UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

El concepto de simbiosis desde la relación entre hongos formadores de micorrizas y raíces de las plantas: estrategia teórico práctica para grado quinto

Jenni Marcela Ochoa Sánchez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, Colombia
2020

El concepto de simbiosis desde la relación entre hongos formadores de micorrizas y raíces de las plantas: estrategia teórico práctica para grado quinto

Jenni Marcela Ochoa Sánchez

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

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Directora

Olga L. Montenegro, Ph.D.

Profesora Asociada

Instituto de Ciencias Naturales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2020

Dedicatoria

Por su profundo amor, dedicación y confianza, porque siempre he recibido de sus manos todo lo mejor, este logro también es de ustedes… mis amados padres.

Porque fuiste tú quien me motivo a iniciar este camino, porque en cada triunfo siempre estarás en mi alma... mi angelito hermoso.

Ustedes con cada palabra me impulsaron a seguir luchando, con el aliento que me daba su gran ejemplo… mis hermanos.

Agradecimientos

La fortaleza que alentó mi camino y la oportunidad de hacer realidad uno de mis grandes sueños, estudiar en la Universidad Nacional de Colombia, me hicieron ver todas las bendiciones que Dios puso en mi camino y que hicieron posible finalizar este proyecto.

Son muchos los que desean, pero pocos los que tienen el orgullo de formarse en la Universidad Nacional de Colombia, centro de conocimiento y enriquecimiento cultural. Por esa grandiosa posibilidad, manifiesto a la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales mi reconocimiento por el aprendizaje en cada una de las asignaturas y por trabajar en favor de la educación y la formación de los maestros. De la misma manera, expreso mi admiración a los docentes de la maestría, quienes son realmente ejemplo y motivación para sus estudiantes, en especial a la docente Martha Orozco de Amezquita, quien oriento y realizó importantes aportes a mi propuesta de investigación; a la docente Jimena Sánchez por su disposición al despejar las inquietudes de la parte experimental y realizar valiosas sugerencias; a la docente Luz Marina Melgarejo y al señor Luis Fernando Jiménez, auxiliar del laboratorio de fisiología vegetal, quienes oportunamente nos facilitaron el espacio y los instrumentos. Conservaré con profundo aprecio las enseñanzas, el compromiso, la paciencia y la humildad de mi directora, profesora Olga Lucia Montenegro, no son suficientes las palabras para alguien que fue un verdadero ejemplo para mi vida en el aspecto académico, profesional y personal, que la vida y Dios continúen guiando tu camino.

Como docente en el Colegio La Palestina I.E.D. comprendí que son muchos los obstáculos que se presentan en la práctica docente, que afortunadamente se pueden superar con los esfuerzos de directivos y colegas, razón por la cual, reconozco el compromiso del rector de la institución con el bienestar de la comunidad educativa y agradezco la gestión para el desarrollo de mi proyecto. A mis brillantes estudiantes de grado 502, quiero asegurarles que su participación me aportó muchas estrategias y conocimientos, agradezco su respuesta positiva y proactiva a cada actividad y por motivar en mí las ganas de hacer lo mejor por su educación.

Sin importar el momento o la circunstancia, debo reconocer que jamás recibí de su parte una negativa. Por ese apoyo y dedicación, por la paciencia ante todos los instantes que dejamos de compartir, quiero expresarles a mis padres mi más sincero sentimiento de gratitud, amor y pedirles que jamás suelten mi mano. Todos mis triunfos siempre tendrán dedicación exclusiva para ustedes.

Fueron diversas las circunstancias que me hicieron confirmar que la colaboración y el soporte de una sincera amistad logran desvanecer toda tempestad, a mis grandes amigos Julio Cesar y Mónica les ratifico que de su mano vendrán muchos éxitos y logros por festejar.

Resumen

En este trabajo se identificaron las ideas y concepciones de estudiantes de grado quinto sobre los microorganismos, las partes de las plantas y las relaciones en los ecosistemas, para diseñar e implementar las secuencias didácticas, soportadas en el modelo pedagógico de investigación – acción. La propuesta fue desarrollada con estudiantes del colegio La Palestina I.E.D., de la localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá, Colombia. Se plantearon cuatro secuencias didácticas, cada una con actividades de apertura, desarrollo y cierre, que comprendieron tareas en el aula, laboratorio y/o campo, así como sesiones en casa con apoyo de los padres de familia. Se realizó un ensayo con plántulas de zanahoria, perejil, manzanilla y caléndula, que fueron inoculadas con micorrizas comerciales y otras plántulas de las mismas especies que se utilizaron como control. Los estudiantes hicieron el seguimiento de las plántulas y lograron determinar que la relación simbiótica entre las micorrizas y las raíces de las plántulas fue benéfica para todas las especies trabajadas, examinando variables como número de hojas totales, longitud total de la plántula, peso fresco y peso seco. Finalmente, se realizó la tinción y observación microscópica de las raíces inoculadas con micorrizas. De esta manera, los niños cambiaron la concepción negativa sobre los microorganismos y empezaron a relacionarlos con procesos de vital importancia en los ecosistemas, al tiempo que comprendieron de forma significativa el concepto de simbiosis.

