



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Estrategia didáctica basada en la indagación para la enseñanza de procesos biológicos, físicos y químicos de un ecosistema en quinto grado**

**Ley Ley Chan Ospina**

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales  
Bogotá, Colombia  
2018**

# **Estrategia didáctica basada en la indagación para la enseñanza de procesos biológicos, físicos y químicos de un ecosistema en quinto grado**

**Ley Ley Chan Ospina**

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al  
título de:

**Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Directora:

**Dr. rer. nat. Mary Ruth García Conde**

**Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias  
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales  
Bogotá, Colombia  
2018**

# Agradecimientos

*A la Universidad Nacional de Colombia por sus aportes académicos para la realización de este trabajo.*

*A la Doctora Mary Ruth García Conde, docente de la Universidad de Colombia y directora de este proyecto, por su orientación, paciencia, ingenio y valiosos aportes.*

*A la institución educativa en que laboro por el apoyo brindado, y a mis estudiantes de grado quinto por su disposición y deseo de aprender.*

*A mis familiares y amigos por su acompañamiento y colaboración durante el proceso de este trabajo.*

## Resumen

En el presente trabajo se propuso, desarrolló y evaluó una estrategia didáctica bajo el enfoque de indagación con el objetivo de enseñar el concepto de ecosistema, su estructura y función, y los procesos que se llevan a cabo entre los organismos y su entorno. Se aplicó a una población de estudiantes de grado quinto de un colegio bilingüe en la ciudad de Bogotá, Colombia. La estrategia didáctica comenzó con una prueba diagnóstica sobre los presaberes de los estudiantes, la cual arrojó resultados que se emplearon como elementos en la construcción de las actividades. Estas se desarrollaron en diferentes ambientes físicos, incluyendo un ecosistema terrestre dentro de la institución donde se desarrolló la propuesta y, además, en ambientes virtuales que favorecieron la motivación de los estudiantes. Se realizó una prueba pos-test para evaluar los aprendizajes adquiridos por los estudiantes la cual fue analizada estadísticamente junto con la prueba pre-test. La prueba t-student indicó diferencias significativas, evidenciando que la estrategia didáctica propuesta contribuyó a una mejor comprensión de los conceptos relacionados con la enseñanza de los ecosistemas.

Palabras clave: ecología, ecosistema, función de un ecosistema, estructura de un ecosistema, estrategia didáctica, habilidades de pensamiento, competencias científicas.

## **Abstract**

This research study intends to propose, develop and evaluate a didactic strategy using an inquiry-based learning approach. The study of the concept of ecosystem, its structure and function, and the processes that are carried out between organisms and their environment were the main focus of the proposal. The research study was applied to a population of fifth grade students in a private bilingual school located in Bogota, Colombia. First, a diagnostic placement test on the students' previous knowledge about the topic was prepared. Secondly, the results were used as input in the design of the didactic activities. In fact, all the activities were thought to be applied in different locations inside the institution including a land ecosystem and virtual environments in order to favor students' motivation and attention. Finally, a posttest was conducted to evaluate the students' learning process. The outcomes of the test and the t-student statistical analysis indicated a greater understanding of the concepts worked during the proposed activities.

Key words: ecology, ecosystem, function of an ecosystem, structure of an ecosystem, didactic strategy, thinking skills, science competence.

---

# Contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>IV</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>IX</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>60</b>
<b>1. Aspectos preliminares.....</b>	<b>62</b>
<b>1.1 Contexto y planteamiento del problema .....</b>	<b>62</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>64</b>
1.2.1 Objetivo general.....	64
1.2.2 Objetivos específicos .....	64
<b>2. Marco Referencial.....</b>	<b>64</b>
<b>2.1 Marco Disciplinar .....</b>	<b>64</b>
2.1.1 El ecosistema urbano .....	64
2.1.2 El ecosistema: un sistema abierto.....	65
2.1.3 Estructura y función de un ecosistema .....	67
2.1.3.1 Flujo de energía en un ecosistema.....	68
2.1.3.2 Flujo de materia en un ecosistema .....	70
2.1.3.3 Ciclos biogeoquímicos .....	71
2.1.4 Diversidad de ecosistemas terrestres en Colombia .....	73
2.1.5 Bienes y servicios ecosistémicos .....	74
<b>2.2 Marco histórico-epistemológico .....</b>	<b>77</b>
2.2.1 Origen y desarrollo de la ecología.....	77
2.2.2 Desarrollo del concepto de ecosistema .....	81
<b>2.3 Marco didáctico .....</b>	<b>85</b>
2.3.1 Problemática en la formación en ciencias.....	85
2.3.2 Educación ambiental .....	86

---

2.3.3	El aprendizaje basado en la indagación.....	88
2.4	Contexto educativo.....	91
3.	Metodología .....	92
3.1	Prueba diagnóstica de presaberes .....	93
3.2	Diseño de la estrategia didáctica .....	94
3.2.1	Elementos de la estrategia didáctica.....	94
3.2.2	Estructura de la estrategia didáctica .....	95
4.	Resultados y análisis .....	104
4.1	Prueba diagnóstica .....	104
4.2	Actividades .....	111
4.3	Resultados pruebas pre-test y pos-test.....	117
5.	Conclusiones .....	119
6.	Recomendaciones.....	120
ANEXO A	.....	Error! Bookmark not defined.
ANEXO B	.....	Error! Bookmark not defined.
ANEXO C	.....	Error! Bookmark not defined.

---

## Lista de figuras

<b>Figura 3-1</b> Fases de desarrollo de la propuesta didáctica de aula .....	33
<b>Figura 3-2</b> Portada del diario de campo .....	37
<b>Figura 4-2</b> Mapa del colegio y zonas aledañas.....	53
<b>Figura 4-2-1</b> Embudo Berlese y montaje para captura de organismos del suelo .....	56
<b>Figura 4-2-2</b> Fotografía de algunos organismos capturados con el Embudo Berlese .....	56
<b>Figura 4-2-3</b> Representaciones de microartrópodos observados por los estudiantes .....	56
<b>Figura 4-4</b> Porcentaje de respuestas correctas para el pre-test y pos-test .....	58

---

## Lista de tablas

<b>Tabla 2-2</b> Principales conceptos propuestos de ecosistemas .....	24
<b>Tabla 2-3</b> Fases y subfases del aprendizaje basado en indagación .....	31
<b>Tabla 3-1</b> Elementos seleccionados para la prueba diagnóstica .....	34
<b>Tabla 3-2</b> Estándares básicos de competencia en ciencias naturales .....	35
<b>Tabla 3-3</b> Planeación sesión 1 .....	38
<b>Tabla 3-4</b> Planeación sesión 2 .....	40
<b>Tabla 3-5</b> Planeación sesión 3 .....	43
<b>Tabla 4-1</b> Resultados prueba diagnóstica .....	47
<b>Tabla 4-3</b> Prueba t-student para muestras relacionadas.....	59

## Introducción

Un ecosistema se define como una unidad ecológica constituida por un medio físico (biotopo) y los organismos (biocenosis) que viven en él. Este término fue introducido por Arthur George Tansley en 1935 y ha sido marco de referencia para comprender cómo son las interacciones de los organismos y su medio ambiente (Armenteras et al., 2015). Los ecosistemas son prototipos de sistemas adaptativos complejos con propiedades sistémicas macroscópicas tales como su estructura trófica, relaciones de diversidad – productividad, y patrones de flujo de nutrientes resultante de las interacciones de sus componentes (Levin, 1998). La comprensión de estas interacciones en diferentes escalas permitiría resolver el problema de la biodiversidad y entender a profundidad el funcionamiento de los ecosistemas.

En la actualidad una de las principales preocupaciones sobre la naturaleza es la pérdida de biodiversidad, lo que a su vez implica una inminente reducción en los servicios ecosistémicos que benefician a los humanos (Daily, 1997). La biota no solo provee beneficios de manera directa como el uso de materias primas, sino también la posibilidad de procesar nutrientes esenciales, secuestrar químicos peligrosos y regular el clima. Sin embargo, aunque todos los ecosistemas están expuestos a cambios graduales en el clima, cargas de nutrientes, fragmentación de hábitat o explotación biótica, y se asume que estos pueden en cierta manera responder a cambios graduales, estudios en diferentes tipos de ecosistemas han demostrado que los cambios abruptos pueden reducir su resiliencia (Scheffer et al., 2001). Reducir los impactos negativos en los ecosistemas es un reto que atañe a toda la sociedad.

En la educación básica el papel de la enseñanza de las ciencias naturales se ha vuelto fundamental ya que busca tanto alfabetizar científicamente como preparar a los estudiantes, para comprender los desafíos ambientales actuales. Así, se busca empoderar a las nuevas generaciones a través de la toma de decisiones que contribuyan a solucionar

---

actuales y futuros problemas ambientales (Castro et al. 2009). Sin embargo, el primer paso para facilitar una formación ambiental debe apuntar a la promoción de una buena comprensión de los procesos que tienen lugar en los ecosistemas, los flujos de energía y materia y las redes tróficas. Por tanto, la comprensión de lo que ocurre dentro de un ecosistema no puede darse aisladamente, pues todos sus componentes se encuentran interrelacionados en un entorno biológico, físico y químico, y la alteración de algún elemento del sistema modifica elementos y procesos dentro del mismo.

Utilizando un ecosistema urbano, tal y como lo es una plantación al interior de una institución educativa de la ciudad de Bogotá D.C., el presente proyecto plantea promover y mejorar la comprensión de los estudiantes del grado quinto de primaria sobre los procesos biológicos, físicos y químicos dentro de un ecosistema terrestre. El reconocimiento de un entorno vivo en el contexto cercano a los estudiantes facilitará la comprensión de que el ser humano hace parte de un ecosistema y que sus acciones generan un impacto positivo y/o negativo en el mismo. Igualmente, aplicando un proceso guiado de indagación, los estudiantes podrán desarrollar habilidades de pensamiento científico y generar compromisos personales y sociales a través de la comunicación, socialización y discusión de sus experiencias.

El trabajo está organizado en cuatro capítulos; el primero es un marco referencial, en el cual se realiza una revisión de los aspectos relacionados con el concepto de ecosistema y presenta un recorrido histórico-epistemológico de la ecología, incluyendo el desarrollo del concepto de ecosistema. En el segundo capítulo se hace una revisión de las dificultades en la enseñanza de la ciencia, la educación ambiental y aspectos metodológicos del aprendizaje basado en la indagación. El tercer capítulo explica la estrategia didáctica y finaliza con un capítulo donde se exponen los resultados obtenidos y el análisis de estos. En los anexos se encuentra el material empleado para el pre test y pos test, así como algunas de las actividades desarrolladas.

---

# 1. Aspectos preliminares

## 1.1 Contexto y planteamiento del problema

El desarrollo, la ejecución y el análisis del presente trabajo se realizaron en una institución educativa privada bilingüe en Bogotá D.C., Colombia. En esta institución el Plan Integrado de Área (PIA) (o currículo) de Ciencias Naturales reconoce la educación ambiental y la preservación de la naturaleza como pilares fundamentales para el desarrollo del pensamiento científico. De hecho, se resalta la importancia de la ecología y el estudio de los ecosistemas como un primer escalón para trabajar el componente ambiental en la propuesta educativa. A partir de observaciones en aula y la evaluación pertinente durante el cierre del último año de primaria, se encontró que en grado quinto, la mayoría de estudiantes requería fortalecer la identificación de la estructura y los procesos del ecosistema. Además, se planteó la importancia de promover y consolidar habilidades de pensamiento necesarias para el desarrollo de competencias científicas.

Durante el desarrollo de la labor pedagógica de la investigadora de este proyecto se observó que había estudiantes del grado quinto de primaria con dificultades en la identificación de la estructura y función de los ecosistemas. Algunas posibles ideas equivocadas sobre los ecosistemas podrían haber sido resultado tanto de la falta de aplicación de conceptos en un contexto real, así como de explicaciones fragmentadas y superficiales sobre el tema en el material de apoyo de aula (textos escolares, videos, televisión). Con respecto a estos hechos es necesario mencionar que tanto en la población de estudio, así como en la enseñanza de los ecosistemas en general, se encuentran los siguientes obstáculos:

- (1) La enseñanza sobre los ecosistemas con frecuencia utiliza sólo la ejemplificación de redes tróficas e interacciones entre plantas y animales desconociendo que en estos procesos hay transferencia de energía y materia que determina a la regulación del tamaño de las poblaciones.

- 
- (2) Se enseñan aisladamente algunas relaciones simbióticas o adaptaciones de organismos para sobrevivir en un determinado lugar dejando de lado la explicación de la función que ellas cumplen en el éxito reproductivo de los individuos y sus implicaciones en procesos del ecosistema.
  - (3) Diferentes textos-guía escolares limitan el tema de ecosistemas a listados de los mismos (pequeños o grandes) y de los organismos que en cada uno de ellos habita resaltando mínimamente la importancia de las relaciones orgánicas en los procesos y autorregulación del sistema.
  - (4) Igualmente, se evidencia que la introducción de conceptos ligados a las dinámicas de los ecosistemas contiene poco o ningún significado para la construcción del conocimiento científico en los estudiantes, si no se trabajan en un contexto que tenga significado para ellos.
  - (5) Las pruebas de evaluación de conocimiento generalmente se basan en un componente memorístico que poco promueve la comprensión, pero el cual hace parte de la alfabetización científica. Frente a este hecho, algunas pruebas no evalúan la comprensión del estudiante en cuanto a: (a) cómo el establecimiento de relaciones involucra el intercambio de materia y energía; (b) cómo procesos de autorregulación impiden la presencia de plagas y sobrepoblación en el sistema; (c) elementos conceptuales que facilitan la comprensión de los problemas que surgen al interior del ecosistema cuando hay cambios en la estructura; y (d) cómo contribuir a la preservación de ecosistemas.

La importancia de ofrecer un aprendizaje significativo de estos conceptos en los estudiantes del grado quinto de primaria permite el planteamiento de la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál estrategia didáctica podría utilizarse para el aprendizaje de los procesos biológicos, físicos y químicos de un ecosistema en grado quinto?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Desarrollar una estrategia didáctica bajo el enfoque de indagación, dirigida al estudio de procesos biológicos, físicos y químicos al interior de un modelo de ecosistema terrestre para estudiantes del grado quinto.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Diseñar e implementar una herramienta para el reconocimiento de las ideas preexistentes de los estudiantes sobre algunos procesos que ocurren al interior de un ecosistema.
- Determinar la estructura y elementos que conforman la estrategia didáctica partiendo de los conflictos cognitivos de los estudiantes.
- Implementar la estrategia didáctica y hacerle seguimiento a su ejecución.
- Evaluar los aprendizajes adquiridos.

## **2. Marco Referencial**

### **2.1 Marco Disciplinar**

#### **2.1.1 El ecosistema urbano**

La ciudad, como un sistema urbano complejo debido a su carácter abierto, requiere de materia y energía para ser punto de encuentro de múltiples interacciones entre los organismos y su entorno. En la ciudad existen relaciones espaciales que determinan diversos tipos de hábitat donde hay presencia de reservas de agua, entradas de energía que fluyen entre componentes, y relaciones entre organismos vivos y elementos propios del medio urbano. Este sistema urbano se encuentra en relación directa con los

ecosistemas naturales. Aun cuando la ciudad es calificada como un espacio artificial construido por el hombre, la ciudad es parcialmente natural ya que adopta lo existente. Por tanto, la relación de interdependencia entre lo artificial y lo natural da como resultado el desarrollo de un ecosistema urbano (Amaya, 2005).

Dentro de las ciudades, y en sus zonas aledañas, coexisten actividades como la producción agrícola, forestal y ganadera, las cuales generan residuos y desechos alterando la calidad de agua, aire y suelo. Esto genera problemas ambientales que deterioran el hábitat de los organismos y la calidad de vida de los habitantes. Por consiguiente, surge la necesidad de entender a la ciudad desde un enfoque ecológico, acentuando las relaciones entre la población y su espacio vital. Lo anterior con el fin de orientar, a través de un enfoque normativo, el funcionamiento de las distintas actividades que se desarrollan en este sistema y lograr el desarrollo sostenible que plantea la UNESCO (2014) como objetivo de la formación durante las próximas décadas.

Teniendo en cuenta que la institución educativa de este proyecto y sus zonas aledañas son componentes del ecosistema urbano, abordar el tema de ecosistemas con los estudiantes es una herramienta de gran utilidad para trabajar sobre su contexto y formular preguntas que los llevaran a comprender su relación con dichos entornos y con la naturaleza.

### **2.1.2 El ecosistema: un sistema abierto**

Un sistema se define como el conjunto de elementos interrelacionados que forman un todo integrado para cumplir múltiples funciones. Ludwig von Bertalanffy (1955), pionero de esta teoría, planteó la idea de totalidad o globalidad para cualquier área del conocimiento e intentó explicar todos los sistemas que se encuentran en la realidad basado en reglas de carácter general y aplicables a todos los sistemas.

---

Los ecosistemas son considerados sistemas abiertos conformados por comunidades y factores abióticos. Dentro de estos sistemas ocurren flujos constantes de materia y energía los cuales pueden ingresar o abandonar el sistema (Valverde et al., 2005). Así mismo se le considera sistemas dinámicos debido a su evolución constante por influencia de factores internos y externos. Bajo el enfoque de sistemas, un ecosistema viable debe tener las siguientes características (Perry, Oren y Hart, 2008): (1) una fuente de energía proveniente del sol en la mayoría de los casos; (2) suministro de materias primas como carbono, nitrógeno, fósforo, entre otras, las cuales se ciclan constantemente dentro del sistema (Levin, 1998); (3) mecanismos para almacenar y reciclar materiales, ya que estos ingresan desde el exterior del sistema, pero cuando lo hacen de manera insuficiente o en momentos equivocados, la productividad es sostenida por el reciclaje o uso de reservas almacenadas; (4) mecanismos que les permitan a las comunidades bióticas resistir las perturbaciones y recuperarse eficientemente (Holling, 1973).

Jørgensen y Fath (2004) mencionan algunos puntos de partida para establecer los principios básicos de la ecología y la base para la comprensión de los ecosistemas. Estas consideraciones se pueden dividir en tres clases diferentes: contexto ambiental, elementos de un ecosistema y procesos dentro de un ecosistema.

