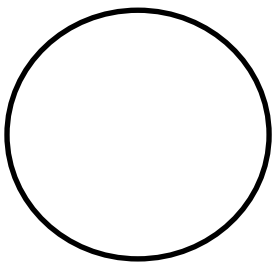
Nombres de los integrantes:

Fecha:

1. De acuerdo con los cambios morfológicos en el liquen presentados en la ficha informativa No4, marca con una **X** los cambios morfológicos observados en las muestras de líquenes mediante el microscopio estereoscópico.

CAMBIOS MORFOLÓGICOS		Muestra liquen 1	Muestra liquen 2	Muestra liquen 3
1	Liquen sano			
2	Decoloración del centro del liquen por contaminación			
3	Muerte del centro del liquen			
4	Formación de un anillo en el centro del liquen.			
5	Formación de media luna por muerte de la mayoría del liquen.			
6	Fragmentación del liquen. Se establece un desierto de líquenes			

2. Realiza un esquema de las observaciones en el microscopio estereoscópico.

ESQUEMAS DE LA OBSERVACIONES EN EL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO		
Muestra liquen 1	Muestra liquen 2	Muestra liquen 3
		

Anexo 10.

MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO

MANUAL DE INSTRUCCIONES



El presente manual de instrucciones contiene indicaciones básicas sobre el montaje, uso y mantenimiento.

Montaje

El microscopio estereoscópico tiene piezas que requieren ser ensambladas en la estructura, estas son:

- Los oculares.
- El soporte del lente objetivo del círculo de madera.
- La tapa que cubre el soporte del lente objetivo.
- El lente objetivo.

A continuación se describe los pasos para realizar el montaje adecuadamente:

1. Tome el tubo y la tapa de PVC.



2. Coloca el lente objetivo en el tubo de PVC y ubique la tapa en el tubo.



3. Instale el tubo PVC en el soporte óptico (círculo de madera).



4. Situé los binoculares en las perforaciones de la tapa de PVC.

**Distancia interpupilar**

La distancia interpupilar está ajustada correctamente si al observar una muestra ve una imagen circular nitida del objeto de estudio. Para lograrlo:

1. Observa a través de los oculares.

2. Sujeta los oculares con ambas manos. Acerque los oculares entre sí o sepárelos, hasta que vea una imagen circular.
3. Acerca lentamente los ojos a los oculares hasta que visualice todo el campo de imagen sin sombras.



Figura 1. Distancia interpupilar

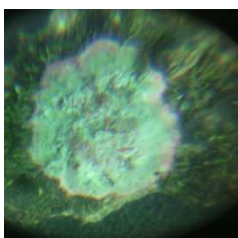


Figura 2. Imagen circular del objeto de estudio

Enfoque (ajuste de la nitidez)

Al enfocar el microscopio estereoscópico se eleva o se baja mediante el tornillo de enfoque, hasta que se obtenga una imagen nítida de la muestra.

1. Alinea el objeto de estudio bajo en el sistema óptico.



2. Enfoca la muestra con el tornillo de enfoque hasta que visualice una imagen nítida de la muestra.



3. Asegure el carrito con el tornillo de bloqueo.



Mantenimiento

Es muy indispensable que evites frotar los lentes objetivos y oculares con objetos que puedan tener abrasivos o partículas que puedan dañarlos, como por ejemplo las batas, pañuelos, camisas, etc. Para remover la suciedad o grasa de los lentes y los oculares, use el paño para lentes ligeramente humedecido con agua o líquido limpia lentes.

De igual modo, es importante que la base este limpia, si por cualquier circunstancia se moja o está sucia, frota con un paño limpio y suave.

Anexo 11.

UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
CUESTIONARIO DE PERCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE EL USO Y
MANEJO DEL MICROSCOPIO ESTEREOSCÓPICO EN LA ENSEÑANZA DE LOS
LÍQUENES COMO BIOINDICADORES.