Palabras clave: mutualismo, investigación-acción, experimentación en ciencias naturales, enseñanza de ciencias en primaria.

Abstract

This paper identified the ideas and conceptions of fifth-grade students on microorganisms, plant parts and relationships in ecosystems, to design and implement didactic sequences, supported by the pedagogical model of action research. The proposal was developed with students from the school La Palestina I.E.D., from the town of Engativá in the city of Bogotá, Colombia. Four teaching sequences were proposed, each with opening, development and closing activities, which included tasks in the classroom, laboratory and/or field, as well as home sessions with the support of parents. A test was performed with carrot, parsley, chamomile and marigold seedlings, which were inoculated with commercial mycorrhizae and other seedlings of the same species that were used as control. The students followed the seedlings and were able to determine that the symbiotic relationship between the mycorrhizae and the roots of the seedlings was beneficial for all the species worked, examining variables such as number of total leaves, total length of seedling, fresh weight and dry weight. Finally, the roots inoculated with mycorrhizae were stained and microscopically observed. In this way, children changed the negative conception of micro-organisms and began to relate them to processes of vital importance in ecosystems, while understanding the concept of symbiosis in a significant way.

Keywords: mutualism, action research, experimentation in natural sciences, science teaching in primary education.

Contenido

Dedicatoria V

Agradecimientos VII

Resumen IX

Abstract X

Lista de figuras XIII

Lista de tablas XVII

Introducción general 1

1. Conceptos y definiciones que sustentan la propuesta teórico práctica 3
1.1 Los microorganismos y su relación con los ecosistemas 3
1.1.1 Ecología microbiana y microbiota del suelo 4
1.1.2 Generalidades de los hongos 5
1.1.3 Características de los hongos formadores de micorrizas 8
1.2 Relaciones en los ecosistemas 13
1.2.1 Relaciones intraespecíficas 13
1.2.2 Relaciones interespecíficas 14
1.3 Epistemología del concepto de simbiosis y su relación con las micorrizas 19
1.4 Componente didáctico y modelo pedagógico 21
1.4.1 Secuencias didácticas 21
1.4.2 Trabajo practico en la enseñanza de las ciencias 22
1.4.3 Competencias científicas 22
1.4.4 Modelos mentales 22
1.4.4.1 Modelos mentales sobre los microorganismos en la enseñanza de las ciencias 23
1.4.5 Modelo de Investigación – Acción (I-A) 24

2. Diseño, aplicación y análisis de la propuesta teórico práctica 25
2.1. Diagnóstico 26
2.1.1. Aplicación y análisis del diagnóstico 26
2.2. Secuencia didáctica 1: La planta, gran universo 31
2.3. Secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 33
2.3.1. Introducción 33

2.3.2. Diseño de la secuencia didáctica 33
2.3.3. Aplicación y análisis de la secuencia didáctica.....33
2.4. Secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos 43
2.4.1. Introducción 43
2.4.2. Diseño de la secuencia didáctica 43
2.4.3. Aplicación y análisis de la secuencia didáctica.....44
2.5. Secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 47
2.5.1. Introducción 47
2.5.2. Diseño de la secuencia didáctica 47
2.5.3. Aplicación y análisis de la secuencia didáctica.....48
3. Conclusiones y recomendaciones 61
3.1. Conclusiones.....61
3.2. Recomendaciones 62
Anexos.....63

Bibliografía 83

Lista de figuras

Figura 2-1. Etapas y componentes de la ruta metodológica que se siguió en el desarrollo de la propuesta teórico práctica 25

Figura 2-2. Estudiantes del curso 502 respondiendo el taller diagnóstico sobe los conceptos previos 26

Figura 2-3. Frecuencias de respuestas de los estudiantes a la primera pregunta del taller diagnóstico de relaciones en los ecosistemas 27

Figura 2-4. Ejemplos de respuestas a la segunda pregunta del taller diagnóstico sobre relaciones en los ecosistemas 27

Figura 2-5. Ejemplos de respuestas de los estudiantes a la tercera pregunta del taller diagnóstico sobre partes y funciones de la planta 28

Figura 2-6. Ejemplo de respuesta a la cuarta pregunta del taller diagnóstico sobre las funciones de la raíz de la planta 28

Figura 2-7. Ejemplo de respuestas a la sexta pregunta (literales a, b, c y d) del taller diagnóstico sobre generalidades de los microorganismos 29

Figura 2-8. Socialización con los estudiantes del taller diagnostico orientada por la docente 30

Figura 2-9. Estudiantes resolviendo la guia de trabajo en clase de la secuncia didactica 1: La planta, gran universo 32

Figura 2-10. Respuestas a la primera pregunta de la guía de trabajo en clase de la secuencia didáctica 1: La planta, gran universo 32

Figura 2-11. Ejemplos de respuestas al cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 34

Figura 2-12. Socialización con los estudiantes del cuestionario inicial de la secuencia didactica 2: Nuestros seres ocultos 35