- 1) Para que ocurran procesos ecológicos dentro de un ecosistema, este debe ser un sistema ubicado en un entorno donde ingrese (*input*) y se descargue (*output*) materia y energía. Desde el punto de vista termodinámico, un ecosistema no puede estar aislado, pues daría como resultado un equilibrio termodinámico sin vida y sin gradientes.
- 2) Los ecosistemas funcionan de manera jerárquica pues poseen diferentes niveles de organización que representan subsistemas. Así, un sistema se puede describir desde átomos hasta moléculas, células, organismos, poblaciones, comunidades, ecosistemas, paisajes y ecosfera.

- 
- 3) La vida basada en el carbono es viable en un rango específico de temperatura donde se mantiene un equilibrio entre el orden y el desorden. Es decir, entre la síntesis de compuestos bioquímicos y la descomposición de la materia orgánica.
  - 4) En un ecosistema la materia y la energía se conservan.
  - 5) La vida en la Tierra tiene una base bioquímica similar, lo que implica que todos los organismos tienen una composición elemental común y que los compuestos bioquímicos pueden encontrarse en todos ellos.
  - 6) Todos los organismos están interrelacionados por lo que no pueden existir seres vivos aislados.
  - 7) Todos los organismos necesitan energía para llevar a cabo y mantener sus procesos de vida. Parte de esta energía se disipa en calor hacia el ambiente siguiendo la segunda ley de la termodinámica.
  - 8) Los procesos biológicos emplean el “input” de energía para alejarse del equilibrio termodinámico y mantener un estado de entropía baja respecto a su entorno.

### **2.1.3 Estructura y función de un ecosistema**

La estructura de un ecosistema se refiere a la relación entre especies, los recursos y las condiciones físicas de un ecosistema. Las funciones de un ecosistema son los procesos que ciclan la materia y los que mueven la energía a través de este. Algunos ejemplos de funciones en los ecosistemas son los ciclos biogeoquímicos y procesos como la fotosíntesis y la descomposición (Sutton-Grier, Kenney y Richardson, 2010). Para Odum (1983) la estructura de un ecosistema también tiene en cuenta la distribución de la materia y energía entre los componentes del sistema. La función, como consecuencia de la estructura, incluye los mecanismos del procesamiento y transferencia de materia y energía como se mencionó anteriormente, pero también la dinámica de su funcionamiento integral del cual se derivan bienes y servicios ecosistémicos.

---

### 2.1.3.1 Flujo de energía en un ecosistema

En la mayoría de los ecosistemas, toda actividad biológica depende de la radiación solar como fuente de energía y determina la **productividad primaria** del mismo. La productividad primaria es la tasa en que los productores primarios o autótrofos (plantas, algas y algunas bacterias) fijan materia o energía (Valverde et al., 2005). Solo bajo condiciones favorables la captación de la radiación solar es posible, es decir, cuando hay disponibilidad de agua, nutrientes y una temperatura que asista el crecimiento adecuado de las plantas (Begon et al., 2006).

En el caso de algunos ecosistemas acuáticos, ubicados en profundidades abisales con un medio sin luz, son considerados subsistemas ecológicos ya que dependen de la productividad primaria de otros sistemas (Márquez, 1996). Su estructura y función se modulan por la cantidad y calidad de material detrítico que baja de la superficie del cuerpo de agua (Smith et al., 2008).

En los biomas, comunidades de organismos a gran escala moldeados por condiciones ambientales similares (Higgins, Buitenwerf y Moncrieff, 2016), la productividad primaria neta (la tasa de producción de nueva biomasa que esta disponible para el consumo de organismos heterótrofos) es mayor en los biomas terrestres que en los acuáticos. Los bosques húmedos tropicales son unos de los biomas más productivos debido a la alta radiación solar y precipitación a lo largo del año. En segundo lugar, está la sabana, bioma que abarca grandes áreas del planeta (Geider et al., 2001). Los ecosistemas que se encuentran dentro de estos biomas tienen por lo tanto una mayor productividad primaria.

La productividad primaria depende de la fotosíntesis y su producto constituye el mayor abastecimiento de energía para las actividades de las comunidades bióticas terrestres y acuáticas y depende, además, de recursos como la luz del sol, el dióxido de carbono y los

---

nutrientes. La eficiencia de la fotosíntesis está determinada por la cantidad y calidad de luz que es interceptada por los organismos fotosintéticos y la que es transformada en biomasa a través del este proceso (Stenberg et al., 2001).

La luz es uno de los factores limitantes de la fotosíntesis y en consecuencia de la productividad primaria de los ecosistemas. Zhen y van Iersel (2017), afirman que las respuestas fotosintéticas a la luz son dependientes de su longitud de onda. Así, la eficiencia de los fotones de luz para llevar a cabo la fotosíntesis, medida como la cantidad de dióxido de carbono fijado por mol absorbido de fotones, es mayor para los fotones rojos (alrededor de 600 – 680 nm) seguido por los fotones azules y verdes. A una longitud de onda mayor a los 700 nm, se ha encontrado una mínima contribución a la fotosíntesis por la baja absorción de luz por parte de las hojas (McCree, 1972).

En los ecosistemas acuáticos las limitantes de la productividad primaria son la disponibilidad de luz y nutrientes, principalmente el nitrógeno, el fósforo, el silicio y el hierro (Geider et al., 2001) (Ramos et al., 2018). La profundidad del agua es entonces un determinante en la productividad ya que a medida que esta aumenta se atenúa la intensidad de la luz. En un cuerpo de agua rico en nutrientes, el nivel eufótico es poco profundo y la biomasa de fitoplancton es alta, absorbiendo la luz y dejando poca disponibilidad para las zonas profundas.

La **productividad secundaria** es la tasa de producción de biomasa por organismos heterótrofos, aquellos incapaces de sintetizar moléculas complejas ricas en energía a partir de moléculas más simples (Blomberg y Montagna, 2014). Los productores secundarios obtienen energía por medio del consumo de plantas u otros organismos heterótrofos. Así, los **niveles tróficos** de un ecosistema están encabezados por las plantas o productores primarios, seguidos por los consumidores primarios que constituyen el segundo nivel trófico; los carnívoros como consumidores secundarios están ubicados en el tercer nivel trófico y así sucesivamente (Begon et al., 2006). No toda la biomasa

---

producida por las plantas es consumida viva por los herbívoros. Parte de esta muere y alimenta la comunidad de descomponedores que incluye las bacterias, los hongos y los organismos detritívoros (Schowalter, 2011).

La productividad secundaria por organismos herbívoros es de aproximadamente un orden de magnitud menor que la productividad primaria, lo que hace que un grupo trófico dependa en su mayoría del consumo de la biomasa de las plantas. En los niveles tróficos de algunos ecosistemas se tiene como base los productores primarios y sobre ellos ubica a los productores secundarios. Sin embargo, este modelo de pirámide de biomasa (Elton, 1939) puede variar dependiendo de aspectos como: **a)** el consumo de biomasa vegetal viva, ya que parte de esta puede ser tomada por la comunidad de descomponedores; **b)** no toda la biomasa vegetal consumida es asimilada ni queda disponible para ser incorporada en la biomasa de otros consumidores, sino que una parte resulta convertida en desechos o descompuesta; y **c)** no toda la energía asimilada se convierte en biomasa (Begon et al., 2006).

### **2.1.3.2 Flujo de materia en un ecosistema**

El flujo de materia en un ecosistema se considera como la manera en que la biota en un área específica o en un determinado volumen de agua, acumula, transforma y mueve materia a lo largo de varios componentes del ecosistema (Begon et al., 2006).

En los seres vivos la mayor parte de la materia está constituida por agua, seguida por compuestos de carbono que constituyen más del 95% de la materia. Los flujos de energía y de materia están ligados íntimamente en todos los sistemas biológicos. Así, la energía se disipa cuando los compuestos de carbono se oxidan en dióxido de carbono por medio del metabolismo de los seres vivos (Begon et al., 2006).

El carbono entra al sistema cuando una molécula de dióxido de carbono es empleada en el proceso de fotosíntesis. Si logra incorporarse en la productividad primaria, se vuelve

---

disponible al hacer parte de una nueva molécula de azúcar, grasa o proteína. Al ser consumida se incorpora en la productividad secundaria. Una vez la molécula que lleva el carbono es empleada para proveer energía, esta se disipa como energía térmica y el carbono regresa al ambiente como dióxido de carbono. Esta molécula puede ser empleada nuevamente durante la fotosíntesis (Pessaraki, 2005).

El carbono y otros elementos como el nitrógeno y el fósforo están disponibles para las plantas como moléculas inorgánicas, iones en la atmósfera o iones disueltos en el agua. Cada uno de estos nutrientes pueden ser incorporados en moléculas complejas de carbono que cuando son metabolizadas en dióxido de carbono, liberan nuevamente los minerales en su forma inorgánica. Estos pueden ser utilizados por otras plantas en diferentes redes tróficas. El papel de los descomponedores en este proceso es crucial. Sin embargo, no todos los nutrientes son utilizados nuevamente por las plantas ya que parte de ellos puede perderse por escorrentía o por su forma gaseosa hacia la atmósfera (Schmitz et al., 2013).

### **2.1.3.3 Ciclos biogeoquímicos**

Una de las principales funciones de un ecosistema es el intercambio de nutrientes que se da entre los seres vivos y su ambiente. De los elementos existentes en el planeta, 95% de la materia seca de los seres vivos está constituida por compuestos de carbono como proteínas, azúcares, grasas, entre otros. Para la formación de estos compuestos, se requieren diferentes cantidades de elementos los cuales pueden ser clasificados en **macronutrientes** o **micronutrientes** porque se requieren en alta y baja concentración, respectivamente (Valverde et al., 2005). Estos elementos pueden ser usados, reutilizados, transformados y movilizados a través del ecosistema, por medio de los **ciclos biogeoquímicos** los cuales dependen de procesos biológicos, geológicos y químicos.

Según Begon et al. (2006), los elementos químicos se encuentran en diferentes compartimentos que, a su vez, están presentes en la atmósfera, litosfera o hidrosfera. En

---

estos tres casos los elementos existen en su forma inorgánica. Sin embargo, la forma orgánica de los elementos se encuentra en compartimentos como la biota o la materia en descomposición. Los ciclos biogeoquímicos explican el flujo de elementos en los compartimentos anteriormente mencionados.

Los organismos terrestres y acuáticos obtienen varios elementos del intemperismo de las rocas como es el caso del fósforo. Otros elementos como el nitrógeno y el carbono provienen principalmente de la atmósfera a partir del nitrógeno gaseoso y el dióxido de carbono, respectivamente. Estos gases son fijados por los microorganismos en el suelo y el agua (Thamdrup, 2012).

El ciclo del nitrógeno juega un papel importante en la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos y terrestres. En este ciclo, deben llevarse a cabo diversos procesos químicos, físicos y biológicos para que los organismos puedan asimilar el nitrógeno.

El ciclo del nitrógeno consta de cinco etapas (Cerón & Aristizábal, 2018) (Stein and Klotz, 2016):

1. **Fijación:** El nitrógeno libre ( $N_2$ ) hace parte de la atmósfera terrestre y es accesible únicamente por bacterias y arqueas fijadoras de nitrógeno presentes en el suelo y/o en ambientes acuáticos, las cuales lo convierten en amoníaco ( $NH_3$ ) empleando la enzima nitrogenasa.
2. **Mineralización:** Durante esta fase, ocurre el proceso de oxidación del amoníaco por medio de bacterias. El proceso genera energía que es liberada y empleada como fuente de energía primaria para dichos microorganismos.
3. **Asimilación:** Las plantas absorben a través de sus raíces el amoníaco ( $NH_3$ ) o el nitrato ( $NO_3^-$ ), incorporando el nitrógeno en diferentes moléculas como proteínas y ácidos nucleicos. Los animales que consumen estas plantas toman los compuestos nitrogenados vegetales y los transforman en compuestos nitrogenados animales.

4. **Amonificación:** Los compuestos nitrogenados orgánicos tales como la urea, el ácido úrico y aquellas obtenidas de organismos muertos, son convertidos en amoniaco y liberados al medio físico. El amoniaco queda en disponibilidad para los procesos de nitrificación y asimilación.
5. **Desnitrificación:** Las bacterias en ausencia de oxígeno degradan los nitratos y liberan nitrógeno a la atmosfera, para emplear el oxígeno en su respiración.

### 2.1.4 Diversidad de ecosistemas terrestres en Colombia

En Colombia el SIAC (2018) menciona que existen 98 tipos de ecosistemas generales, 74 son naturales y 24 transformados. Su distribución se da en 92.691.148 hectáreas para ecosistemas terrestres; 8.475 hectáreas para insulares; 472.773 hectáreas para marinos (correspondiente a un 0,51% de la extensión marina colombiana); 767.499 hectáreas para costeros; y 20.528.919 hectáreas para acuáticos.

Respecto al área marina, Colombia es un país que cuenta con 988.000 km<sup>2</sup> entre las costas de los océanos Atlántico y Pacífico (SOGEOCOL, 2016). Así, este territorio marítimo corresponde al 44,86% del territorio total del país incluyendo varias islas como las de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Gorgona, Gorgonilla, Malpelo, entre otras y cayos como los de Roncador, de Serrana, de Bajo Nuevo, entre otros (COC, 2015). Entre los ecosistemas marinos, se encuentran en Colombia los arrecifes coralinos, las praderas de pastos marinos y los manglares, entre otros.

Dentro de los ecosistemas terrestres, los ecosistemas boscosos son de gran importancia por la manera en que se estudian las coberturas vegetales con imágenes de satélite. Estos se caracterizan por tener varios estratos hasta un dosel que albergan especies animales. Existen bosques húmedos y secos (Carrizosa y Hernández, 1990). La cantidad de estratos de los bosques dependen de su localización geográfica. Estos ecosistemas se encuentran distribuidos a lo largo del territorio nacional y equivalen al 59.9% de la superficie del país.

---

Los bosques en estado natural comprenden los bosques basales, bosque andino, bosque ripario y manglares (Leyva, 1998).

### **2.1.5 Bienes y servicios ecosistémicos**

Los **bienes y servicios ecosistémicos** son considerados recursos o procesos de los ecosistemas que satisfacen las necesidades del ser humano. Estas necesidades se suplen mediante el contacto directo con la naturaleza o por medio de la transformación de los bienes y servicios (FAO, 2017). Es imposible concebir al ser humano sin la conexión directa con el ecosistema en donde interactúa ya que este determina factores como su condición de salud, disponibilidad de recursos, cultura y tradiciones, y otros aspectos socio-económicos. Por tanto, los ecosistemas y sus funciones vitales pueden verse afectados tanto positiva como negativamente según las decisiones que se tomen en las actividades de desarrollo de los seres humanos (SCBD, 2010).

Según Daily (1997)(citado por Mauerhofer, 2017), los servicios ecosistémicos son las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman, sustentan y satisfacen la vida humana. Esto incluye el mantenimiento de la biodiversidad y el constante abastecimiento de bienes. Los servicios ecosistémicos se pueden dividir en cuatro categorías (Fischlin et al., 2007):

- 1) Servicios de apoyo: la producción primaria y secundaria, y la biodiversidad. Esta última como base de todos los bienes y servicios que los humanos obtienen de los ecosistemas.
- 2) Servicios de aprovisionamiento: productos, alimentos (raíces, semillas, nueces, frutas, especies, forraje), fibras (madera y textiles), y productos medicinales y cosméticos (plantas aromáticas, pigmentos).
- 3) Servicios de regulación: captura de carbono, regulación de agua y clima, protección de desastres naturales, purificación del agua y aire, y control de plagas.

- 
- 4) Servicios culturales: satisfacen la apreciación estética y espiritual de los ecosistemas.

#### **2.1.4.1 Bienes y servicios de ecosistemas urbanos**

Los ecosistemas urbanos ofrecen de igual manera servicios para el bienestar humano que incluyen según Gómez-Baggethun et al., (2018) los siguientes servicios dentro de las categorías anteriormente mencionadas:

- Dentro de los servicios de suministro, los ecosistemas urbanos contribuyen con:
  1. El abastecimiento de alimentos los cuales se producen en áreas periurbanas, en las terrazas, los garajes y en jardines comunitarios. Se ha visto que estas estrategias han jugado un papel importante en la seguridad alimentaria especialmente en las crisis económicas y políticas (Moreno, 2007).
  2. El abastecimiento de agua en algunas ciudades del mundo depende de la cobertura vegetal y bosques urbanos que brindan agua fresca.
- Dentro de los servicios de regulación se encuentran (Bolund y Hunhammar, 1999):
  1. La regulación de las temperaturas extremas por medio de la sombra y la evapotranspiración. Además, los árboles evitan que las superficies absorban calor ya que estos reflejan la radiación solar (Gill et al., 2007).
  2. La vegetación de los ecosistemas urbanos amortigua el ruido causado por el tráfico, la construcción y otras actividades humanas. Las plantas pueden atenuar el ruido por medio de la absorción, desviación, refracción y reflejo de las ondas.
  3. Las plantas pueden mejorar la calidad del aire por medio de la remoción de contaminantes causados por la industria, los medios de transporte y la incineración de basuras.
  4. La regulación de microclima ya que las ciudades pueden afectar la temperatura, la radiación solar y la velocidad del viento. Este fenómeno se

---

denomina isla de calor (Pickett et al., 2001) y es causado por grandes áreas que absorben calor junto con las grandes cantidades de energía que se usa en las ciudades.

5. Controlan el drenaje de agua que es afectado por las superficies de asfalto y cemento. Gran porcentaje del agua proveniente de la lluvia se convierte en escorrentía superficial, disminuyendo su calidad al mezclarse con los contaminantes de la ciudad. Las plantas evitan esto es gran medida en cuanto absorben el agua y la liberan al aire por medio de la evapotranspiración. Además, disminuyen las inundaciones en época de lluvia.

Dentro de los servicios culturales los ecosistemas urbanos contribuyen con (Elmqvist et al., 2015):

6. Recreación y estética: Zonas de juego y descanso que brindan bienestar y salud a los habitantes de las ciudades mejorando así su calidad de vida. La presencia de fauna como aves y peces es considerada un valor recreacional. Desde la psicología Ulrich et al. (1991) afirma que los niveles de estrés de las personas disminuyen en contacto con la naturaleza.
7. Desarrollo cognitivo: los bosques urbanos y jardines son empleados para propósitos de educación ambiental. Muchos de estos lugares guardan un valor histórico y ecológico.
8. Cohesión social: Beneficios sociales como la integración de comunidades, el compartir de intereses comunes y la congregación de personas con posible vulnerabilidad social.