Institución educativa: **Oficial** ☐ **Privada** ☐
Grado escolar:
Jornada escolar: **Mañana** ☐ **Tarde** ☐
Sexo: **Femenino** ☐ **Masculino** ☐
Edad:

Este cuestionario ha sido diseñado para reconocer las percepciones de los estudiantes en cuanto al uso y manejo del microscopio estereoscópico en el aprendizaje de los líquenes como bioindicadores, lea con atención y detenimiento cada ítem y responda la opción con una equis (X) la que usted crea más conveniente.

ESCALA

TD	Totalmente en desacuerdo	D	En desacuerdo	I	Indeciso	A	De acuerdo	TA	Totalmente de Acuerdo
-----------	---------------------------------	----------	----------------------	----------	-----------------	----------	-------------------	-----------	------------------------------

	Ítems	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	El microscopio estereoscópico me permite realizar observaciones detalladas de los líquenes.					
2	El microscopio estereoscópico me permite reconocer y distinguir las estructuras anatómicas y morfológicas del líquen.					
3	El microscopio estereoscópico es un recurso educativo útil en la clase de biología.					
4	El microscopio estereoscópico permite visualizar los detalles de las muestras naturales poco identificables a simple vista.					
5	Con el uso y manejo del microscopio estereoscópico me familiarizo con instrumentos de observación convencionales.					
6	Con el microscopio estereoscópico puedo visualizar en detalle y manipular las muestras naturales de líquenes.					

7	El microscopio estereoscópico permite obtener una imagen aumentada y tridimensional de la muestra de líquenes.					
8	El microscopio estereoscópico me permite conocer las características físicas de las muestras naturales, por ejemplo, el tamaño, color y textura de los líquenes.					
9	El microscopio estereoscópico es seguro, portable y de tamaño adecuado para su uso en el laboratorio y/o aula.					
10	El microscopio estereoscópico presenta condiciones de alta durabilidad y resistencia al manejo frecuente de los estudiantes.					
11	El microscopio estereoscópico es de fácil uso y manipulación, es decir, no me exige instrucciones complejas ni destrezas especializadas para su adecuado funcionamiento.					
12	El microscopio estereoscópico presenta un buen acabado, con color y textura agradables a los sentidos (tacto y visual).					
13	Los binoculares (oculares) del microscopio estereoscópico son cómodos para visualizar los líquenes.					
14	El microscopio estereoscópico ofrece condiciones de observación óptimas para usuarios con o sin gafas.					
15	El sistema óptico del microscopio estereoscópico proporciona imágenes tridimensionales nítidas, planas y sin distorsión de las muestras de líquenes.					
16	La altura del sistema óptico (binoculares y soporte óptico del lente objetivo) permite una cómoda postura de la cabeza y espalda a la hora de realizar observaciones en el microscopio					
17	Los binoculares del microscopio estereoscópico ofrecen la distancia interpupilar correcta para visualizar por ambos ojos la muestra.					
18	Los lentes objetivos facilitan observar las estructuras anatómicas y morfológicas de la muestra del liquen en diferentes aumentos.					
19	El sistema de enfoque se puede ajustar con facilidad y a la altura correcta para observar los líquenes.					
20	El sistema de enfoque permite ajustar la altura del sistema óptico sin necesidad de retirar los ojos de los oculares.					

21	El pedestal del microscopio estereoscopio ofrece una estabilidad y soporte adecuado para colocar las muestras de líquenes que se van a observar.					
22	La estructura del microscopio estereoscópico permite transportarlo fácilmente y ubicarlo en estanterías altas o bajas.					
23	El microscopio estereoscópico precisa de cuidados, limpieza y mantenimiento mínimos que pueden ser realizados por los estudiantes.					
24	El microscopio estereoscópico no requiere de grandes espacios sobre la superficie de trabajo.					
25	El microscopio estereoscópico es de transporte y desplazamiento sencillo para ser usado en distintos lugares, por ejemplo, laboratorio, aula, ambientes naturales abiertos (parques, patio escolar).					
26	El microscopio estereoscópico permite realizar observaciones de larga duración y sin cansancio visual.					
27	El proceso de montaje y desmontaje de los componente ópticos es de forma sencilla y segura.					
28	Las piezas desmontables encajan correctamente en la estructura del microscopio estereoscópico.					
29	La linterna como fuente de iluminación es potente y adecuada para realizar las observaciones de las muestras.					