Figura 2-13. Apuntes en el tablero de la socialización del cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 36

Figura 2-14. Estudiantes resolviendo el juego de concentración planteado en la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 36

Figura 2-15. Respuestas a la primera parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 37

Figura 2-16. Estudiantes resolviendo la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 38

Figura 2-17. Estudiantes repitiendo la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 39

Figura 2-18. Corrección de las respuestas a la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 39

Figura 2-19. Ficha de estudio elaborada por los estudiantes sobre los conceptos repasados en la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 40

Figura 2-20. Evaluación presentados por los estudiantes para evaluar los conceptos de la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 40

Figura 2-21. Proyección y explicación del video por parte del docente de la ultima parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 41

Figura 2-22. Imagen destacada y trabajada con los estudiantes en la ultima parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 41

Figura 2-23. Corrección de las respuestas a la última parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 42

Figura 2-24. Evaluación presentado por los estudiantes para evaluar los conceptos de la ultima parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos 42

Figura 2-25. Ejemplos de respuestas a la guía de la actividad de apertura de la secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos 44

Figura 2-26. Explicación realizada por el docente previo al desarrollo de la guia de actividad en clase de la secuencia didactica 3: Aliados silenciosos 45

Figura 2-27. Estudiantes resolviendo la guía de actividad en clase de la secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos 46

Figura 2-28. Respuestas a la guía de la actividad en clase de la secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos 46

Figura 2-29. Muestras de suelo y arena listas para autoclavar en el laboratorio de la Universidad El Bosque 48

Figura 2-30. Mezcla de suelo y arena esterilizados en el recipiente de almacenamiento 48

Figura 2-31. Estudiantes adicionando la mezcla de suelo y arena a los vasos donde se sembraron las plántulas, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 49

Figura 2-32. Estudiantes añadiendo las micorrizas comerciales a la mezcla de suelo y arena, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 49

Figura 2-33. Estudiantes ubicando las plántulas en cada uno de los vasos, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 50

Figura 2-34. Estudiantes rotulando sus tratamientos, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 50

Figura 2-35. Plántulas sembradas e inoculadas y plántulas control, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 50

Figura 2-36. Estudiante realizando el riego periódico a las plántulas, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 51

Figura 2-37. Estudiantes realizando el segumiento de sus plántulas y registrando sus observaciones según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 52

Figura 2-38. Comparación de las plántulas inoculadas con las micorrizas (vasos azules) con las no inoculadas (vasos rojos), según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 53

Figura 2-39. Extracción y limpieza de las plántulas, según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 53

Figura 2-40. Plántulas de caléndula, perejil liso y zanahoria con micorrizas y control (sin micorrizas) 54

Figura 2-41. Observaciones de las raíces sin tinción de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 55

Figura 2-42. Estudiantes desarrollando el protocolo de tinción de las raíces según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4. Los científicos somos nosotros 56

Figura 2-43. Observaciones al microscopio de las raíces con tinción en objetivo de 100x según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 56

Figura 2-44. Ejemplo de definiciones del concepto de simbiosis dadas por los estudiantes en la evaluación final 58

Figura 2-45. Resultados de las respuestas de los estudiantes en el diagnóstico y en la evaluación final 59

Lista de tablas

Tabla 1-1. Polímeros de la pared celular de los hongos según su grupo taxonómico (tomado de Stanchi, *et al*., 2007) 6

Tabla 1-2. Elementos y compuestos utilizados por los hongos con sus respectivas funciones (Stanchi, *et al*., 2007), con adaptación propia 7

Tabla 1-3. Diferencias entre las Micorrizas Arbusculares (MA) y las Ectomicorrizas. Blanco y Salas, (1997) con adaptación propia 9

Tabla 1-4. Clasificación de las relaciones intra e interespecíficas en los ecosistemas 13

Tabla 2-1. Frecuencias de respuestas de los estudiantes a las preguntas a, b, c y d del numeral 6 del taller diagnóstico sobre generalidades de los microorganismos 30

Tabla 2-2. Frecuencias de las formas de respuesta de los estudiantes al cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos..... 34

Tabla 2-3. Respuestas al cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos..... 34

Tabla 2-4. Registro y seguimiento inicial para la longitud de las plántulas 51

Tabla 2-5. Registro y seguimiento inicial para el número de hojas de las plántulas 51

Tabla 2-6. Registro y seguimiento final de las plántulas, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros..... 52

Tabla 2-7. Registros de las variables registradas por los estudiantes de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 54

Tabla 2-8. Registro de los datos de peso fresco y peso seco en los dos tratamientos de acuerdo a la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros 57

Introducción general

En Colombia, los estándares básicos de competencias en ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional (MEN) establecen para grado quinto los siguientes referentes con respecto al tópico de ecosistemas y sus relaciones: identifico las adaptaciones de los seres vivos teniendo en cuenta las características de los ecosistemas en que viven y clasifico los seres vivos en diversos grupos taxonómicos (plantas, animales, microorganismos) (MEN, 2004). Por su parte, los derechos básicos de aprendizaje en ciencias naturales refuerzan estos criterios al mencionar que un estudiante desde grado tercero interpreta las relaciones de competencia, territorialidad, gregarismo, depredación, parasitismo, comensalismo, amensalismo y mutualismo, como esenciales para la supervivencia de los organismos en un ecosistema, dando ejemplos (MEN, 2016).