---

## 2.2 Marco histórico-epistemológico

### 2.2.1 Origen y desarrollo de la ecología

La ecología no difiere en esencia de otras ramas de la biología moderna; sin embargo, por su origen lexical griego (raíz *oikos*) que significa hogar, su comprensión como concepto fue problemática por muchos siglos hasta el punto de tener poca certeza de lo que ésta representaba y las relaciones que abarcaba (Allee et al., 1949). Lo que se entiende por ecología hoy en día, se remonta al siglo V a.C. cuando el griego Empédocles mencionó las relaciones existentes entre las plantas y el ambiente en el proceso de nutrición a través de los poros en el tallo y las hojas. Posteriormente, Aristóteles (384-322 A.C) documentó observaciones y registros de la historia natural de animales y plantas que lo llevaron a ser llamado el padre de las ciencias biológicas (Allee et al., 1949). Sin embargo, su pensamiento teleológico no presentaba cuestionamientos sobre las relaciones dinámicas de los organismos con el ambiente físico (Benson, 2000). Por lo tanto, el carácter adaptativo de los organismos no fue considerado en aquella época.

No obstante, Eduard Ramaley (1940) señaló a Teofrasto, amigo y estudiante de Aristóteles, como el primer ecólogo de la historia. Teofrasto escribió textos en donde describía comunidades de plantas y sus relaciones entre sí y con el ambiente inerte circundante. Por su parte, Zeller (1931) mencionó que Teofrasto registró información sobre plantas que iban más allá de las ideas vanguardistas aristotélicas para ese entonces. En Allee et al. (1949) también se resaltó el aporte de Teofrasto en la ecología con sus anotaciones sobre el cambio de color de ciertos animales para adaptarse al ambiente, estableciendo unas primeras relaciones entre organismo y ambiente. Siglos más tarde, la civilización romana adoptó gran parte del conocimiento griego sobre agricultura para ponerlo en marcha en sus actividades económicas a través de una *observación ecológica empírica* que consistía en usar la teoría griega con el sentido común romano en la aplicación de técnicas agrícolas. En esta época romana se destacó el

---

trabajo de Plinio el Viejo (23-79 D.C), quien usó un sistema propio de clasificación para el reconocimiento de animales terrestres, acuáticos y voladores, así como análisis someros del crecimiento de árboles dependiendo del ambiente en que crecían (Ramaley, 1940).

Si bien la ecología fue considerada como un simple punto de vista por varios siglos mas que como ciencia (McIntosh, 1986), a partir del siglo XVII los naturalistas empezaron a considerar la naturaleza como el producto de hechos históricos y como un proceso de desarrollo. Sin embargo, se continuaba pensando que la naturaleza permanecía estática en el tiempo, sin ningún cambio desde sus orígenes (Benson, 2000). A principios del siglo XIX surgieron nociones de transformismo y distribución biogeográfica que motivaron el estudio del registro histórico de plantas y animales. En registros hechos por Alexander von Humboldt en Suramérica y por Joseph Dalton Hooker en Asia y Oceanía se evidencia que los patrones fisionómicos característicos de estos lugares geográficos dependen en gran medida de las características ambientales controladas por la vegetación (Benson, 2000). Durante ese siglo el aporte hecho por Ernest Haeckel a la ecología fue también inmenso pues se atrevió a definirla como la ciencia completa de las relaciones entre el organismo y el ambiente incluidas todas las 'condiciones de existencia' (Egerton, 2013). De esta manera, el término ecología comenzó su incursión en la literatura científica siendo adoptado por el Congreso Internacional de Botánica en Madison, USA. En 1895 el botánico danés Johannes Eugenius Bülow Warming publicó el primer libro en el que se incluyó la palabra ecología en el título *Plantesamfund - Grundtræk af den økologiske Plantegeogr*, y en 1898 la Universidad de Chicago, USA, concedió el título de doctor en Ecología a Henry Chandler Cowles por su trabajo de sucesión ecológica en la vegetación de las dunas del Lago Michigan.

En el siglo XX el desarrollo histórico de la ecología se dio paulatinamente. De Viana et al. (2000) destacaron cinco (5) fases principales vinculadas con líneas de investigación y momentos históricos que prevalecieron. La primera fase se refiere a una ecología de comienzos del siglo XX entendida como una aproximación versátil y con métodos

---

experimentales para el estudio de adaptación, sucesión e interacciones. Los estudios de poblaciones y comunidades así como los principios teóricos acerca de los cambios de tiempo se dieron a través de métodos cuantitativos. De hecho, entre 1905-1917 Frederic E. Clements publicó dos trabajos, *Research Methods in Ecology* y *Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation* sobre la sucesión ecológica de las formaciones vegetales como un proceso a través del cual la comunidad pasaba por etapas bien definidas que resultaban en una comunidad clímax, lo cual sirvió como primer modelo ecológico que integra diferentes poblaciones de la naturaleza en entidades orgánicas definidas (Hagen, 1992).

Una segunda fase se enmarcó en una *ecología matemática* surgida a mediados de la década de 1920 (de Viana et al., 2000). Luego de la culminación de la Primera Guerra Mundial surgió el interés por entender el crecimiento logístico de la población, y así a partir del trabajo de Pearl y Reed (1930) se desarrolló la *curva logística* que a su vez sirvió a los ecólogos como modelo de estudio de las fluctuaciones poblacionales de organismos. Por su parte, el matemático estadounidense Alfred Lotka y el físico Italiano Vito Volterra propusieron las ecuaciones de competencia y predación que han servido para describir dinámicas de sistemas biológicos entre dos especies (presa vs. depredador). Para esa época Charles Sutherland Elton (1927) publicó *Animal Ecology* en donde definió a la ecología como un concepto nuevo para un tema viejo que se relaciona con la historia natural científica. Elton (1927) destacó los principios de los estudios ecológicos del comportamiento animal y de la historia natural, tales como *cadena alimenticia*, *nicho ecológico* y *pirámide de números* en donde el uso de mediciones y métodos de observación fueron esenciales para la documentación e interpretación de las interacciones entre especies.

En de Viana et al (2000) la tercera fase empezó en la década de 1950 cuando Sir Arthur Tansley ratificó su idea de ecosistema como unidad de estudio que comprende las relaciones entre lo biológico y el ambiente físico rechazando los conceptos de 'organismo

---

complejo' y 'comunidad biótica' propuestos décadas antes (Tansley, 1951). Luego, en 1957 el concepto de nicho multidimensional de cada especie de Hutchinson se impuso indicando que este consistía de múltiples factores (dimensiones representadas por ejes ortogonales) cada uno representando una variable (o grupo de variables correlacionadas) que limitan el estado físico de los individuos y, por ende, la abundancia y distribución de las poblaciones (Brown et al., 1995). Sin embargo, se evidenciaron dificultades en la aplicación práctica del concepto de nicho desde lo metodológico y experimental (de Viana et al., 2000).

La cuarta fase se dio en los años 70 (de Viana et al., 2000), o incluso unos años antes cuando se dio la entrada 'abrupta' del concepto de ecología en la arena pública durante la llamada *crisis ambiental* (McIntosh, 1986). Empezaron a surgir inquietudes sobre los recursos limitados, las dificultades ambientales y la contaminación producto de las actividades humanas. Se realizaron los primeros congresos internacionales para discutir temas de ecología en relación con la influencia del hombre (de Viana et al., 2000). Es allí cuando la ecología sirvió como guía para empezar a vislumbrar las relaciones del hombre con otras formas de vida; sin embargo, este papel de guía fue tildado como *subversivo* por poner en duda el orden político y de desarrollo de las sociedades actuales (Sears, 1964). Asimismo, Odum y Andrews (1971) señalaron la estrecha relación entre las ciencias naturales y las ciencias sociales, la relevancia de la ecología académica y cómo los principios ecológicos podían ser usados para explicar la manera en que los pesticidas no biodegradables se mueven en el ecosistema. Ya no entendida como una rama de la biología, la ecología parecía estar ocupando un nuevo lugar en la explicación de los problemas ambientales (Benson, 2000). Finalmente, en esta fase se dio la discusión entre la diferencia entre los conceptos de ecosistema y biosfera, cuyo resultado fue que esta última representa el total del sistema ecológico en el cual comemos, bebemos, interactuamos con otros organismos, fuimos creados y del cual hacemos parte (Vallentyne, 1981). Para McIntosh (1986) la ecología es una ciencia polimórfica que no puede enmarcarse dentro de los marcos clásicos de ciencias exactas pues trata no solo

con fenómenos naturales sino también con la moral, la ética, la sensibilidad humana e incluso la economía.

La quinta y última etapa no tiene un inicio claro; sin embargo, después de décadas de avances teóricos y experimentales de la ecología, en la actualidad se hace énfasis en la importancia de la integridad de los ecosistemas cuando se piensa en la relación hombre-ambiente (de Viana et al. 2000) llevando a las nuevas generaciones a pensar en la responsabilidad y toma de conciencia de los cambios globales y las implicaciones de estos en el entorno y en la calidad de vida. Con relación al concepto de ecosistema que se transformó en un paradigma central de la ecología desde su formulación hace más de 80 años, éste ha funcionado como concepto organizacional. Desde el punto de vista de jerarquías bióticas, el ecosistema se considera como un conjunto de comunidades bióticas que interactúan con los ambientes abióticos (Currie, 2011). No obstante, con el paso del tiempo se han suscitado debates respecto a la dificultad de ver el ecosistema como una entidad local, cuando en realidad es un conjunto de procesos integrados en una jerarquía de procesos. Más aún, el concepto de ecosistema es variable cuando se vuelve objeto de estudio en diferentes contextos como el académico, científico o divulgativo, entre otros (Armenteras et al., 2016).

### **2.2.2 Desarrollo del concepto de ecosistema**

Existen diversas definiciones del concepto de *ecosistema*, pero la mayoría de estas se refieren a la relación existente de los seres vivos con el ambiente físico que los rodea. En 1935, Tansley fue el primero en introducir el concepto de ecosistema como una comunidad biótica y su ambiente físico asociado en un lugar específico. Usó el término *sistema* para hacer énfasis en las interacciones entre lo biótico y abiótico (Pickett y Cadenasso, 2002). Sin embargo, dichas interacciones se habían estudiado siglos atrás desde que los filósofos griegos se interesaron en la distribución de las plantas según el clima. Además, la ecología en ambientes acuáticos desarrollada por Francois Alphonse Forel (1841-1912) y Stephen Alfred Forbes (1844-1930) introdujo ideas de ciclos

---

biogeoquímicos, metabolismo, cadenas tróficas, y gradientes fisicoquímicos presentes en sistemas integrados con propiedades emergentes (Armenteras et al., 2015).

Más adelante Lindeman (1942) definió el ecosistema como “un sistema compuesto de procesos físicos-químicos-biológicos activos en una unidad espacio-temporal” y además definió el concepto de *nivel trófico*. Eugene Odum planteó ideas sobre flujos energéticos y su relación con los ciclos de nutrientes en su libro *Fundamentos de Ecología* (Golley, 1994). Allí definió un ecosistema como “cualquier unidad que incluya todos los organismos en un área dada, interactuando con el ambiente físico, de forma que el flujo de energía lleva a definir estructuras tróficas, diversidad biótica y ciclos de materiales” Odum (1971).

En la actualidad el ecosistema es el objeto de estudio para entender la interacción de los seres con su medio físico y se concibe como concepto de organización, teoría central de la ecología (Currie, 2011) y medio para la reflexión del uso de recursos y la conservación (CDB, 2004). Sin embargo, los ecosistemas no son unidades que se pueden delimitar espacialmente Currie (2011). El estudio de especies de animales o plantas dentro de una frontera evidencia que la delimitación de unidad se vuelve compleja cuando los organismos experimentan interacciones ecológicas fuera de ella. Además, existen especies cuya distribución puede variar desde lo restringido a una escala continental actuando en diversas escalas. Es allí cuando la subjetividad del observador juega un papel en el momento de delimitar un ecosistema.

Al plantear el concepto de ecosistema desde la mirada de las relaciones, y no de las entidades, Jørgensen (1992) propone una solución para el problema de las delimitaciones. Desde este punto de vista, la comprensión de la identidad espacial se da bajo una perspectiva relacionista y se da mayor importancia a la integración de las unidades con su entorno. En la actualidad los ecosistemas carecen de barreras geográficas claras y sus límites se definen bajo el análisis de las relaciones cercanas y

distantes entre los elementos que componen el ecosistema (Schizas y Stamou, citado por Armenteras et al. 2016).

Por tanto, el enfoque y concepto de ecosistema se han vuelto elementos claves en el campo de la investigación sobre los cambios globales. Los trabajos actuales se dirigen a la caracterización de los servicios ecosistémicos y a la influencia del hombre sobre el paisaje; estudios determinantes en las décadas siguientes y especialmente en para toma de decisiones. Más aún, los futuros modelos de procesos ecosistémicos deben incluir la alteración humana que se da de manera continua; con el fin de traducirlos en servicios ecosistémicos (Currie, 2011).

A continuación, en la tabla 2-2 se presenta el desarrollo que ha tenido el concepto de **ecosistema** desde 1942 con el fin de aclarar su significado dentro de las ciencias naturales y cómo su evolución estuvo supeditada a las tres últimas fases en el desarrollo histórico de la ecología.

*Tabla 2-2. Principales conceptos propuestos de ecosistema desde 1942. Tomado de (Armenteras et al. 2016)*

AÑO	CONCEPTO	AUTORÍA
1942	Sistema integrado de procesos físicos, químicos y biológicos dentro de una unidad espacio-temporal de cualquier magnitud.	Lindeman
1954	Cualquier parte de la superficie terrestre donde la biocenosis se mantiene uniforme, como también lo hacen las partes correspondientes de la atmósfera, litosfera, hidrosfera y pedosfera, y en donde, consecuentemente, la interacción de estas partes se mantiene uniforme.	Soukatchev
1956	Unidad básica tan importante para la ecología como lo es la especie para la taxonomía.	Evans
1961	Unidad topográfica, objeto geográfico, extendido sobre una parte específica de la superficie de la Tierra por un tiempo determinado. Esto lo hace único en el espacio y en el tiempo.	Rowe
1971	Unidad que incluye todos los organismos en un área determinada que interactúan con el ambiente físico, y por lo tanto el flujo de energía define de manera clara la estructura trófica, la diversidad biótica y los ciclos de materiales dentro del sistema o el ecosistema. El ecosistema es la unidad básica fundamental en la ecología.	Odum
1973	Sistema interactivo, conformado por los organismos bióticos y su ambiente abiótico.	Ellenberg
1980	Biocenosis homogénea desarrollada dentro de un ambiente homogéneo.	Duvigneaud

1981	Un ecosistema consiste en organismos vivos en un ambiente abiótico, que se comportan como un sistema debido a que existen relaciones dinámicas específicas entre estos componentes. Además, tiene una característica cibernética ya que existe una coordinación, regulación, comunicación, y el control de estas relaciones.	McNaughton y Coughenour
1981	Un ecosistema consiste de componentes bióticos y abióticos que cambian y evolucionan juntos, este término implica una unidad de coevolución.	Jordan
1992	Complejos que las entidades individuales, tales como células, organismos, entidades inorgánicas, etc., forman con su entorno. Los ecosistemas son un todo cuyas partes incluyen a los vivientes y no vivientes, procesos y su asociado biogeográfico y físico-químico, energético, materiales y parámetros de información dentro de un tiempo y espacio, junto con porciones de los alrededores de estas unidades.	Jorgensen, Patten y Straskraba
1992	Un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos, y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional, y en el que el hombre se considera como parte integral (Artículo 2, CDB).	CDB
1993	La comunidad y el ambiente abiótico funcionan conjuntamente como un sistema ecológico o ecosistema.	Odum
1993	Un ecosistema es una estructura de interacción de los organismos y su medio inorgánico, que es abierto y, en cierta medida, capaz de autorregularse.	Klötzli
1994	Componentes bióticos y abióticos de relevancia ecológica directa e indirecta son parte del ecosistema y tienen un carácter jerárquico en la estructura y los procesos, lo que significa que hay dependencia entre los componentes. Además, los ecosistemas se pueden distinguir a diferentes escalas.	Klijn y Udo de Haes
1997	Una unidad que comprende a una comunidad (o comunidades) de organismos y su ambiente físico y químico, a cualquier escala (especificada), en la que hay flujos continuos de materia y energía.	Willis
1997	No son entidades identificadas y definidas por límites. Son ensamblajes que exhiben patrones característicos sobre un rango de escalas de tiempo y espacio, y organización compleja.	De Leo y Levin
2000	Un ecosistema es una comunidad biológica y su medio ambiente que hacen parte de un único sistema; en este sentido, el ecosistema es el primer nivel en el orden jerárquico tradicional de los sistemas biológicos y se ha utilizado ampliamente para describir una unidad relativamente discreta de la naturaleza.	Blair, Collins y Knapp
2000	Sistema biótico y funcional capaz de mantener la vida incluyendo todas las variables biológicas. Donde la escala espacial y temporal no se especifica <i>a priori</i> , sino basado en los objetos de estudio del ecosistema.	Jorgensen y Muller
2001	Sistemas abiertos que intercambian materia, energía y organismos entre ellos, diferenciándose arbitrariamente.	Noss
2011	Sistema integrado por una comunidad de {0...n} sistemas bióticos dentro de un único sistema físico conocido como la arena ( <i>contenedor o estadio</i> donde los eventos tienen lugar y los observadores (ecólogos) pueden ver lo que ocurre (Gignoux et al., 2011)).	Gignoux, Davies, Flint y Zucker

## **2.3 Marco didáctico**

### **2.3.1 Problemática en la formación en ciencias**

Hoy en día, uno de los problemas más comunes en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la educación pública y privada es la falta de interés y motivación de los estudiantes frente a los temas de clase (Más, 2006; Mendoza & Ballesteros, 2014; Tapia, 2005). La poca relevancia que representan ciertos temas de las ciencias en la vida de los estudiantes y el uso de metodologías de enseñanza basadas en la transmisión de la información sin posibilidad de un trabajo práctico también son variables que acrecientan esta problemática educativa (Anderhag et al. 2016). No obstante, otros factores como la percepción sobre el maestro, la ansiedad, el valor que se le da a la ciencia, la autoimagen del estudiante frente a la ciencia, las actitudes de pares y padres, y el clima escolar inciden en la facilidad o dificultad en la enseñanza de las ciencias en cada estudiante (Logan & Skamp, 2007).

Según Tytler y Osborne (2012) la ciencia en la escuela ha tenido dificultades para atraer a los estudiantes a escoger carreras profesionales en el campo científico. Sin embargo, se diferencia de otras áreas de conocimiento porque se le atribuyen dos responsabilidades sociales principales. Por un lado, debe educar a las siguientes generaciones en ciencia, lo cual implica tanto el desarrollo de la comprensión y apreciación de las hipótesis que se generan del mundo material como la formulación e importancia que requieren una mirada amplia del campo. Por otro lado, la ciencia en la escuela debe educar a los científicos del futuro incentivando un conocimiento profundo de la disciplina. En Lyons (2006) el bajo valor intrínseco de las ciencias enseñadas en el colegio contribuye a la renuencia de los estudiantes a aspirar a una carrera profesional en ciencia, sabiendo que esto puede convertirse en materia de preocupación cuando las sociedades más avanzadas basan sus economías en ciencia y tecnología. Por tanto, la actitud de los estudiantes frente a la ciencia se ha convertido en una cuestión de interés.

Para lograr una mayor vinculación de los jóvenes con la educación y una formación integral se requiere prestar mayor atención a los aspectos actitudinales, afectivos y emocionales dentro del currículo (Espinoza, Maier & Gómez, 2015; Vivas-García, 2003). Por consiguiente, una de las metas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es fomentar una actitud positiva en los estudiantes frente a la ciencia escolar, manteniendo la motivación y la curiosidad para generar apego y vinculación a la educación científica desde la escuela. Esto permitirá que los estudiantes se decidan por incluir a las ciencias en sus proyectos de vida (Fensham, citado por Garritz, 2006).

Para Anderhag et al. (2016), ciertas actitudes negativas hacia la ciencia tienen su origen en la escuela primaria, en donde los estudiantes tienden a ser más receptivos a nuevos estímulos pero no reciben la exposición necesaria, sus experiencias con las ciencias son limitadas, o los profesores no parecen seguros en la trasmisión del conocimiento. En un estudio por Agranovich & Assaraf (2013) estudiantes de escuela primaria mostraron que gran entusiasmo cuando se proponían tanto experimentos y actividades de indagación como puestas en común y discusiones en clase. Sin embargo, aún no es lo suficientemente claro qué, cuáles y por qué los estudiantes disfrutaban de los experimentos pues la ciencia se puede abordar de diferentes maneras y a diferentes niveles propendiendo por un mismo resultado, comprensión o apreciación de una práctica (Anderhag et al., 2016).

En consecuencia, la enseñanza-aprendizaje de las ciencias puede llevarse a cabo mediante la indagación de problemáticas en contextos relacionados con el estudiante donde se permita el desarrollo de un aprendizaje significativo con contenidos flexibles, relevantes que motiven un interés y vayan más allá de la evaluación numérica.

### **2.3.2 Educación ambiental**

El ambiente de nuestro planeta está siendo afectado significativamente, ocasionando modificaciones de tipo demográfico, social y económico. Aunque existen diferentes

---

iniciativas para abordar esta problemática desde el ámbito financiero, político y tecnológico, los desafíos del desarrollo ambiental sostenible exigen mayores retos. Es probable que los individuos y sus sociedades cambien la forma de ver las cosas y la manera en que actúan frente a los demás, su entorno y los ecosistemas de los que dependen para vivir. La UNESCO (2014) propone que la educación sirva como puente para establecer nuevos paradigmas frente al desarrollo sostenible, el cual es tema fundamental para la construcción de un mejor futuro. Esto se puede lograr si se reorienta la enseñanza-aprendizaje hacia la adquisición de conocimientos, competencias, valores y actitudes que favorezcan la sostenibilidad ambiental. Esta iniciativa plantea una enseñanza que se dé a lo largo de toda la vida y que logre transformar el ambiente pedagógico, cuyas repercusiones se encuentran en la transformación de la sociedad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que sin una adecuada comprensión de los aspectos cognitivos relacionados con los conceptos ecológicos y ambientales, difícilmente se desarrollan competencias actitudes, hábitos y valores ambientales en los estudiantes y en la sociedad en general, para contribuir a una óptima sostenibilidad ambiental (Rojero, 1999).

Rengifo, Quitiaquez y Mora (2012) afirman que en Colombia existe una falta de educación ambiental fundamentada en un cambio de conocimientos y comportamientos hacia el medio ambiente, de tal manera que se generen acciones cotidianas de protección ambiental. Para esto, es necesario cambiar la concepción de que la naturaleza es un elemento pasivo, infinito y complaciente a las necesidades del ser humano. Por el contrario, la naturaleza debe percibirse como un elemento activo que reacciona ante los estímulos del hombre.

Reflexionar en la escuela y desde la práctica cotidiana sobre los elementos y procesos del ecosistema que garantizan que el ambiente sea sostenible, puede ser una buena iniciativa para brindar las herramientas necesarias a los educandos de cómo actuar en sociedad para aportar a la sostenibilidad de la vida. Los niños y jóvenes tienen el

---

potencial para promover el desarrollo de un ambiente sostenible, por lo que es fundamental movilizarlos mediante prácticas pedagógicas que se realicen en la escuela.

### **2.3.3 El aprendizaje basado en la indagación**

John Dewey, filósofo y psicólogo norteamericano, hizo del aprendizaje por indagación un concepto formal en educación. Él consideraba que la educación de comienzos del siglo XX, enfatizaba en la memorización de hechos y no en la comprensión y aplicación de los mismos. En 1910, Dewey sugirió a los profesores incorporar en algunas de sus prácticas el método científico, donde se identificaban preguntas o problemas y se planteaban hipótesis que debían ser comprobadas. Este hecho requería formular un plan de acción basado en el proceso. Hacia mediados de la década de 1930, se adoptó en los Estados Unidos el concepto de Dewey como la base para la educación en ciencias en la secundaria. Más adelante, Joseph Schwab y otros educadores continuaron con la promoción de este concepto en la educación en ciencias (Ungvarsky, 2007).

El aprendizaje basado en la indagación es una estrategia pedagógica, en donde los estudiantes siguen procedimientos o métodos similares al quehacer de un científico, con el objetivo de construir nuevo conocimiento (Keselman, citado por Pedaste et al., 2015). Mediante este enfoque de indagación, los estudiantes descubren relaciones de causalidad al formular hipótesis y probándolas por medio de la experimentación u observación (Pedaste, Mäeots, Leijen, y Sarapuu, citados por Pedaste et al., 2015). El estudiante que aprende mediante la indagación lleva a cabo su proceso con una participación y tomando responsabilidad en el descubrimiento de nuevo conocimiento. Además, el proceso puede ser tanto inductivo como deductivo, cuando propone experimentos que le permiten al estudiante relacionar variables dependientes e independientes (Wilhelm y Beishuizen, citados por Pedaste et al., 2015).

La National Science Education Standards (NRC, 1996) y (Garritz, 2010) mencionan las habilidades necesarias que los estudiantes deben tener y desarrollan para realizar

---

indagación científica: (1) Identificar preguntas y conceptos que guíen las investigaciones; (2) Diseñar y conducir investigaciones científicas; (3) Utilizar las tecnologías más apropiadas y la matemática para mejorar las investigaciones y su comunicación; (4) Formular y revisar las explicaciones y modelos científicos mediante el empleo de la lógica y las pruebas científicas; (5) Reconocer y analizar explicaciones y modelos alternativos; (6) Comunicar y defender un argumento científico. Según Harlen (2013), dichas habilidades les permiten a los estudiantes no solo desarrollar los conceptos principales de las ciencias sino también la comprensión de acontecimientos y fenómenos de relevancia en sus vidas. Las nuevas generaciones requieren habilidades, voluntad y flexibilidad de pensamiento para tomar decisiones efectivas.

En Minner, Levy y Century (2010), los principales objetivos de la enseñanza basada en la indagación incluyen la comprensión de las ideas científicas fundamentales, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el razonamiento y la adquisición de competencias para la obtención de evidencia y su uso. Además, actitudes científicas en los estudiantes dentro de la ciencia y hacia la ciencia. Adicionalmente, algunas competencias comunicativas incluyendo el lenguaje escrito, oral y matemático. Finalmente, la comprensión de la contribución de la ciencia a la sociedad y su uso en la tecnología y la ingeniería.

La educación primaria debe trabajar la enseñanza de las ciencias por medio de la indagación. Harlen y Qualter (2009) afirman que la enseñanza de las ciencias debe ser coherente con lo que es la ciencia en sí y la indagación permite darle este enfoque. Asimismo, al considerar que la ciencia es procedimental e instrumental se debe dejar de lado el enfoque meramente de transmisión de contenidos y brindarles a los estudiantes la posibilidad de plantear hipótesis basadas en observaciones, comprobación de ideas, uso de instrumentos de medición, toma de datos y análisis de resultados.

El aprendizaje basado en la indagación se realiza siguiendo las fases de indagación; las conexiones entre éstas forman los ciclos de indagación. Pedaste et al., (2015)

simplificaron el proceso en fases y subfases de indagación, como se muestra en la tabla 2-3. Estas fases son: Orientación, Conceptualización, Investigación, Conclusión y Discusión.

Tabla 2-3. Fases y subfases del aprendizaje basado en la indagación. Adaptado de Pedaste et al. (2015).

<i>Fases generales</i>	<i>Definición</i>	<i>Sub fases</i>	<i>Definición</i>
1. Orientación ↓	Es el proceso de estimular la curiosidad de un tema y plantear un desafío de aprendizaje a través del planteamiento de una pregunta problema.		
2. Conceptualización ↓	El proceso de plantear una pregunta basada en la teoría y/o una hipótesis.	Cuestionamiento	El proceso de generar preguntas de investigación basadas en el problema planteado.
3. Investigación ↓	El proceso de planificación de la exploración o experimentación, recopilando y analizando los datos según el diseño experimental o exploración.	Generación de hipótesis	El proceso de generación de hipótesis respecto al problema planteado.
		Exploración	El proceso de toma de datos basado en la pregunta de investigación.
		Experimentación	El proceso de diseñar y llevar a cabo un experimento con el fin de probar una hipótesis.
4. Conclusión ↓	El proceso de sacar conclusiones a partir de los datos. Comparar las deducciones realizadas con base en los datos, con la hipótesis o preguntas de investigación.	Interpretación de datos	El proceso de darle significado a los datos recolectados y sintetizar nueva información
		Comunicación	El proceso de presentar los resultados de una investigación de fase o de todo el ciclo de investigación a otros (compañeros, profesores) y recoger los comentarios de ellos. Discusiones con otras personas.
5. Discusión	El proceso de presentar los resultados de determinadas fases o todo el ciclo de investigación, comunicándose con otros y/o involucrándose en actividades reflexivas.	Reflexión	El proceso de describir, criticar, evaluar y debatir todo el ciclo de investigación o una fase específica. Es un debate interno.

---

## 2.4 Contexto educativo

La institución educativa (IE) donde se realiza el presente trabajo está ubicada en la ciudad de Bogotá, es de carácter privado, calendario B y tiene un programa de educación bilingüe en inglés, en el que se incluyen las áreas académicas, como ciencias naturales hasta el grado noveno. La IE cuenta con una población estudiantil mixta de alrededor de 1800 estudiantes en jornada única que, en su mayor parte, pertenecen a los estratos 4, 5 y 6. Esta busca la formación de ciudadanos integrales con un alto compromiso social y ambiental, para la construcción de una sociedad justa y en paz, promueve valores como la compasión, el servicio, la honestidad, el respeto, la justicia, la solidaridad y el compromiso. Para esto, se basa en la instrucción, no sólo de saberes específicos de la ciencia, sino también en elementos necesarios para el crecimiento como individuos sociales. De hecho, se hace énfasis en el desarrollo de las dimensiones: social y política, ética, corporal, espiritual, estética, cognitiva, comunicativa y emocional.

En los últimos años, la formación de la educación básica primaria en la IE ha implementado nuevas estrategias de enseñanza - aprendizaje que incluye la promoción de proyectos pedagógicos de aula y el diálogo de saberes entre áreas académicas, que pretenden fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes, desde una edad temprana, con el fin de abordar problemas de manera interdisciplinar, como ocurre en la vida real. Los proyectos pedagógicos de aula parten de los intereses de los estudiantes y promueven el aprendizaje significativo y colectivo.

En relación con la población de estudiantes del grado quinto de primaria, que hicieron parte de este proyecto, tenían edades entre 11 y 12 años y estaba conformado por 12 niñas y 16 niños, con características heterogéneas respecto al desempeño académico, hábitos de trabajo escolar (HTE) y dispositivos básicos de aprendizaje (DBA). No obstante, el grupo presentó buenas dinámicas de estudio durante el desarrollo de las actividades y respondieron satisfactoriamente al trabajo propuesto.

Las actividades propuestas para la estrategia didáctica se realizaron en su mayoría en un ecosistema urbano dentro de la Institución Educativa. Este ecosistema perteneciente a los cerros orientales de la ciudad de Bogotá D.C, fue deforestado y sus especies nativas fueron removidas. Se reforestó con especies foráneas convirtiéndose en una plantación de árboles de eucalipto común (*Eucalyptus globulus*).

### 3. Metodología

La propuesta de metodología para este trabajo se desarrolló en cinco etapas. La primera se dio con el diagnóstico de los presaberes de los estudiantes mediante un instrumento para determinar las ideas que ellos poseían sobre los elementos de un ecosistema y la relación entre los mismos. En la segunda etapa se analizaron las respuestas dadas por los estudiantes en la prueba diagnóstica identificando lo que requería ampliarse y qué serviría como insumo en la creación y desarrollo de las actividades de indagación. A partir de estos elementos, se dio paso a la tercera etapa en la que la estructura de la estrategia didáctica se diseñó teniendo en cuenta los objetivos a alcanzar. La cuarta etapa consistió en implementar la estrategia didáctica. Finalmente, la propuesta metodológica culmina con la realización de una evaluación de los aprendizajes adquiridos por los estudiantes en los ambientes de aprendizajes propuestos (Figura 3-1).

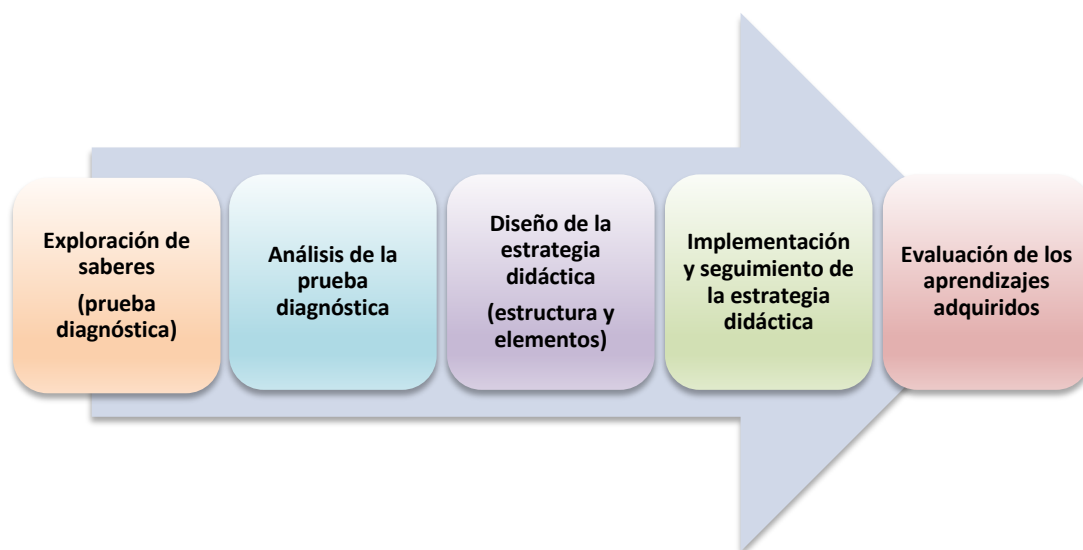


Figura 3-1. Fases de desarrollo de la propuesta didáctica de aula

### 3.1 Prueba diagnóstica de presaberes

Para evaluar los saberes conceptuales de los estudiantes y su comprensión frente a algunas interacciones que se dan en un ecosistema, se construyó una prueba diagnóstica con 18 ítems de los cuales 14 fueron de selección múltiple con única respuesta y cuatro de preguntas abiertas (Anexo A). Estas preguntas buscaban identificar si los estudiantes tenían conocimiento y claridad sobre la estructura y función de los ecosistemas. La tabla 3-1 muestra los conceptos evaluados en la prueba diagnóstica, los cuales fueron seleccionados por ser conceptos que están dentro del currículo de la Institución para el ciclo III (cuarto y quinto grado) así como dentro de los *conocimientos propios de las ciencias naturales* que sugiere el Ministerio de Educación Nacional para los mismos grados.

Tabla 3-1. Elementos seleccionados para la prueba diagnóstica.

ESTRUCTURA	FUNCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factores bióticos y abióticos</li> <li>• Relación de competencia entre organismos</li> <li>• Hábitat</li> <li>• Cadenas alimentarias: productores, consumidores, descomponedores.</li> <li>• Tipos de consumidores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo de energía en el ecosistema</li> <li>• Transformación de energía en las cadenas alimentarias.</li> <li>• Fotosíntesis</li> </ul>

Las preguntas abiertas tuvieron como objetivo identificar los presaberes de los estudiantes frente a los cambios físicos y químicos en los ecosistemas, y se realizaron tomando como referencia un espacio exterior (plantación de eucalipto del colegio), donde se desarrolló el presente trabajo de grado. Teniendo en cuenta las fases del aprendizaje basado en indagación (Armenteras et al.,2016), los resultados obtenidos en la aplicación de la prueba diagnóstica fueron los elementos a usar a través de los ciclos de indagación.

La prueba diagnóstica escrita fue realizada individualmente por 25 estudiantes (tres estudiantes ausentes) del grado quinto de primaria en un tiempo de 40 minutos, es decir

en una hora de clase. Se les indicó que la prueba no tendría calificación y que los resultados serían insumo para el trabajo del periodo académico en curso. Una vez realizada la prueba, las respuestas y el porcentaje de aciertos fueron organizados en una tabla (Tabla 4-1 en el capítulo de Resultados y Análisis). Posteriormente, se realizó el análisis de las respuestas identificando los elementos que debían ser reforzados y empleados como insumo en la estrategia didáctica.