En la experiencia con los estudiantes de grado quinto del Colegio La Palestina I.E.D. he identificado falencias con respecto a los lineamientos mencionados anteriormente, ya que al abordar el tema de relaciones en los ecosistemas, específicamente la simbiosis y ejemplificarla con los hongos formadores de micorrizas, evidencié que los niños visualizaban los microorganismos como un aspecto negativo, haciendo referencia a las enfermedades que producen y alteran la piel; a las industrias alimenticias que constantemente utilizan conservantes para que los productos a largo plazo no sufran alteraciones; a la controversia que ha suscitado el uso de parabenos como componente antifúngico en los productos de aseo personal, belleza y cosméticos.

Con respecto a esta situación Johnson, *et al*, (2009) dicen que los seres humanos interactúan a diario con los hongos en los alimentos, los medicamentos, los detergentes de limpieza, pero indiscutiblemente son un tema oscuro y misterioso, porque los planes de estudio de biología en los colegios abordan los microorganismos a partir de las bacterias, sin mencionar los hogos, por ello, motivan a los maestros a realizar actividades en el aula que los involucren, y que sean alcanzables desde el punto de vista logístico y económico. En su experiencia con el uso de hongos formadores de micorrizas y seis especies diferentes de plantas evidenciaron que la simbiosis micorrizica conecta temas relativamente desconocidos (micorrizas y simbiosis) con temas que los estudiantes están más familiarizados (las plantas y el suelo).

Con estas condiciones y teniendo de manifiesto la importancia que representan las prácticas de laboratorio y campo para los estudiantes, es relevante mencionar que en el colegio La Palestina I.E.D, ubicado en la localidad de Engativá, se implementó la jornada única desde el 2016 con el objetivo de fortalecer la intensidad y el desempeño de los estudiantes en las áreas básicas como ciencias naturales. Sin embargo, el colegio no cuenta con un laboratorio ni espacios para el desarrollo óptimo de prácticas, razón por la cual, como docente debo diseñar y aplicar estrategias que me permitan generar un aprendizaje significativo con los estudiantes a partir de herramientas de fácil acceso o elementos que ellos puedan llevar de casa.

En este contexto, para vencer las barreras económicas y de bioseguridad en el trabajo con hongos formadores de micorrizas en las prácticas educativas Vierheilig, *et al,* (1998) proponen una técnica para observar estos microorganismos con el uso de tinta y vinagre para la decoloración y tinción e hidróxido de potasio (KOH) para la limpieza de las raíces. Argumentan que el método proporciona una técnica simple y segura con compuestos fácilmente obtenibles; de bajo costo, lo que podría estimular la investigación en este campo ya que los productos químicos utilizados son no tóxicos y con algunas precauciones menores, pueden ser adecuados para el trabajo con estudiantes.

Por ello, se plantea la siguiente pregunta problema ¿Cuál estrategia utilizar para el aprendizaje y la comprensión del concepto de simbiosis a partir de la relación entre los hongos formadores de micorrizas y las raíces de las plantas con los estudiantes de grado quinto del colegio La Palestina I.E.D.?

Por lo descrito anteriormente, con este trabajo se buscó investigar sobre el diseño y aplicación de una estrategia teórico práctica, utilizando elementos de fácil acceso para reconocer los hongos formadores de micorrizas y el beneficio que reciben ellos y las plantas cuando se asocian, para abordar y precisar el concepto de simbiosis. Para lo anterior, este documento se divide en dos capítulos, el primero comprende los conceptos y definiciones tanto biológicos como metodológicos y didácticos que sustentan la propuesta teórico-práctica, y el segundo capítulo muestra el diseño de cada secuencia didáctica, con sus correspondientes actividades de apertura, desarrollo y cierre, así como la aplicación y los análisis a los resultados obtenidos con la implementación de la propuesta teórico práctica.

1. Conceptos y definiciones que sustentan la propuesta teórico práctica

En este capítulo se encuentra la revisión de literatura sobre los conceptos necesarios para comprender tanto el diseño como la aplicación y resultados de la propuesta teórico práctica. La organización del capítulo obedece el siguiente orden: inicialmente se encuentran los conceptos y definiciones biológicas, que comprenden los microorganismos y las relaciones en los ecosistemas; posteriormente se observan los conceptos didácticos, como los que involucran las secuencias didácticas, las competencias científicas y los modelos mentales; para finalizar con la descripción del modelo metodológico investigación – acción.