## 3.2 Diseño de la estrategia didáctica

### 3.2.1 Elementos de la estrategia didáctica

Atendiendo a los resultados de la prueba diagnóstica, se tuvieron en cuenta los siguientes elementos (conceptos y habilidades) para el desarrollo del proceso en la estrategia didáctica dirigida al grupo de estudiantes del grado quinto de primaria:

- Reconocer los factores bióticos y abióticos como elementos del ecosistema
- Explicar la principal fuente de energía de un ecosistema
- Explicar la transferencia de energía a través de las cadenas y redes tróficas
- Reconocer la transformación de la energía en los diferentes componentes de un ecosistema

Se tomaron como referentes los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales del Ministerio de Educación Nacional (MEN) para los grados cuarto y quinto de primaria (tabla 3-2) y el PIA (Plan Integrado de Área) de Ciencias Naturales de la institución para grado quinto de primaria.

*Tabla 3-2. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN)*

<i>Aproximación al conocimiento como científico(a) natural</i>	<i>Conocimientos propios de las ciencias naturales</i>	<i>Desarrollo de compromisos personales y sociales</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Observo el mundo en el que vivo.</i></li> <li>• <i>Formulo preguntas a partir de una observación o experiencia y escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas.</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Analizo el ecosistema que me rodea y lo comparo con otro.</i></li> <li>• <i>Explico la dinámica de un ecosistema, teniendo</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco puntos de vista diferentes y los comparo con los</i></li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas.</i></li> <li>• <i>Identifico condiciones que influyen en los resultados de una experiencia y que pueden permanecer constantes o cambiar (variables).</i></li> <li>• <i>Diseño y realizo experimentos modificando una sola variable para dar respuesta a preguntas.</i></li> <li>• <i>Realizo mediciones con instrumentos convencionales y no convencionales.</i></li> <li>• <i>Registro mis observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa (sin alteraciones), en forma escrita y utilizando esquemas, gráficos y tablas.</i></li> <li>• <i>Busco información en diversas fuentes (libros, Internet, experiencias y experimentos propios y de otros...) y doy el crédito correspondiente.</i></li> <li>• <i>Establezco relaciones entre la información y los datos recopilados.</i></li> <li>• <i>Selecciono la información que me permite responder a mis preguntas y determino si es suficiente.</i></li> <li>• <i>Saco conclusiones de mis experimentos, aunque no obtenga los resultados esperados.</i></li> <li>• <i>Propongo respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otras personas.</i></li> <li>• <i>Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas.</i></li> <li>• <i>Comunico, oralmente y por escrito, el proceso de indagación y los resultados que obtengo.</i></li> </ul>	<p><i>en cuenta las necesidades energía y nutrientes de los seres vivos (cadena alimentaria)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Analizo características ambientales de mi entorno y peligros que lo amenazan.</i></li> <li>• <i>Identifico adaptaciones de los seres vivos, teniendo en cuenta las características de los ecosistemas en que viven.</i></li> </ul>	<p><i>míos.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Reconozco y acepto el escepticismo de mis compañeros y compañeras ante la información que presento.</i></li> <li>• <i>Valoro y utilizo el conocimiento de diferentes personas de mi entorno.</i></li> <li>• <i>Cumplo mi función cuando trabajo en grupo, respeto las funciones de otros y contribuyo a lograr productos comunes.</i></li> <li>• <i>Identifico y acepto diferencias en las formas de vida y de pensar.</i></li> <li>• <i>Propongo alternativas para cuidar mi entorno y evitar peligros que lo amenazan.</i></li> <li>• <i>Cuido, respeto y exijo respeto por mi cuerpo y el de las demás personas.</i></li> <li>• <i>Respeto y cuido los seres vivos y los objetos de mi entorno.</i></li> </ul>
--	---	---

### 3.2.2 Estructura de la estrategia didáctica

#### Pautas iniciales

La estrategia didáctica se estructuró en cuatro sesiones; cada una se planteó con dos actividades a realizar en el aula de clase, laboratorio de ciencias y en campo (plantación de la institución educativa). Todas las actividades se realizaron con los 28 estudiantes, divididos en seis (6) grupos: 4 grupos con 5 estudiantes y 2 grupos con 4 estudiantes. Todos los participantes recibieron una orientación inicial, que incluyó los siguientes aspectos:

1. **Organización de datos:** para mejorar la toma de apuntes y resaltar la importancia de las observaciones en los estudiantes se les indicó que su cuaderno de ciencias naturales se convertiría en un diario de campo, donde cada observación relevante o pregunta debía ser registrada. Éste se constituyó en una evidencia del trabajo, que se socializó en una puesta en común entre los grupos.

Cada estudiante recibió una portada (véase figura 3-2) con el título *All about SBLM Forest Ecosystem* (Todo Sobre el Bosque de SBLM), en donde registrarían su nombre y un dibujo de su interés.

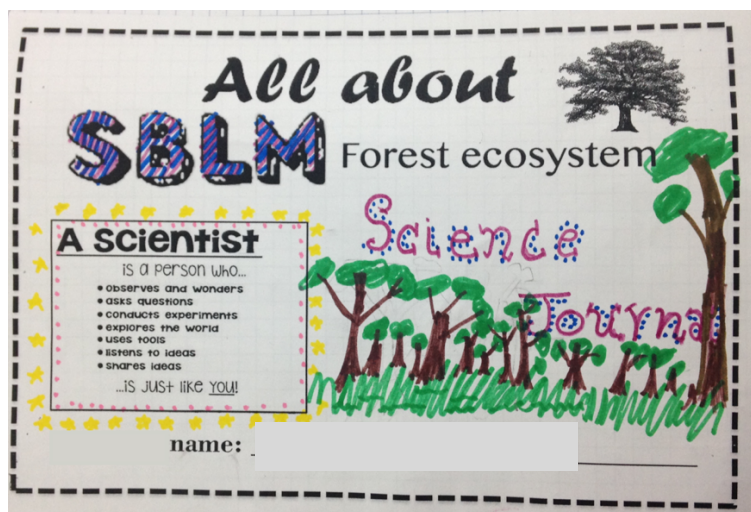


Figura 3-2. Portada del diario de campo

2. **Materiales:** en cada salida a campo, cada estudiante llevó botas pantaneras y un impermeable, porque las actividades se realizaron en época de lluvia en la ciudad de Bogotá D.C. Igualmente, cada estudiante guardó su diario de campo en una bolsa plástica resellable, para evitar que sus observaciones entraran en contacto con el agua.
3. **Conformación y dinámica de grupo:** los grupos de trabajo se conformaron libremente por los estudiantes. Posteriormente, a cada miembro de un grupo se le asignó un rol dentro del equipo, para asegurar su participación en las diferentes actividades. Los roles asignados son: líder, encargado de materiales,

registrador de datos y técnico (encargado de realizar la parte práctica). En el caso de los grupos con cinco integrantes, se asignaron dos técnicos para cada sesión. Vale aclarar que las funciones de los miembros de cada grupo iban rotando en cada sesión.

- 4. Comportamiento en campo:** Se aclaró en cada salida que el ecosistema debía quedar en el mismo estado en el que se encontró y debía realizarse el menor impacto posible en el mismo. Esto incluía mantener un tono de voz bajo, tomar sólo las muestras necesarias, no arrojar papeles, ni basura y no tocar o llevarse organismos del sendero transitado. Además, se resaltó la importancia de mantenerse en grupo, cuidar de los compañeros durante las salidas, caminar en vez de correr y acudir a la profesora en caso de ayuda.

## Actividades

En las tablas 3-3, 3-4 y 3-5, se describe la planeación de cada sesión junto con las actividades a desarrollar en cada una de ellas.

*Tabla 3-3. Planeación Sesión 1*

<b>Sesión 1: Reconociendo la plantación de mi colegio</b>	
<p><b>Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reconocer un ecosistema urbano y sus características.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ubicar espacialmente el ecosistema seleccionado del colegio y lugares aledaños.</li> <li>○ Describir la estructura de la plantación de eucalipto.</li> <li>○ Reconocer los elementos que hacen parte de la plantación y que influyen en esta.</li> </ul>	
<p><b>Conceptos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Un ecosistema urbano es un ecosistema que está conformado por comunidades de organismos que interactúan entre sí y el ambiente físico.</li> <li>○ Un ecosistema urbano es un ecosistema dentro de la ciudad que puede incluir parques, jardines, corredores de árboles, entre otros.</li> <li>○ La luz solar es la principal fuente de energía de un ecosistema.</li> </ul>	
<p><b>Habilidades de pensamiento</b> Reconocer, identificar, describir, comparar, comunicar</p>	<p><b>Actitudes y compromisos</b> Escuchar, trabajar en grupo, seguir instrucciones, respetar diferentes puntos de vista</p>
<p><b>Materiales y recursos</b> <b>Herramientas virtuales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Google Earth online (<a href="https://earth.google.com/web">https://earth.google.com/web</a>)</li> <li>▪ Videos de YouTube</li> </ul> <p>Diario de campo Lápices y colores / Lupa</p>	

<p><b>Metas a alcanzar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reconocer que un ecosistema es un espacio abierto que interactúa con factores externos.</li> <li>○ Explicar las características de los ecosistemas urbanos.</li> <li>○ Identificar los elementos de un ecosistema (factores abióticos y bióticos).</li> <li>○ Reconocer la luz solar como principal fuente de energía de un ecosistema.</li> </ul>
<p><b>Metodología</b></p>
<p><b>Orientación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se da inicio a la sesión realizando preguntas para atraer el interés de los estudiantes y permitiéndoles compartir respuestas respecto a: ¿Qué es un bosque?, ¿qué bosques han visitado?, ¿qué aspecto tiene un bosque?, ¿qué organismos recuerdan haber visto allí?</li> <li>○ Mencionar las actividades a realizar:</li> </ul> <p><b>Actividad 1.</b> Emplear el programa Google Earth para ubicar y reconocer espacialmente la plantación del colegio.</p> <p><b>Actividad 2.</b> Visitar la plantación de la institución educativa para identificar elementos del ecosistema</p> <p><b>Conceptualización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ver los siguientes videos:</li> </ul> <p><i>What is the urban forest?</i> / Autor: nforests-service / Duración: 1:46 minutos  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=jAnIzROgU9s">https://www.youtube.com/watch?v=jAnIzROgU9s</a></p> <p><i>Benefits of urban forest</i> / Autor: nforests-service / Duración: 1:37 minutos  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=IHcQUsWeXkU">https://www.youtube.com/watch?v=IHcQUsWeXkU</a></p> <p>Explicar a los estudiantes las características de una plantación y sus diferencias con un bosque natural. Mencionar que el lugar a visitar hace parte de un ecosistema urbano.</p> <p><b>Plantear las siguientes preguntas orientadoras:</b></p> <p>Actividad 1. ¿Qué factores externos a la plantación crees que podrían afectarlo tanto positivamente como negativamente?</p> <p>Actividad 2. ¿Qué elementos se encuentran en la plantación? ¿Cómo está organizada? Permitir a los estudiantes registrar sus ideas.</p> <p><b>Investigación</b></p> <p><u>Actividad 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Entregar a cada estudiante un mapa impreso de Google Earth donde se encuentran localizados la institución educativa, la plantación, los lugares aledaños y las vías que rodean la zona.</li> <li>○ Proyectar el programa Google Earth para visualización de todo el grupo. La profesora e investigadora muestra cómo realizar la búsqueda del colegio hasta llegar a la imagen que recibió cada estudiante. Una vez allí, se les pide escribir sobre su mapa los puntos cardinales, identificar tres lugares del colegio, nombre de las vías y lugares que rodean el colegio. Por último, se les pide ubicar la plantación que será el lugar principal de trabajo.</li> </ul> <p><u>Actividad 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Apreciar la plantación activando los sentidos mediante la detección de olores, sonidos, texturas y colores.</li> <li>○ Dibujar individualmente la estructura del bosque teniendo en cuenta los diferentes estratos: suelo, troncos y dosel.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Los estudiantes responden las preguntas:</li> </ul> <p>¿Si compararas la plantación con una casa, este tendría ventanas?</p> <p>¿Qué puede entrar por las ventanas?</p> <p>¿Qué pasaría con la plantación si no existieran ventanas?</p> <p><b>Conclusión</b></p> <p>En grupos comparten las ideas iniciales, los datos localizados en el mapa y las preguntas planteadas para cada actividad.</p> <p><b>Discusión</b></p> <p>Se realiza una puesta en común donde el líder de cada grupo comparte las ideas de su grupo. El docente direcciona la discusión para comprender los conceptos propuestos en la sesión.</p>
<b>Evaluación</b>
<p>Se asigna a los estudiantes una tarea para realizar en casa. Deberán identificar un ecosistema urbano de la ciudad, cerca de sus lugares de residencia.</p> <p>En una presentación de PowerPoint pedirles que expliquen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ¿Por qué el lugar es un ecosistema urbano?</li> <li>○ Describir la estructura del lugar.</li> <li>○ ¿Qué factores bióticos y abióticos observaron?</li> <li>○ ¿Existen algunos factores que están afectando dicho ecosistema?</li> <li>○ Una comunidad está compuesta por todas las poblaciones de seres vivos en un área. Describe la comunidad de este lugar.</li> </ul>

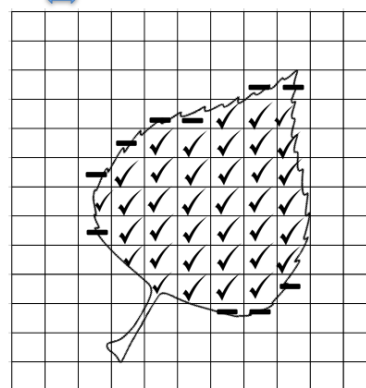
Tabla 3-4. Planeación Sesión 2

<b>Sesión 2: Desde productores a descomponedores</b>	
<p><b>Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reconocer la fotosíntesis como un proceso químico fundamental para el funcionamiento de un ecosistema, pues los autótrofos son la base de todas las cadenas alimentarias.</li> </ul>	
<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Explicar la función de los productores primarios dentro del ecosistema.</li> <li>○ Relacionar el área total de las hojas de un árbol con la productividad primaria.</li> <li>○ Entender el flujo de energía en los organismos de un ecosistema en las cadenas alimentarias.</li> </ul>	
<p><b>Conceptos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ En casi todos los ecosistemas las plantas son los productores primarios, autótrofos que son la base de las cadenas alimenticias.</li> <li>○ En la fotosíntesis la clorofila captura la luz del sol y necesita de agua y dióxido de carbono para elaborar glucosa.</li> <li>○ Las cadenas alimentarias y las redes tróficas muestran la interacción entre organismos y el flujo de energía.</li> </ul>	
<p><b>Habilidades de pensamiento</b> Describir, comparar, analizar</p>	<p><b>Actitudes</b> Trabajo en grupo, escuchar, seguimiento de instrucciones.</p>
<p><b>Materiales y recursos</b> <b>Herramientas virtuales:</b></p>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Módulo Interactivo sobre la fotosíntesis:  <a href="http://www.sites.ext.vt.edu/virtualforest/modules/photo.html">http://www.sites.ext.vt.edu/virtualforest/modules/photo.html</a></li> </ul> <p>Diario de campo Lápiz</p>	
<p><b>Actividad 1</b></p> <p>Cuadrícula Calculadora Tizas</p>	<p><b>Actividad 2</b></p> <p>Bandas de colores</p>
<p><b>Metas a alcanzar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Explicar la importancia de los productores en un ecosistema.</li> <li>○ Identificar los factores involucrados en el proceso de la fotosíntesis.</li> <li>○ Describir cómo se da el flujo de energía en las redes tróficas dentro del ecosistema.</li> <li>○ La energía capturada por las plantas es transferida a otros organismos del ecosistema.</li> </ul>	
<p><b>Metodología</b></p>	
<p><b>Orientación</b></p> <p>Se introduce el tema con la siguiente pregunta motivadora:          ¿Sabías que la vida en la tierra es posible gracias a la energía solar? La fuente de energía en todos los ecosistemas de la Tierra, incluso nuestros ecosistemas forestales, es la luz solar. ¿Cómo dependen los organismos de la luz solar?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mencionar las actividades a realizar:</li> </ul> <p>Actividad 1. Comparar un árbol con un panel solar          Actividad 2. Juego de roles – interacción entre organismos</p>	
<p><b>Conceptualización</b></p> <p>Se explica que la energía solar que ingresa a la Tierra tiene diferentes destinos. Un alto porcentaje es reflejado por la superficie de la Tierra y las nubes, otro se encarga de calentar la atmosfera y la superficie de la Tierra, y otro en evaporar agua y generar viento. Menos del 1% de la energía del sol es empleada en la fotosíntesis (Begon et al, 2006).</p> <p>Plantear las siguientes preguntas orientadoras:</p> <p>Actividad 1. ¿Cómo se podría comparar un árbol con un panel solar?          Actividad 2. ¿Qué relación existe entre los organismos de un ecosistema?</p>	
<p><b>Investigación</b></p> <p><u>Actividad 1</u></p> <p>Para expresar un panel solar con un árbol, los estudiantes toman una serie de datos para calcular el área total de las hojas de un árbol. Para esto cada grupo escoge un árbol de porte medio y toman una de sus hojas adultas.</p> <p>Se registran los siguientes datos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Número de cuadros de una cuadrícula ocupados por la hoja (<i>a</i>): Los estudiantes reciben una cuadrícula con cuadrados de 1.25 cm de lado. Trazan la silueta de la hoja y cuentan el número de cuadrados dentro de la silueta. De los cuadrados que quedan en los bordes, solo se tienen en cuenta aquellos que tengan como mínimo la mitad de su área dentro de la silueta. (Figura 3)</li> <li>2. Número de hojas por rama (<i>b</i>)</li> </ol>	

Figura 3. Cuadrícula para el área de la hoja

1,25 cm



Número de cuadrados: 36

### 3. Número de ramas en el tronco (c)

Posteriormente se realizan los siguientes cálculos para encontrar el área total de las hojas en metros cuadrados:

$$\begin{aligned}(b)x(c) &= \text{Número de hojas en el árbol (d)} \\ (d)x(a) &= \text{Número de cuadrados de la cuadrícula (e)} \\ (e)x((1.25\text{cm})(1.25\text{cm})) &= \text{área en cm}^2 \text{ (f)} \\ (f) \div 10000 &= \text{área en m}^2\end{aligned}$$

En un área de pavimento, trazar el área aproximada correspondiente a cada árbol escogido. Permitir a los grupos explicar su resultado y la comparación con un panel solar.

#### Actividad 2

Se realiza una actividad para ver la importancia de los productores para los demás organismos de un ecosistema. Para esto se realiza un juego de roles de la siguiente manera:

Se explica a los estudiantes que cada uno recibirá una banda para ponerse en la cabeza con un papel específico dentro del ecosistema, ya sea productor, herbívoro, carnívoro o descomponedor. La profesora hará el papel de fuente de energía (energía solar). Se presentan las características de cada uno, respecto a qué consumen y si son alimento de otro organismo (tabla 1). En un espacio abierto, cada estudiante deberá buscar su alimento y al mismo tiempo huir de ciertos organismos. Los organismos que mueren, pueden pedir una nueva banda (banda extra) a la profesora para seguir jugando. Para los 25 estudiantes, se inicia con 16 productores (10 bandas extra), 5 herbívoros (4 bandas extra), 2 carnívoros (2 bandas extra) y dos descomponedores para un total de 41 bandas de colores.

*Tabla 1. Descripción de roles*

Tipo de organismo	Color de la banda	Su objetivo	Persigue a:	Perseguido por:
<b>Productor</b>	verde	Sobrevivir	Ninguno	Herbívoros y descomponedores
<b>Herbívoro</b>	azul	Consumir productores, evitar los carnívoros y descomponedores	Productores	Carnívoros y descomponedores
<b>Carnívoro</b>	rojo	Capturar herbívoros, evitar los descomponedores	Herbívoros	Descomponedores
<b>Descomponedor</b>	blanco	Capturar y descomponer a todos los organismos	Todos	Ninguno

#### **Conclusión**

Una vez concluidas las actividades, regresar al salón de clase y permitir a los estudiantes reunirse en sus grupos para dialogar sobre los resultados obtenidos en las actividades.

<p><b>Discusión</b></p> <p>Se realiza una discusión grupal y la profesora construye junto con los estudiantes un mapa con las ideas de las preguntas planteadas en la fase de conceptualización para ambas actividades.</p> <p>Preguntas para orientar la discusión de la actividad 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teniendo en cuenta la dinámica del juego, ¿Cómo crees que la energía fluye dentro de un ecosistema?</li> <li>2. ¿Por qué la población de productores es mucho mayor que el resto de organismos?</li> <li>3. ¿Qué pasaría si la población de algunos de los organismos decrece? Explica para cada caso.</li> <li>4. ¿Cuál es el papel de los descomponedores?</li> </ol>
<b>Evaluación</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ingresar a la siguiente herramienta virtual:  <a href="http://www.sites.ext.vt.edu/virtualforest/modules/photo.html">http://www.sites.ext.vt.edu/virtualforest/modules/photo.html</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Responder las siguientes preguntas y explicar:           <ol style="list-style-type: none"> <li>a. ¿Por qué la energía solar es importante en un ecosistema?</li> <li>b. ¿Qué pasaría en un ecosistema de bosque que no tuviera acceso a la luz solar?</li> <li>c. ¿Qué elementos se requieren para el proceso de la fotosíntesis?</li> </ol> </li> </ul> </li> <li>2. Realizar una lectura sobre transferencia de energía entre organismos de un ecosistema (Anexo B) y responder las preguntas planteadas allí.</li> </ol>

*Tabla 3-5. Planeación Sesión3*

<b>Sesión 3: Organismos del suelo</b>	
<p><b>Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identificar la importancia de algunos organismos del suelo en el ecosistema.</li> </ul>	
<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Observar y describir detalladamente los organismos del suelo observados.</li> <li>○ Elaborar instrumentos que permitan la captura de organismos del suelo.</li> <li>○ Identificar algunos factores que pueden afectar los suelos.</li> </ul>	
<p><b>Conceptos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Los organismos del suelo son fundamentales en el funcionamiento y sostenibilidad de los ecosistemas.</li> </ul>	
<p><b>Habilidades de pensamiento</b> Observar, describir, comunicar</p>	<p><b>Actitudes</b> Trabajo en grupo, uso adecuado de los equipos, escuchar, seguir instrucciones.</p>
<p><b>Materiales y recursos</b> Embudo Berlesse Pala pequeña Lupa Microscopio Diario de campo</p>	
<p><b>Metas a alcanzar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identificar algunos organismos del suelo.</li> <li>○ Explicar la importancia de los organismos del suelo en el ecosistema.</li> <li>○ Entender cómo ciertos factores puedan afectar los organismos del suelo.</li> </ul>	

## Metodología

### Orientación

Se plantean algunas preguntas orientadoras: ¿Qué tipo de organismos viven en el suelo? ¿Qué función cumplen allí? ¿Qué requieren para vivir?

### Conceptualización

El suelo provee un ambiente para millones de seres vivos con diferentes características los cuales tienen las mismas necesidades que un organismo que viva en la superficie. Aunque en el suelo los organismos parecieran estar protegidos de factores como cambios de temperatura extrema, radiación solar, viento, entre otros, tienen una limitante como es el poco espacio para que los organismos puedan moverse con facilidad (Walker y Wood, 2010).

Los suelos tienen una gran variedad de espacios porosos y composición ofreciendo diferentes hábitats. Por consiguiente, se pueden encontrar bacterias, protistas e invertebrados como lombrices de tierra, ácaros, caracoles, babosas, cucarrones y larvas de insectos. Además, se encuentran allí las raíces de las plantas y algunos hongos (Walker y Wood, 2010).

El espacio poroso, es decir el espacio que existe entre las partículas del suelo, determina la cantidad de oxígeno y agua disponible para los organismos. Así mismo ofrece las condiciones para que ciertos organismos puedan vivir allí. Dependiendo del espacio poroso encontraremos unos organismos y otros no (Walker y Wood, 2010).

### Investigación

#### Actividad 1

Antes de ir a campo, los estudiantes construyen un embudo Berlesse para la captura de organismos del suelo. Este consta de una lámpara, un embudo y una solución de alcohol para fijar los organismos. La lámpara seca la tierra provocando que los organismos migren a la parte inferior y caigan en la solución de alcohol. De la solución se toman las muestras para observación.

Una vez listo el Embudo Berlesse, los estudiantes buscan un lugar de la plantación para recolectar la muestra de suelo. Antes, deberán describir el suelo respecto a sus características de color y humedad. La humedad se puede medir al tomar una muestra del suelo en la palma de la mano y formar una bola. Dependiendo de cómo quede la bola después de abrir la mano se puede describir como húmeda, moderada o seca. La muestra es llevada al laboratorio y se deposita en el embudo. Se deja la muestra por 24 horas.

Al día siguiente los estudiantes realizan la observación de su muestra y realizan los dibujos de los organismos. Hacer especial énfasis en la importancia de realizar dibujos detallados para comunicar los resultados.

#### Actividad 2

Previamente a esta sesión, se asignó a los estudiantes una lectura para la casa respecto al uso inadecuado de los suelos y la contaminación del agua, factores que afectan los ecosistemas.

En clase los estudiantes se reúnen en sus grupos y se les entrega un artículo informativo de nuestros

medios de prensa, sobre algún problema ambiental en Colombia (Anexo C). Los estudiantes deberán realizar una presentación creativa para comunicar a sus compañeros el contenido del artículo, haciendo énfasis en las posibles soluciones a los problemas planteados.

#### **Conclusión y discusión**

- Se realiza una discusión sobre los resultados encontrados y sobre algunos obstáculos durante la fase de experimentación.
- Se comparten los resultados de la captura de organismos con el embudo Berlesse (La profesora toma fotos de los organismos observados para mostrarlos a todo el grupo).
- Previamente a la discusión de esta sesión, los estudiantes buscan información en casa sobre la importancia de los organismos para el suelo. Se comparte con el grupo.
- Se realiza el cierre de las presentaciones de los grupos, con una puesta en común de ideas, sentimientos y comentarios.

#### **Evaluación**

Se asigna una actividad de indagación para trabajar en casa. Para esto la profesora trae a la clase dos tipos de suelo diferentes. Un tipo de suelo compacto y otro que presente mayor porosidad. Los estudiantes deben tomar nota y describir los suelos.

A partir de los suelos observados, la profesora pregunta cuál de los dos tipos de suelo creen que tiene mayor cantidad de organismos. Los estudiantes deben plantear una hipótesis y proponer un experimento para responder a su pregunta.

### **3.3 Evaluación de los aprendizajes adquiridos**

Para evaluar los aprendizajes adquiridos por los estudiantes después de realizar las actividades de la estrategia didáctica propuesta, se aplicó una prueba pos-test correspondiente a la misma prueba diagnóstica.

Los resultados de la prueba pre-test y post-test se analizaron utilizando la prueba t-student para establecer la diferencia de medias. También se graficaron los porcentajes de respuestas correctas para ambos casos.

## **4. Resultados y análisis**

### **4.1 Prueba diagnóstica**

Los resultados de las 18 preguntas de la prueba diagnóstica se muestran en la tabla 4-1. Estas preguntas se clasificaron en dos grupos según el aspecto a indagar dentro de los conceptos generales de estructura o función de los ecosistemas. Para el primer grupo,

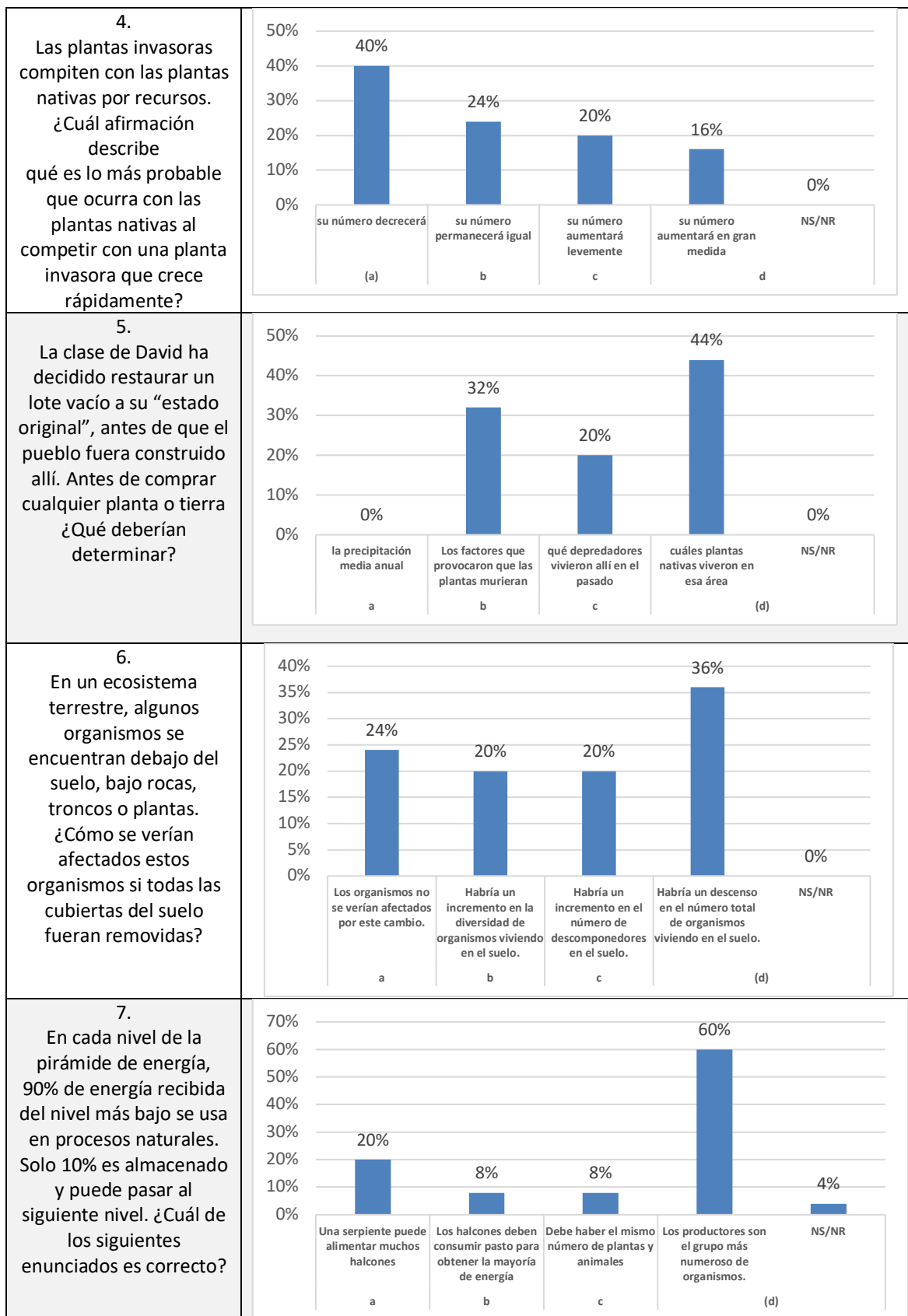
correspondiente a las preguntas sobre la estructura de un ecosistema, se obtuvo que en las preguntas 1, 4, 5, 6, 7 y 11 solo el 60% de los estudiantes o menos seleccionaron la respuesta correcta. Esto evidenció que los estudiantes no tenían claro que los ecosistemas están compuestos por organismos y su entorno físico, ni tampoco que dentro de los ecosistemas existen relaciones de competencia por recursos. Además, se observó que la mayoría de los estudiantes reconocen los niveles tróficos, pero se les dificulta obtener información de una cadena alimentaria particular a partir de un gráfico (pregunta 11).

Respecto a las preguntas que indagaban sobre la función de un ecosistema, se obtuvo que la mayoría de las preguntas con un porcentaje del 60% o menos, correspondieron a aquellas relacionadas con el flujo de energía dentro de las cadenas alimentarias. Los estudiantes no reconocieron que dentro de las cadenas alimentarias, las plantas toman la energía de la luz solar para realizar fotosíntesis y después esta es transformada y transferida a los demás organismos cuando las plantas son consumidas por los herbívoros y estos a su vez por otros consumidores. Además, no reconocieron el papel de los descomponedores en el sistema.

Por otro lado, los resultados obtenidos mostraron que a los estudiantes se les dificultó resolver preguntas enmarcadas dentro de una situación problema (preguntas 4, 5, 6), ya que todas tuvieron un porcentaje de respuestas correctas por debajo del 60%.

Tabla 4-1. Resultados de la prueba diagnóstica para 25 estudiantes de grado quinto. Las respuestas correctas se encuentran entre paréntesis. NS/NR= No sabe/No responde.

Pregunta	Resultados												
<p>1. ¿Qué tipo de cosas constituyen un ecosistema?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(a) Las cosas vivas y no vivas en el ambiente que rodean un organismo</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>b Todos los seres vivos que interactúan con el organismo que se está estudiando</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>c Todas las cosas no vivas que interactúan con el organismo que se está estudiando</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>d Las cosas naturales en el ambiente que son afectadas por el organismo que se está estudiando</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>8%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	(a) Las cosas vivas y no vivas en el ambiente que rodean un organismo	60%	b Todos los seres vivos que interactúan con el organismo que se está estudiando	28%	c Todas las cosas no vivas que interactúan con el organismo que se está estudiando	4%	d Las cosas naturales en el ambiente que son afectadas por el organismo que se está estudiando	0%	NS/NR	8%
Respuesta	Porcentaje												
(a) Las cosas vivas y no vivas en el ambiente que rodean un organismo	60%												
b Todos los seres vivos que interactúan con el organismo que se está estudiando	28%												
c Todas las cosas no vivas que interactúan con el organismo que se está estudiando	4%												
d Las cosas naturales en el ambiente que son afectadas por el organismo que se está estudiando	0%												
NS/NR	8%												
<p>2. ¿En qué se parecen los descomponedores y consumidores?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a Proveen energía a los productores</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>b Deben capturar una presa para poder sobrevivir</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>c Pueden hacer su propia energía a partir de la luz solar</td> <td>24%</td> </tr> <tr> <td>(d) Adquieren energía de productores u otros consumidores</td> <td>52%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>4%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	a Proveen energía a los productores	8%	b Deben capturar una presa para poder sobrevivir	12%	c Pueden hacer su propia energía a partir de la luz solar	24%	(d) Adquieren energía de productores u otros consumidores	52%	NS/NR	4%
Respuesta	Porcentaje												
a Proveen energía a los productores	8%												
b Deben capturar una presa para poder sobrevivir	12%												
c Pueden hacer su propia energía a partir de la luz solar	24%												
(d) Adquieren energía de productores u otros consumidores	52%												
NS/NR	4%												
<p>3. En un metro cuadrado de muestreo, los estudiantes identificaron siete tipos diferentes de consumidores y dos tipos diferentes de productores. ¿Cuál es la mejor manera de clasificar los consumidores?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a por tamaño</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>b según su manera de moverse</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>(c) por el tipo de comida que comen</td> <td>64%</td> </tr> <tr> <td>d por el tipo de comida que fabrican</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	a por tamaño	8%	b según su manera de moverse	8%	(c) por el tipo de comida que comen	64%	d por el tipo de comida que fabrican	20%	NS/NR	0%
Respuesta	Porcentaje												
a por tamaño	8%												
b según su manera de moverse	8%												
(c) por el tipo de comida que comen	64%												
d por el tipo de comida que fabrican	20%												
NS/NR	0%												