1.1 Los microorganismos y su relación con los ecosistemas

Los microorganismos son parte esencial del mundo de los seres vivos. Cada proceso en la biosfera es afectado por la capacidad de éstos para transformar el mundo que los rodea. Por ejemplo, los microorganismos participan en procesos como: los ciclos biogeoquímicos que convierten los elementos fundamentales para la vida, tales como el carbono, nitrógeno, oxigeno, azufre; la fermentación y otros procesos naturales para modificar los alimentos; y la bioremediación en procesos ambientales (Reyes y Paños, 2018). Haciendo referencia al término de microorganismo se incluyen en este grupo organismos microscópicos unicelulares y los virus, que son microscópicos, pero sin estructura celular. Es pertinente aclarar que existe una diferencia significativa entre los microorganismos y las células de los organismos como plantas o animales, dado que las células de los microorganismos pueden cumplir sus procesos vitales de manera independiente, mientras que las células de las plantas y los animales requieren organizarse en tejidos, órganos y sistemas (Madigan, *et al*., 2009).

En este orden, se establece que los microorganismos son las formas más pequeñas de vida, que conforman un alto porcentaje de la biomasa del planeta y que realizan muchos procesos químicos que son necesarios para otros organismos. Por esta razón, se dice que

los microorganimos existieron en la Tierra miles de millones de años antes de las plantas y los animales. Además, la diversidad microbiana supera a la de plantas y animales; condición que explica la propiedad de algunos microorganismos para vivir en lugares inadecuados para otros seres vivos (Madigan, *et al*., 2009).

Los microorganismos se asocian en la naturaleza para originar poblaciones, que se definen como grupos de células que derivan de una única célula parental por divisiones celulares sucesivas, proceso que se lleva a cabo en un espacio denominado hábitat. En estos hábitats microbianos, las poblaciones se relacionan con otras poblaciones para conformar las comunidades microbianas. En una comunidad microbiana, la diversidad y abundancia de microorganismos está condicionada por factores como los recursos, la temperatura, el pH y la concentración de oxígeno. El estudio de los microorganismos en su hábitat constituye la ecología microbiana (Madigan, *et al*., 2009).

1.1.1 Ecología microbiana y microbiota del suelo

Las poblaciones microbianas se relacionan de diversos modos, teniendo resultados benéficos o perjudiciales. Por ejemplo, los productos de desecho de las actividades metabólicas de algunos microorganismos pueden ser utilizados como nutrientes para otros microorganismos (Madigan, *et al*., 2009).

Por otro lado, se considera ecosistema a la totalidad de los organismos vivos y las condiciones tanto físicas como químicas del entorno (Madigan, *et al*., 2009). El concepto de ecosistema puede aplicarse a toda unidad o estructura de la biosfera que soporta un flujo de energía y permite el mantenimiento de la vida (Rodríguez, et al., 2010). En este contexto, se presenta una “fuerte influencia de las actividades microbianas, ya que los procesos metabólicos llevados a cabo por los microorganismos requieren la obtención de nutrientes del ecosistema y su uso para construir nuevas células”. Condición por la cual los ecosistemas microbianos se propagan de acuerdo con la disponibilidad de recursos, modificando los ecosistemas, desde el punto de vista químico y físico (Madigan, *et al*., 2009, p. 6).

El microbiota del suelo es de vital importancia en la regulación de los ecosistemas terrestres, ya que determina la productividad, la diversidad y la estructura de las

comunidades vegetales y animales. En este sentido, la actividad de diferentes especies de bacterias y hongos es primordial en la descomposición de materia orgánica, ya que de esta manera se liberan los nutrientes al suelo para ser absorbidos por las plantas. La absorción genera beneficios a la planta y puede ser de dos tipos, directa a través de las raíces, o indirecta a través de los microorganismos que forman simbiosis con las raíces (HMA, Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares) (Martínez y Pugnaire, 2009).

1.1.2 Generalidades de los hongos

La botánica antigua clasifico los hongos en conjunto con las plantas, pues eran considerados plantas simples sin clorofila, pero con el análisis genético se determinó que no estaban estrechamente relacionados y se clasificaron en reinos separados (Flannery, 2009). Posteriormente, se definieron los hongos como organismos con citología eucariota y por su especial reproducción asexual y sexual, heterotrofismo y características evolutivas (polifiléticos) se consideraron protistas superiores. Piepenbring, *et al*. (2016), complementan la descripción señalando que los hongos son organismos vivos que requieren compuestos orgánicos de otros organismos para su alimentación, por ello, se consideran heterótrofos; además, no pueden utilizar la energía de la luz solar, como lo hacen las plantas.