<p>8. En el ciclo de dióxido de carbono y oxígeno, ¿Cuáles organismos toman el dióxido de carbono y liberan oxígeno como parte del proceso de elaborar alimento?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Organismos</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>animales (a)</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>consumidores (b)</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>plantas (c)</td> <td>76%</td> </tr> <tr> <td>plantas y animales (d)</td> <td>16%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Organismos	Porcentaje	animales (a)	4%	consumidores (b)	4%	plantas (c)	76%	plantas y animales (d)	16%	NS/NR	0%
Organismos	Porcentaje												
animales (a)	4%												
consumidores (b)	4%												
plantas (c)	76%												
plantas y animales (d)	16%												
NS/NR	0%												
<p>9. ¿Cuál de los siguientes muestra el flujo de energía en una cadena alimenticia?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Diagrama</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descomponedor consumidor plantas productores (a)</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Sol consumidor productor descomponedor (b)</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Productor depredador descomponedor consumidor (c)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Sol productor consumidor descomponedor (d)</td> <td>56%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>4%</td> </tr> </tbody> </table>	Diagrama	Porcentaje	Descomponedor consumidor plantas productores (a)	20%	Sol consumidor productor descomponedor (b)	20%	Productor depredador descomponedor consumidor (c)	0%	Sol productor consumidor descomponedor (d)	56%	NS/NR	4%
Diagrama	Porcentaje												
Descomponedor consumidor plantas productores (a)	20%												
Sol consumidor productor descomponedor (b)	20%												
Productor depredador descomponedor consumidor (c)	0%												
Sol productor consumidor descomponedor (d)	56%												
NS/NR	4%												
<p>10. El siguiente es un diagrama de una red trófica. ¿Cuál sería la mejor palabra para reemplazar la letra x?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Palabra</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>descomponedor (a)</td> <td>68%</td> </tr> <tr> <td>consumidor de primer orden (b)</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>depredador (c)</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>consumidor de segundo orden (d)</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Palabra	Porcentaje	descomponedor (a)	68%	consumidor de primer orden (b)	28%	depredador (c)	0%	consumidor de segundo orden (d)	4%	NS/NR	0%
Palabra	Porcentaje												
descomponedor (a)	68%												
consumidor de primer orden (b)	28%												
depredador (c)	0%												
consumidor de segundo orden (d)	4%												
NS/NR	0%												

<p>11. Observa la red trófica de la imagen. ¿Cuáles organismos consume el halcón para obtener nutrientes?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>52%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	a	28%	b	8%	c	52%	d	12%	NS/NR	0%
Respuesta	Porcentaje												
a	28%												
b	8%												
c	52%												
d	12%												
NS/NR	0%												
<p>12. La imagen muestra una cadena alimenticia. Las flechas muestran como la energía fluye de un organismo al siguiente. En esta cadena alimenticia, ¿Cuál podría ser una fuente de energía para la bacteria?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>16%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>68%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	a	16%	b	68%	c	4%	d	12%	NS/NR	0%
Respuesta	Porcentaje												
a	16%												
b	68%												
c	4%												
d	12%												
NS/NR	0%												
<p>13. En un ecosistema de bosque, ¿Cuál es la conexión entre el sol y un árbol?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>24%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>52%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	a	24%	b	4%	c	20%	d	52%	NS/NR	0%
Respuesta	Porcentaje												
a	24%												
b	4%												
c	20%												
d	52%												
NS/NR	0%												
<p>14. ¿Cuáles de los siguientes usa una planta en el proceso de la fotosíntesis?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>72%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>NS/NR</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	a	4%	b	20%	c	72%	d	4%	NS/NR	0%
Respuesta	Porcentaje												
a	4%												
b	20%												
c	72%												
d	4%												
NS/NR	0%												

<p>15. Identifica dos factores del ambiente que pueden afectar qué tan bien crece un árbol.</p>	<p><u>Factores antrópicos:</u> fuego, deforestación, polución, pesticidas, contaminación del suelo, lluvia ácida.</p> <p><u>Factores bióticos y abióticos:</u> animales, otros árboles, poca luz solar, poca agua, grandes cantidades de agua, pocos minerales disponibles, oxígeno, dióxido de carbono, suelo, descomponedores, pasto, bacterias.</p> <p>La mayoría de los estudiantes identificó factores asociados al crecimiento de una planta como el sustrato y la disponibilidad de los elementos necesarios para la fotosíntesis. Es interesante notar, que mucho de ellos propusieron factores antrópicos, mostrando su conocimiento sobre cómo los hombres tienen una gran influencia sobre los ecosistemas.</p>	
<p>16. ¿Cómo es el bosque de nuestro colegio similar a cualquier ecosistema de la tierra?</p>	<p>NS/NR 12%</p>	<p>Respuestas y frecuencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tiene cosas vivientes y no vivientes (5)</li> <li>* Tiene árboles y plantas y otros organismos (4)</li> <li>* Nuestro colegio tiene árboles y plantas (3)</li> <li>* Tienen gran abundancia de organismos (3)</li> <li>* Los ecosistemas parecidos son el bosque tropical y las plantas (2)</li> <li>* Tienen el mismo tipo de plantas (1)</li> <li>* Sirven a la tierra (1)</li> <li>* Ambos ecosistemas necesitan oxígeno, agua, dióxido de carbono y luz solar para ser buenos (1)</li> <li>* Los ecosistemas nos dan muchos árboles que a la vez nos dan oxígeno y organismos (1)</li> <li>* Tienen productores, consumidores y descomponedores (1)</li> </ul> <p>Los estudiantes no identificaron con claridad las características generales de los ecosistemas. La mayoría se refirió a los factores bióticos y abióticos, y algunos mencionaron sus presaberes sobre los componentes del ecosistema y la fotosíntesis.</p>
<p>17. Describe algunos cambios físicos que pueden ocurrir en un ecosistema (ejemplo: el bosque de nuestro colegio)</p>	<p>NS/NR 24%</p>	<p>Respuestas y frecuencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Se secan las hojas de los árboles (4)</li> <li>* Deforestación (4)</li> <li>* Cambios de estado del agua (4)</li> <li>* Pérdida de fauna y flora (2)</li> <li>* Los animales crecen (1)</li> <li>* Cortamos el pasto, solo cambiamos su tamaño (1)</li> <li>* Cuando los árboles se queman con el fuego (1)</li> <li>* La transformación de nutrientes a glucosa (1)</li> <li>* Fotosíntesis (1)</li> </ul> <p>La pregunta se formuló con el fin de identificar ideas previas sobre el tema de cambios físicos. Los resultados fueron los esperados teniendo en cuenta que durante la primaria los estudiantes no habían abordado el concepto. Sin embargo, algunos de ellos se aproximaron, al identificar cambios físicos que allí pueden ocurrir.</p>

<p>18. Describe algunos cambios químicos que pueden ocurrir en un ecosistema (ejemplo: el bosque de nuestro colegio)</p>	<p>NS/NR 56%</p>	<p>Respuestas y frecuencia: *El cambio de dióxido de carbono a oxígeno en la fotosíntesis (6) *La fotosíntesis porque el dióxido de carbono se transforma en azúcar o glucosa (1) * Cuando el dióxido de carbono se vuelve agua (1) * Crecimiento de las plantas (1) * Los árboles se queman y se transforman en carbón (1) * Los organismos mueren (1)</p> <p>Al igual que la pregunta 17, se deseaba identificar ideas preexistentes de cambios químicos. Se observaron mayores dificultades en identificar ejemplos dentro de un ecosistema. Sin embargo, algunos de ellos se aproximaron al mencionar la fotosíntesis, el crecimiento y muerte de organismos.</p>
--	----------------------	---

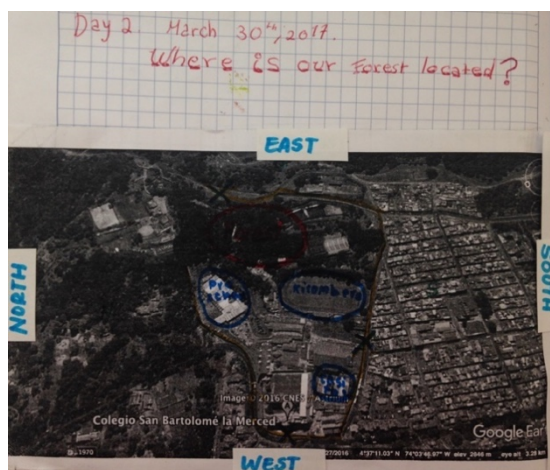
## 4.2 Actividades

### Sesión 1

En la fase de orientación, se realizó una socialización relacionada con visitas a bosques y organismos encontrados allí. Los estudiantes mencionaron bosques como los del Embalse del Neusa, los cerros orientales de Bogotá, el Parque Natural Chicaqué, entre otros. Al describir los bosques, la mayoría de los estudiantes mencionaron los árboles como organismos principales y la presencia de aves e insectos en el ecosistema.

La identificación de los lugares del colegio en el mapa físico y la visualización del mismo en el programa Google Earth, fue un ejercicio que motivó a los estudiantes a iniciar el proyecto. La mayoría de los estudiantes ubicaron correctamente los puntos cardinales, algunos lugares de referencia dentro del colegio y la plantación (Figura 4-2). Además, se identificaron, de manera conjunta, las zonas de influencia aledañas a la plantación, como el Parque Nacional y vías como la Avenida Circunvalar y la Carrera 5ª.

Se explicó, que un ecosistema es un sistema abierto, que tiene entradas y salidas, y que los espacios cercanos al bosque como el Parque Nacional o las actividades que ocurren en las vías, están en relación con el mismo. Los estudiantes mencionaron que el bosque del colegio podría reducir la contaminación, porque los árboles absorben dióxido de carbono de los carros que transitan por las vías cercanas. Otros dijeron que las aves del Parque Nacional y de los cerros podían visitar nuestra plantación.



*Figura 4-2. Mapa del colegio y zonas aledañas. La estudiante identifica la zona de preescolar, la cancha de fútbol y los salones de bachillerato. En rojo muestra el bosque del colegio.*

Los estudiantes explicaron, que la plantación del colegio, cumple con las características de un bosque urbano, que ofrece elementos importantes a la ciudad; se discutió acerca de algunos servicios que los ecosistemas urbanos aportan a su entorno, como mejorar la calidad del aire, controlar el agua de escorrentía, brindar espacios de dispersión para la calidad de vida y sombra para regular la temperatura de ciertos espacios.

En la segunda parte durante la observación del bosque, se les explicó que la estructura de la plantación estaba conformada por los troncos de los árboles, el dosel y la capa del suelo (incluyendo las raíces de los árboles) donde habitan e interactúan con otros organismos. En general, los dibujos de los estudiantes no mostraban con precisión el ecosistema visitado, pues carecían de detalle respecto al tipo de árbol, la cobertura del suelo, los colores y la organización en éste.

Adicionalmente, durante la observación del lugar, los estudiantes encontraron basuras como plásticos, envases de alimentos y envolturas de paquetes. Entre ellos analizaron que uno de los factores que afectan el ecosistema, es el poco cuidado de los estudiantes por cuidar las zonas verdes del colegio. Afirmaron que, aunque la cantidad de basura era poca, ésta no debería estar allí.

Los objetivos propuestos para la sesión se alcanzaron en gran medida. En la puesta en común con el líder de cada grupo, se evidenció la comprensión del concepto de ecosistema urbano y la identificación de uno de ellos, como lo es el bosque del colegio. Además, en la descripción del bosque los estudiantes mencionaron los elementos vivos y no vivos del ecosistema. La evaluación reforzó los conceptos a trabajar. Se logró además explicar que la luz solar es la fuente de energía en los ecosistemas. Aunque con las preguntas orientadoras de la actividad no se logró llegar a este concepto con todos los estudiantes; posteriormente, durante la puesta en común les permitió hacerlo.

Las presentaciones en PowerPoint elaboradas por los estudiantes y asignadas como evaluación de la sesión, se expusieron y se discutieron las características de los ecosistemas urbanos escogidos.

## **Sesión 2**

Las actividades propuestas para la segunda sesión permitieron reforzar el concepto de que el sol es la fuente de energía en los ecosistemas y de que es uno de los factores abióticos fundamentales para su funcionamiento. Mediante la comparación de un árbol con un panel solar, se utilizó una analogía para explicar, que sólo ciertos organismos como las plantas pueden tomar la energía del sol y transformarla en otro tipo de energía. A muchos estudiantes les pareció divertido y sorprendente cuando dibujaron el área total de las hojas del árbol que habían escogido sobre el pavimento. Fue interesante notar, que algunos estudiantes se cuestionaban si realmente esa área correspondía a hojas

100% eficientes, pues habían observado que a algunas hojas no les llegaba tanta luz como a otras pues se encontraban cubiertas y bajo la sombra.

Fue necesario orientar a los estudiantes para escoger un árbol de porte medio, que facilitará el conteo del número de hojas. Algunos grupos tuvieron dificultades en los procedimientos matemáticos, por lo que se tuvo que explicar las instrucciones a cada grupo. Esto llevó a que la actividad tomara más tiempo del esperado.

Con la herramienta virtual (módulo interactivo sobre la fotosíntesis), los estudiantes identificaron los elementos que participan en la fotosíntesis y pudieron explicar el proceso general y que los organismos fotosintéticos son capaces de tomar y transformar la energía del sol.

En el juego de roles de la segunda actividad, se avanzó en la comprensión de que la energía que es capturada y almacenada por las plantas, se transfiere a otros organismos por medio de las cadenas alimenticias. La dinámica del juego, en la cual debían capturarse según las instrucciones, permitió ver la conexión de ciertas especies con otras y la relación presa - depredador. Además, se discutió que, aunque en el juego sólo se evidenciaron las relaciones de una cadena alimentarias; en los ecosistemas los organismos pueden alimentarse de dos o más elementos y que los consumidores pueden compartir recursos conformando una red. Las redes tróficas unen, entonces, diferentes cadenas alimenticias y todas tienen a los productores como primer eslabón.

Cuando se discutió el papel de los descomponedores, los estudiantes notaron en el juego que éstos podían obtener energía de todos los niveles en la cadena alimenticia. Se recordó a los estudiantes que los descomponedores cumplen un papel importante en el ecosistema, al estar en capacidad de utilizar la materia orgánica muerta y transformarla en una forma útil para otros seres vivos, especialmente los productores.

### Sesión 3

La actividad uno de la sesión 3 los estudiantes construyeron un embudo Berlese para la captura de organismos del suelo (Figura 4-2-1), que permitió la identificación y descripción de algunos microartrópodos (Figura 4-2-2). Observar los organismos en el microscopio fue una experiencia que causó asombro entre los estudiantes, pues ellos no imaginaban que ese tipo de organismos podría vivir allí.



Figura 4-2-1. Embudos Berlese y montaje para captura de artrópodos del suelo.



Figura 4-2-2. Fotografías de algunos organismos capturados con el embudo Berlese



Figura 4-2-3. Representaciones de microartrópodos observados por los estudiantes.

Se les indicó a los estudiantes la importancia de realizar dibujos detallados, pues comunicaban lo que estaban observando (Figura 4-2-3). Esto causó dificultad para algunos de ellos pues sus dibujos carecían de detalles, lo cual hacía que sus representaciones no fueran muy fieles de lo que estaban observando. Sin embargo, todos se mostraron motivados para dibujar los resultados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que reconocer detalles es una habilidad de orden medio, la que posteriormente será objeto de la formación.

Los estudiantes compartieron la información consultada en casa sobre los organismos del suelo y su importancia mencionando aspectos como: a) Descomponen materia orgánica b) Permiten la rotación de nutrientes en el suelo c) Dan información sobre la calidad del suelo d) Contribuyen en la porosidad del suelo.

En las presentaciones sobre los artículos referentes a problemáticas de los suelos en Colombia y el mundo (anexo C); la mayoría de grupos describieron con claridad la situación planteada en el artículo, realizaron reflexiones pertinentes con relación a las causas y consecuencias del problema y se mostraron participativos durante las presentaciones de otros compañeros.

Finalmente, la actividad de indagación propuesta como evaluación para la tercera sesión, permitió aplicar los conceptos trabajados, plantear hipótesis y proponer experimentos para probarlas.

### 4.3 Resultados pruebas pre-test y pos-test

En la figura 4-4 se compararon los porcentajes de respuestas correctas para cada pregunta en la prueba pre-test y pos-test. En general, los resultados muestran que en las 14 preguntas de selección múltiple hubo un incremento en el porcentaje de estudiantes con la respuesta acertada. Sin embargo, en las preguntas 4, 6 y 11 la diferencia fue mayor indicando que hubo mayor apropiación de los conceptos: a) La relación de organismos que compiten por los mismos recursos b) La influencia de factores externos en los organismos c) Las relaciones de obtención de energía en una red trófica.

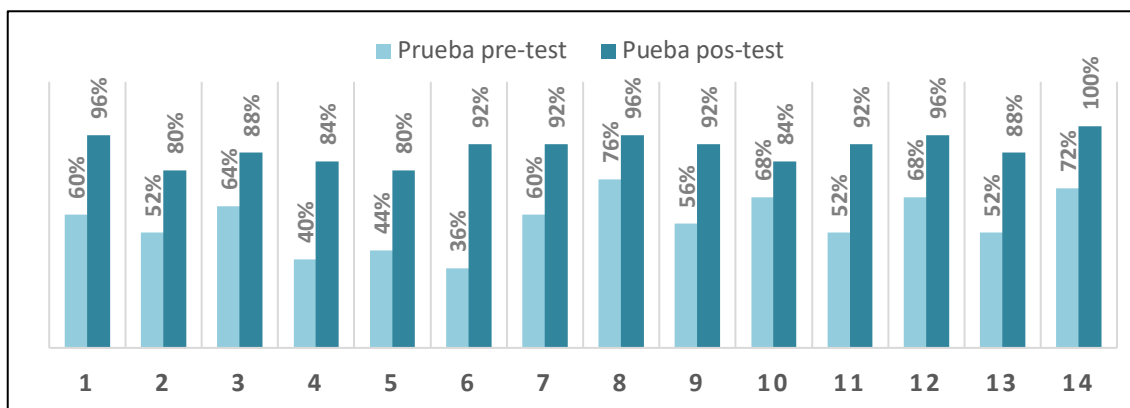


Figura 4-4. Comparación de porcentaje de respuestas correctas para el pre-test y pos-test.

En la pregunta de comparación entre descomponedores y consumidores (pregunta 2), el porcentaje obtenido no superó el 80% de los estudiantes. Sin embargo, en la pregunta 12, en la cual se pregunta sobre la fuente de energía de las bacterias, se obtuvo un 96% de respuestas correctas, indicando que sí hay claridad en la función de los descomponedores en el ecosistema. Por lo tanto, la dificultad posiblemente se evidenció en la habilidad de comparación de la pregunta. Así mismo, la pregunta 5, donde se indagaba sobre la restauración de un lugar, se obtuvo un bajo porcentaje (80% en la prueba pos-test), pero aun así duplicó el resultado de la prueba pre-test (44%).

Para responder las preguntas abiertas 15 y 16, donde se indagaba sobre los factores ambientales que afectan el crecimiento de un organismo y las similitudes entre el ecosistema del colegio con otros ecosistemas, los estudiantes emplearon un lenguaje más acertado, mencionando los

conceptos aprendidos durante las actividades. Además, hubo una mejor ejemplificación y argumentación. Las preguntas 17 y 18, sobre cambios físicos y químicos de la materia, no se trabajaron a profundidad en la estrategia didáctica propuesta, por lo que era de esperar que las respuestas no fueran tan acertadas.

Tabla 4-3. Prueba t-student para muestras relacionadas

	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
<b>Media</b>	8.28	11.08
<b>Varianza</b>	7.043	2.327
<b>Grados de libertad</b>	24	24
<b>T Stat</b>	-7.1506	
<b>P(t&lt;=t) dos colas</b>	0.00000022	
<b>T critico dos colas</b>	2.064	

Según el resultado de la prueba estadística T para muestras relacionadas (Tabla 4-3) se obtuvo que hubo diferencias en las medias para la prueba pre-test y pos-test, con valores de 8.28 y 11.08 respectivamente. Lo anterior indica que los estudiantes mejoraron en la selección de respuestas correctas después de desarrollar las actividades propuestas. Adicionalmente, la varianza en la prueba post-test fue mucho menor que la prueba pre-test mostrando una alta homogeneidad en el desempeño de la población evaluada y mejoría en la comprensión de los conceptos estudiados. Finalmente, la prueba estadística arrojó que la diferencias en las medias de las pruebas son significativas, ya que el valor p (0.00000022) es menor que el nivel de significancia escogido (0.05).

---

## 5. Conclusiones

- La estrategia didáctica propuesta para la enseñanza de conceptos relacionados con la estructura y función de los ecosistemas fue efectiva y exitosa en cuando se observaron diferencias significativas en las pruebas de evaluación.
- La estrategia didáctica propuesta permitió abordar procesos biológicos, físicos y químicos de un ecosistema integrando así tres áreas de las ciencias naturales que en ocasiones se fragmentan en la educación. Esto es fundamental, cuando la comprensión de la naturaleza y la resolución de problemas se debe abordar de manera holística.
- Los estudiantes lograron consolidar algunos saberes adquiridos en la primaria sobre los ecosistemas y aplicarlos en un ecosistema cercano a ellos, como el bosque de su colegio. Sin embargo, persistieron algunas dificultades en un porcentaje bajo de estudiantes que sería interesante analizar en un futuro estudio.
- Aunque el análisis ambiental y los factores antrópicos que afectan los ecosistemas terrestres no estaban implícitos en los objetivos del trabajo de grado, fue necesario incluirlo en la estrategia didáctica, a raíz de la inquietud de los estudiantes sobre esta problemática. Es interesante ver que la juventud se preocupa por los recursos naturales, por lo que el docente debe ofrecer espacios de discusión que incluyan los intereses de los estudiantes.
- El uso de diferentes espacios para desarrollar las actividades como el trabajo *in situ*, laboratorio, salón de clase, así como herramientas informáticas (videos, animaciones, programas informáticos) permite acceder a toda la población en un proceso de aprendizaje y apoya a las diversas formas de aprender y motivarse frente al conocimiento. Así mismo, el docente es fundamental en direccionar los intereses de los estudiantes, generando la curiosidad y el cuestionamiento continuo sobre los fenómenos naturales.

## 6. Recomendaciones

- El estudio de los ecosistemas con los estudiantes se puede realizar con docentes de otras áreas académicas, donde se comprendan los conceptos propios de la ciencia, pero también las implicaciones culturales, sociales, religiosas y éticas que implica el uso de los recursos.
- En las estrategias didácticas propuestas para el estudio de los ecosistemas, debe estar implícito el papel del hombre en las dinámicas que allí ocurren, teniendo en cuenta principalmente las relaciones benéficas que pueden existir y evitando la mirada desesperanzadora de los recursos en extinción.
- Continuar proponiendo e implementando metodologías que fomenten el aprendizaje significativo en los estudiantes y que estén ligados al contexto cercano de los mismos. Estos deberían participar más activamente en sus procesos, de tal manera que el docente se convierta en acompañante y guía para lograr los objetivos propuestos.

---

## Referencias

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. and Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), pp.397-419.
- Agranovich, S. y Ben-Zvi Assaraf, O. (2013). What Makes Children Like Learning Science? An Examination of the Attitudes of Primary School Students towards Science Lessons. *Journal of Education and Learning*, 2(1).
- Allee, W. C., Park, O., Emerson, A. E., Park, T., & Schmidt, K. P. (1949). Principles of animal ecology (No. 591.5/A422). Philadelphia: WB Saunders.
- Amaya, C. (2005). El ecosistema urbano: simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. *Revista forestal latinoamericana*, 37, 1-16.
- Anderhag, P., Wickman, P., Bergqvist, K., Jakobson, B., Hamza, K. And Säljö, R. (2016). Why Do Secondary School Students Lose Their Interest in Science? Or Does it Never Emerge? A Possible and Overlooked Explanation. *Science Education*, 100(5), pp.791-813.
- Armenteras, D., González, T.M., Vergara, L.K., Luque, F.J., Rodríguez, N., Bonilla, M.A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas* 25(1): 83-89. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.12
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems*. Malden, MA: Blackwell Pub.
- Benson, K. (2000). The emergence of ecology from natural history. *Endeavour*, 24(2), pp.59-62.
- von Bertalanffy, L. (1955). *General Systems Theory. Main Currents in Modern Thought*, 71, 75, New Rochelle, NY
- Bertoglio, O. J. (1993). *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. México, D.F.: Limusa.
- Blomberg, B. y Montagna, P. (2014). Meta-analysis of Ecopath models reveals secondary productivity patterns across the Gulf of Mexico. *Ocean Coast. Manag.*, 100, pp. 32–40

- 
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2), 293-301.
- Bramwell, A. (1990). *Ecology in the twentieth century: a history*. Yale University Press. New Haven.
- Brown, J. H., Mehlman, D. W., & Stevens, G. C. (1995). Spatial variation in abundance. *Ecology*, 76(7), 2028-2043.
- Carrizosa, J y Hernández J I, (1990). *Selva y futuro*. Editorial El Sello. Colombia, p. 213
- Castro-Cuéllar, A. de, Cruz-Burgete, J.L. & Ruiz-Montoya, L. (2009). Educar con ética y valores ambientales para conservar la naturaleza. *Convergencia*. Vol. 16 No. 50: 353-3482.
- Cerón, L. y Aristizábal, F. (2018). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, [online] XIV(1), pp.285 - 295. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012334752012000100026&lng=en&tlng=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012334752012000100026&lng=en&tlng=) [Accessed 31 Mar. 2018].
- CDB 2004. Enfoque por ecosistemas. (Directrices del CDB). Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal, Canadá. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-es.pdf>.
- COC - Comisión Colombiana del Océano (2015) 'Mapa Esquemático de Colombia'. Tomado de <http://www.cco.gov.co/mapa-esquematico.html>
- Currie, W.S. (2011). Units of nature or processes across scales? The ecosystem concept at age 75. *New Phytologist* 190: 21-34.
- Daily, G. (1997). *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press. Washington DC. pp 15.
- de Viana, M.L., R. Cornejo y M. Quintana (2000). Selección de trabajos X Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia. Pio García, Sergio Menna y Victor Rodríguez. Vol 7: 111-117.
- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J., Gómez-Baggethun, E., Nowak, D., Kronenberg, J. and de Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, pp.101-108.

- 
- Elton, C. S. (1927). *Animal ecology*. University of Chicago Press. Chicago.
- Egerton, F. N. (2013). History of ecological sciences, part 47: Ernst Haeckel's ecology. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 94(3), 222-244.
- Espinoza, M., Maier, J., & Gómez Mendieta, M. (2015). Colombia hacia un proceso educativo emocionalmente inteligente: reto y necesidad.
- Fischlin, A., Midgley, G. F., Hughs, L., Price, J., Leemans, R., Gopal, B., ... & Velichko, A. (2007). Ecosystems, their properties, goods and services. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, eds Parry ML, et al. (Cambridge Univ Press, Cambridge, UK), pp 211–272.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. [online] Available at: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/> [Accessed 16 Oct. 2017].
- Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista iberoamericana de educación*, 42(5).
- Garritz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación Química*, 21(2), pp.106-110.
- Gignoux, J., Davies, I. D., Flint, S. R., & Zucker, J. D. (2011). The Ecosystem in Practice: Interest and Problems of an Old Definition for Constructing Ecological Models. *Ecosystems*, 14, 1039-1054.
- Gill, S., Handley, J., Ennos, A. and Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33(1), pp.115-133.
- Golley, F. (1994). *A History of the Ecosystem Concept in Ecology. More than the Sum of its Parts*. Yale University Press. London.
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P., Andersson, E., Hamstead, Z. and Kremer, P. (2018). *Urban ecosystem services*. 1st ed. Dordrecht: Springer.
- Hagen, J. B. (1992). *An entangled bank: the origins of ecosystem ecology*. Rutgers University Press.
- Harlen, W., Qualter, A. (2009). *The Teaching of Science in Primary Schools*. London: David Fulton.

- 
- Harlen, W. (2011). Aprendizaje y enseñanza deficiencias basados en la indagación. *Mejoramiento escolar en acción*, 33.
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica*. Trieste: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).
- Higgins, S., Buitenwerf, R. y Moncrieff, G. (2016). Defining functional biomes and monitoring their change globally. *Global Change Biology*, 22(11), pp.3583-3593.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 4(1), 1-23.
- IAP. (Inter Academy Panel on International Issues) (2010). *International Conference: Taking Inquiry-Based Science Education into the Secondary School*. Report available at: [www.interacademies.net/File.aspx?id=15174](http://www.interacademies.net/File.aspx?id=15174)
- Jørgensen, S., Patten, B. and Straškraba, M. (1992). Ecosystems emerging: toward an ecology of complex systems in a complex future. *Ecological Modelling*, 62(1-3), pp.1-27.
- Jørgensen, S. E., & Fath, B. D. (2004). Application of thermodynamic principles in ecology. *Ecological complexity*, 1(4), 267-280.
- Levin, S. (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adaptative systems. *Ecosystems* 1: 431-436.
- Leyva P. *El medio ambiente en Colombia*. 2.a ed. Bogotá, D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; 2001.
- Lindeman, R. (1942). The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23: 399-418.
- Litterer, J. (1969). *Organizations: Systems, Control and Application*, John Wiley, New York.
- Logan, M. y Skamp, K. (2007). Engaging Students in Science Across the Primary Secondary Interface: Listening to the Students' Voice. *Research in Science Education*, 38(4), pp.501-527.
- Lyons, T. (2006). The puzzle of falling enrolments in physics and chemistry courses: Putting some pieces together. *Research in Science Education*, 36(3), 285 – 311.
- Márquez, G. (1996). Biodiversidad marina: aproximación con referencia al Caribe. En: *Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental*. Fondo FEN Colombia. Bogotá. 67-102pp

- 
- Más, C. F. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Educación química*, 17(1), 222-227.
- Mauerhofer, V. (2017). The law, ecosystem services and ecosystem functions: An in-depth overview of coverage and interrelation. *Ecosystem Services*, 29, pp.190 – 198.
- McCree, K.J., (1972). The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agricultural Meteorology*, 9, 191–216.
- McIntosh, R. P. (1986). *The background of ecology: concept and theory*. Cambridge University Press.
- MDAS - Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014) 'Colombia, país de Corales'. Tomado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/2-noticias/1530-minambiente-hace-un-llamado-por-la-recuperacion-de-los-arrecifes-de-coral>
- Mendoza, K. H., & Ballesteros, R. R. (2014). El clima escolar como elemento fundamental de la convivencia en la escuela. *Escenarios*, 12(2), 7-18.
- Minner, D., Levy, A. and Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), pp.474-496.
- Moreno Flores, O. (2007). *Agricultura Urbana: Nuevas Estrategias de Integración Social y Recuperación Ambiental en la Ciudad*.
- National Research Council (NRC) (1996). *National Science Educational Standards*. Washington. National Academy Press. pp 175-176.
- Odum, E. (1953). *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia, Estados Unidos.
- Odum, E. (1971). *Fundamentals of ecology*, (3rd ed.). W.B. Saunders. Philadelphia, Estados Unidos.
- Odum, E. (1983) *Basic Ecology*. CBS College Publishing, New York.
- Pearl, R., & Reed, L. J. (1930). The logistic curve and the census count of 1930. *Science*, 72(1868), 399-401.

- 
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L., de Jong, T., van Riesen, S., Kamp, E., Manoli, C., Zacharia, Z. and Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, pp.47-61.
- Pérez, M. R., Fernández, C. G., & Sayer, J. A. (2007). Los servicios ambientales de los bosques. *Revista Ecosistemas*, 16(3).
- Perry, D., Oren, R. and Hart, S. (2008). *Forest ecosystems*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. pp 32-36.
- Pessaraki, M. (2005). *Handbook of photosynthesis*. Second Edition. Taylor and Francis Group. Arizona, USA.
- Pickett, S., Cadenasso, M., Grove, J., Nilon, C., Pouyat, R., Zipperer, W. and Costanza, R. (2001). Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1), pp.127-157.
- Pickett, S. T., Cadenasso M. L. (2002). The Ecosystem as a Multidimensional Concept: Meaning, Model, and Metaphor. *Ecosystems* 5: 1-10.
- Ramaley, F. (1940). *The Growth of a Science*. University of Colorado Studies, General Series A, 26, 3-14.
- Ramos, E., Alcocer, J., Ortega, E. and Camacho, A. (2018). Nitrógeno: elemento limitante para el crecimiento fitoplanctónico en un lago oligotrófico tropical. *Hidrobiológica*, 18(1), pp.105-113.
- Rangel, J. O., Lowy, P., & Aguilar, M. (1997). *Colombia diversidad biótica II: tipos de vegetación en Colombia*. La distribución de los tipos de vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente, Colombia.
- Rengifo, Quitiaquez y Mora (2012). La educación ambiental una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. Ponencia publicada en el XII Coloquio internacional de Geocrítica. Colombia. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/coloquio2012/actas/06-B-Rengifo.pdf>
- Rojero, F. (1999). Entender la organización. Aspectos didácticos del estudio de los ecosistemas. *Alambique*, 20, pp. 55-64.

- 
- Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J., Folke, C. and Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413(6856), pp.591-596.
- Schmitz, O., Raymond, P., Estes, J., Kurz, W., Holtgrieve, G., Ritchie, M., Schindler, D., Spivak, A., Wilson, R., Bradford, M., Christensen, V., Deegan, L., Smetacek, V., Vanni, M. and Wilmers, C. (2013). Animating the Carbon Cycle. *Ecosystems*, 17(2), pp.344-359.
- Schowalter, T. (2011). Ecosystem Structure and Function. *Insect Ecology*, pp.327-358.
- Sears, P. B. (1964) The Quiet Crisis. *Natural Resources Journal*, 4 (2), 440-442.
- SIAC - Sistema de Información Ambiental de Colombia. (2018). 'Ecosistemas'. Tomado de <http://www.siac.gov.co/ecosistemas>
- Smith, C., Deleo, F., Bernardino, A., Sweetman, A. and Arbizu, P. (2008). Abyssal food limitation, ecosystem structure and climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(9), pp.518-528.
- SOGEOCOL - Sociedad Geográfica de Colombia – Ministerio de Educación de Colombia (2016). 'Conformación Limítrofe de Colombia'. Tomado de [https://sogeocol.edu.co/Ova/fronteras\\_colombia/definicion/limites\\_conformacion\\_maritimos.html](https://sogeocol.edu.co/Ova/fronteras_colombia/definicion/limites_conformacion_maritimos.html)
- Stein, L. y Klotz, M. (2016). The nitrogen cycle. *Current Biology*, 26(3), pp. R94-R98.
- Sutton-Grier, A., Kenney, M. and Richardson, C. (2010). Examining the relationship between ecosystem structure and function using structural equation modelling: A case study examining denitrification potential in restored wetland soils. *Ecological Modelling*, 221(5), pp.761-768.
- Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3), 284-307.
- Tansley, A. (1987). What is Ecology?. *Biological Journal of the Linnean Society*, 32(1), 5-16. Originalmente publicado en 1951 como un volante informativo del Consejo para la Promoción de Estudios de Campo en Inglaterra.
- Tapia, J. A. (2005). Motivación para el aprendizaje: la perspectiva de los alumnos. *La orientación escolar en centros educativos*, 209-242.
- Terradas, J., Franquesa, T., Parés, M., & Chaparro, L. (2011). *Ecología urbana*. Revista Investigación y tecnología.

- Thamdrup, B. (2012). New Pathways and Processes in the Global Nitrogen Cycle. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 43(1), pp.407-428.
- Tytler, R. y Osborne, J. (2012). Student Attitudes and Aspirations Towards Science. In: B. Fraser, K. Tobin and C. McRobbie, ed., *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Springer.
- Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., Fiorito, E., Miles, M.A., Zelson, M., (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *J. Environ. Psychol.* 11, 201–230.
- UNESCO (2014). Hoja de Ruta para la Ejecución del Programa de Acción Mundial de Educación para el Desarrollo Sostenible. Francia. Pp 3-39.
- Ungvarsky, J. (2017). Inquiry-based learning. *Salem Press Encyclopedia*.
- Vallentyne, J. R. (1981). Origin of the proposal for the World Decade of the Biosphere, 1982–1992. *Environmentalist*, 1(3), 244-246.
- Valverde, T., Meave, J., Carabias, J., Cano, Z. (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. Pearson Education. México.
- Vivas-García, M. (2003). La educación emocional: conceptos fundamentales. *Sapiens. Revista universitaria de investigación*, 4(2).
- Walker, P. y Wood, E. (2010). *Ecology experiments*. New York: Facts On File.
- Willis, A.J. 1997. The ecosystem: An evolving concept viewed historically. *Functional Ecology* 11:268-271.
- Worster, D. (1994). *Nature's economy: a history of ecological ideas*. Cambridge University Press.
- Zeller, E. (2014). *Outlines of the history of Greek philosophy (Vol. 10)*. London: Routledge.
- Zhen, S. y Van Iersel, M. W. (2017) Far-red light is needed for efficient photochemistry and photosynthesis. *J Plant Physiol* 209:115–122.