El cuerpo de los hongos, conocido como **micelio**, está formado por una o más células; con presencia de hidrofobinas que le proporcionan elevada resistencia a la desecación y capacidad para crecer en el aire; es visible a simple vista y sus colonias presentan aspectos muy variados, tales como algodonoso, lanoso o velloso, cremoso o pastoso, leñoso, carnoso y esponjoso como ciertos hongos de sombrero. Se distinguen dos clases de micelio, el micelio vegetativo encargado de la nutrición, sostén, resistencia, diseminación, y el micelio de fructificación vinculado con la reproducción. Mientras que el núcleo y los demás organelos en los hongos poseen estructuras y funciones similares a las células animales y vegetales superiores, la pared celular y el plasmolema (membrana celular) presentan diferencias significativas con otras especies. La **pared celular** es el componente que distingue a los hongos de otros organismos; desempeña una función en el establecimiento y desarrollo de las relaciones patogénicas y simbióticas entre los hongos y otros organismos a través del fenómeno de adherencia; además está formada por dos componentes: un retículo con microfibrillas que le confiere rigidez a la célula, y una matriz

polimérica geliforme rica en glucano y glicoproteínas donde están inmersas las microfibrillas. Esta red les confiere a los hongos protección ante cualquier variación en el medio, por ejemplo, los cambios de presión osmótica. Los polisacáridos fibrilares, quitina, quitosano y complejos quitina-glucano-celulosa, junto a las proteínas y lípidos forman la capa interna y la matriz polimérica geliforme da forma a la capa externa de la pared. Los compuestos químicos de la pared varían según la ubicación taxonómica de los hongos, como se muestra en la siguiente tabla (Stanchi, *et al*., 2007):

Tabla 1-1. Polímeros de la pared celular de los hongos según su grupo taxonómico (tomado de Stanchi, *et al*., 2007)

Grupo taxonómico	Polímeros fibrilares	Polímeros geliformes
Basidiomycetes	Quitina β-(1-3), β-(1-6) Glucano	Xilomananoproteínas α-(1-3)-Glucano
Ascomycetes	Quitina β-(1-3), β-(1-6) Glucano	Galactomananoproteínas α-(1-3)-Glucano
Zygomycetes	Quitina Quitosano	Ácido poliglucurónico Glucoronomananoproteínas Polifosfato

Por su lado, el **plasmolema** comunica el protoplasma y el medio externo, desarrolla múltiples actividades enzimáticas y secreta sustancias que influyen en la permeabilidad. La membrana celular contiene en peso aproximadamente un 50% de proteínas y la otra mitad de lípidos. La proteína de membrana más abundante en los hongos es la ATPasa de membrana constituyendo un 5-25%, mientras que la composición de fosfolípidos de la membrana plasmática es similar, a la de otras células eucariotas. En los hongos, el ergosterol es un componente esencial de la membrana celular, ya que incrementa su fluidez (Stanchi, *et al*., 2007).

Los hongos necesitan “carbono para su crecimiento y para ello utilizan fuentes de carbono químicamente complejas; el nitrógeno es metabolizado a partir de sales sencillas como nitratos y amonio o de otras sustancias de origen orgánico. También son importantes los minerales como el fosforo, magnesio, azufre, cobre, hierro, potasio y calcio. Monosacáridos y otros compuestos pequeños e hidrosolubles que contienen carbono son el alimento más importante y asimilable por los hongos. Independientemente de la gran variedad de sustratos que pueden degradar para su crecimiento, la glucosa es el azúcar más utilizado

por éstos y es por lo tanto considerada una fuente de carbono universal; también son ampliamente utilizadas la fructosa y la manosa" (Stanchi, *et al*., p. 468). En los hongos, los compuestos carbonados proporcionan el carbono necesario para la síntesis de diferentes compuestos de la célula e intervienen en la oxidación para liberar energía. Los elementos que requieren los hongos en altas concentraciones son: carbono, nitrógeno, potasio y magnesio. Otros elementos son esenciales para el crecimiento de los hongos, aunque se requieren en bajas concentraciones, como el hierro, cinc, manganeso, cobre, calcio y otros (Stanchi, *et al*., 2007). A continuación de relacionan los elementos químicos que requieren los hongos con sus efectos o acciones:

Tabla 1-2. Elementos y compuestos utilizados por los hongos con sus respectivas funciones (Stanchi, *et al*., 2007), con adaptación propia

Elemento o Compuesto	Función
Fosforo	Es un elemento abundante en las cenizas de hongos, importante para la formación de compuestos vitales como los ácidos nucleicos. Se encuentra en mayor cantidad en el micelio joven y las esporas.
Azufre	Hace parte de otros compuestos, enzimas, proteínas, aminoácidos (cisteína y metionina) y vitaminas (tiamina y biotina).
Potasio	Interviene en el metabolismo de los hidratos de carbono y la absorción de fosfatos.
Magnesio	Es esencial para todos los hongos, ya que activa numerosas enzimas, por ejemplo, la fosfato transferasa.
Hierro	Constituyente de varias enzimas como los citocromos, citocromo oxidasa, catalasa.
Cinc	Activador de enzimas como alcohol deshidrogenasa, citocromo c y la esporulación.
Cobre	Presente en enzimas como la tirosinasa. Además, participa en la biosíntesis de las enzimas nitrito e hiponitrito reductasas.
Calcio	Favorece el crecimiento, diferenciación y esporulación. Interviene en reacciones específicas químicas, eléctricas o físicas dentro de la célula.
Nitrógeno	Se requiere para la síntesis de material protoplasmático. Los hongos lo obtienen de sustancias como los nitratos.
Aminoácidos	Utilizados directamente por la mayoría de los hongos, aunque existen variaciones de acuerdo con la especie.

Con respecto a la reproducción**,** los hongos presentan dos tipos, asexual y sexual. La primera es la más importante para la multiplicación de especies, se repite varias veces y origina infinita cantidad de nuevos individuos a través de la germinación de esporas asexuales. La reproducción asexual incluye cualquier método de proliferación que origine nuevas células, por mecanismos somáticos de propagación como la brotación, escisión y proceso intermedio, de pequeñas porciones de micelio vegetativo, elementos de resistencia y especialmente a través de esporas producidas por hifas fértiles que se denominan esporóforos. Las esporas son células sin movimiento propio y son la unidad de reproducción de los hongos. La segunda, la reproducción sexual se realiza como consecuencia de la unión de dos núcleos compatibles (gametos, protoplastos), considerando tres etapas fundamentales: plasmogamia, que fusiona de dos protoplastos; cariogamia, que origina un núcleo diploide (2n); y meiosis, que culmina con la producción de cuatro núcleos haploides (n) (Stanchi, *et al*., 2007).

1.1.3 Características de los hongos formadores de micorrizas

Las micorrizas son asociaciones mutualistas de raíces de plantas y hongos. Pueden ser de dos clases, “las ectomicorrizas, en las cuales las células del hongo forman una enorme vaina por fuera de la raíz, con una ligera penetración de las hifas hacia el interior del tejido radical, y las endomicorrizas, en las que el micelio del hongo se encuentra firmemente embebido dentro del tejido radical” (Madigan, *et al*., 2009, p. 799), es decir, que las hifas penetran las raíces de manera intracelular sin formar una capa externa (Azul, *et al,* 2008). Las ectomicorrizas se encuentran en los árboles que forman bosques, especialmente las coníferas, hayas y robles, y están más desarrolladas en los bosques boreales y de zonas templadas. En tales bosques, casi todas las raíces de los árboles contienen micorrizas. El sistema radical de un árbol que contiene micorrizas como el pino, está compuesto por raíces cortas, que son ramificaciones con presencia de colonización fúngica; y las raíces largas que igualmente aparecen colonizadas a menudo. Las endomicorrizas son todavía más frecuentes que las ectomicorrizas. Las micorrizas arbusculares, son un de tipo de endomicorrizas, que se encuentra en las raíces de las del 80% de las plantas terrestres examinadas hasta ahora (Madigan, *et al*., 2009), en la Tabla 1-3 se muestran las diferencias entre las micorrizas arbusculares y las ectomicorrizas. Esta asociación entre plantas y hongos micorrícicos es antigua, pues los registros fósiles de hongos datan del periodo Ordovícico y la historia evolutiva ejemplifica un proceso hacia la multifuncionalidad,

dado que el grado en que las plantas y los hongos micorrícicos dependen entre sí varía según el hongo, la planta y las condiciones ambientales en las que se da la asociación; además, las mismas especies de hongos micorrícicos pueden asociarse con diferentes plantas, con diferentes características estructurales y funcionales (Azul, *et al,* 2008). En relación con estos criterios, Pérez (2011) asume que las micorrizas representan la simbiosis universal por dos razones, la primera, que todas las especies vegetales son susceptibles a ser micorrizadas; y la segunda, que las micorrizas están presentes en la mayoría de los hábitats naturales. La mayoría de los hongos de las micorrizas catabolizan los glúcidos simples y tienen uno o más requerimientos vitamínicos, obtienen el carbono de las secreciones radicales y extraen los minerales inorgánicos del suelo. Los hongos de las micorrizas se encentran asociados a las raíces y muchos son simbiontes estrictos, que le proporcionan a la planta sustancias para el crecimiento que inducen cambios morfológicos en las raíces (Madigan, *et al*., 2009).

Tabla 1-3. Diferencias entre las Micorrizas Arbusculares (MA) y las Ectomicorrizas. Blanco y Salas, (1997) con adaptación propia

Características	**Micorrizas Arbusculares (MA)**	**Ectomicorrizas**
Clase taxonómica	Zigomicetos	Basidiomicetes, Ascomicetes y Ficomicetes
Forma	No forma manto hifal, micelio aceptado	Formación de manto, micelio septado
Crecimiento	Inter e intracelular en corteza radica	Crecimiento del micelio intercelular
Hospederos	Arboles. arbustos, hierbas	Arboles maderables
Reproducción	Asexual, clamidosporas y micelio	Sexual y asexual
Diversidad	Solo 6 géneros con 150 especies descritas	148 géneros con 5400 especies
Especificidad	No hay especificidad a hospederos	Desde mucha a ninguna especificidad
Selectividad	Menor selectividad a requerimientos ambientales. Ocurren en toda clase de suelos	Selectivos a requerimientos ambientales
Ubicación	Predominan en suelos tropicales con bajos contenidos de materia orgánica	Mayor distribuci6n en bosques de zonas templadas y en suelos con altos contenidos de materia orgánica
Absorción	Absorben P, Zn, Cu que son poco móviles y otros elementos de la solución del suelo	Absorben P, Zn, etc.

Descomposición de materia orgánica	No son descomponedores	Son descomponedores y aprovechan fuentes orgánicas de N

Las Micorrizas Arbusculares (MA) representan el tipo de asociación entre hongos y raíces de las plantas más extendido en la naturaleza. Se forman con la asociación de hongos Zigomicetos de las familias Glomaceae, Acaulosporaceae y Gigasporaceae (Brent y Ralph, 2015), que no desarrollan red de Hartig y colonizan intracelularmente la corteza de la raíz por medio de arbúsculos para el intercambio de nutrientes entre la célula vegetal y el huésped (Aguilera, *et al*, 2007), condición que garantiza la sostenibilidad del sistema suelo – planta (Lozano, *et al*, 2015). Las micorrizas arbusculares también pueden formar vesículas a base compuestos lipídicos, que se ubican intercelularmente en la corteza de la raíz para almacenar nutrientes para el hongo, por esta razón, inicialmente las Micorrizas Arbusculares (MA) se conocieron con el nombre de Vesiculo – Arbuscular (V – A), pero posteriormente, se determinó que no todas las especies de hongos forman vesículas, por ello, actualmente se denominan Micorrizas Arbusculares (MA) (Aguilera, *et al*., 2007). Al respecto, Martínez y Pugnaire (2009) afirman que los Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HMA) se caracterizan porque sus hifas penetran en las células de las raíces, formando estructuras de almacenamiento conocidas como vesículas, y de intercambio bidireccional de nutrientes y carbono llamadas arbúsculos. Mientras que Brent y Ralph (2015) definen los arbúsculos como centros intracelulares para el intercambio entre el hongo y la planta, tal como ocurre cuando a cambio de los fosfatos, el hongo recibe azucares de la planta. Argumentan que los hongos presentan una relación de dependencia con las raíces de las plantas, ya que tienen capacidades saprofitas limitadas y, en general, no tienen otros medios para producir u obtener carbohidratos para su metabolismo.

Según Pérez (2011, p. 366) las micorrizas son “asociaciones simbióticas entre plantas y hongos basada en el intercambio de metabolitos y nutrientes”, que favorecen el crecimiento de la planta hospedera, al mejorar la tolerancia al estrés biótico y abiótico (hídrico, salinidad) y a los fotopatógenos. Blanco y Salas (1997, p. 56) adicionan al concepto anterior que las micorrizas son “una asociación simbiótica mutualista entre raíces de plantas superiores y ciertos grupos de hongos del suelo”. Dichos hongos dependen de la planta para el suministro de carbono, de energía y para mantener un nicho ecológico. A cambio, estos hongos le proporcionan a la planta hospedera nutrientes minerales poco móviles como el fosforo, promueven la fijación de nitrógeno, estimulan las sustancias

reguladoras de crecimiento, elevan la tasa fotosintética, favorecen los niveles osmóticos cuando hay sequía y la tolerancia al estrés ambiental, así como también incrementan la resistencia a plagas. Para Koide, (1991) las micorrizas además de facilitar la absorción de fosforo, también pueden aumentar la absorción de cobre, zinc y níquel; alterar la composición de la comunidad microbiana en la rizosfera; incentivar la susceptibilidad del huésped a los patógenos y plagas como los nematodos; ayudar a la agregación del suelo y, por lo tanto, reducir la erosión y mejorar la capacidad de retención de agua del suelo, fenómeno explicado por Cuenca, *et al* (2007), al describir que la glicoproteína llamada glomalina, posee características químicas que favorecen la agregación de las partículas de suelo. Este último factor es reforzado por Lozano, *et al*. (2015), al describir que las micorrizas intervienen en los procesos de agregación y retención del suelo por medio de mecanismos físicos, como la producción del micelio; y químicos, como la producción de sustancias adherentes.

Uno de los efectos de mayor importancia de las micorrizas en la fisiología de la planta huésped es el aumento en la absorción de fósforo y la eficiencia en su uso. Teniendo presente que solo una pequeña fracción de fósforo se encuentra en solución en el suelo y que éste es un elemento casi inmóvil, se considera que la concentración de fosforo es tan baja y la difusión tan lenta que las propiedades cinéticas de absorción de la raíz desempeñan un papel insignificante (Koide, 1990). De hecho, Brent y Ralph (2015) mencionan que la relación de mutualismo entre hongos y plantas evolucionó principalmente en respuesta a la incapacidad de la planta para absorber suficientes cantidades de fosforo poco soluble en el suelo. Por ello, una vez la raíz absorbe el fosforo debe asignarse directamente a varias funciones estructurales y fisiológicas o almacenarse para su posterior utilización (Koide, 1991).

Dada la importancia que tienen las micorrizas en la absorción de fosforo para la planta, se establecen tres factores que se ven afectados por el suministro de este elemento químico, que son: factores morfológicos, factores fisiológicos y efectos medioambientales. Con respecto a los factores morfológicos**,** ya que el fosforo tiene un coeficiente de difusión muy bajo en el suelo, las raíces son estructuras determinantes en el proceso de absorción de dicho elemento, razón por la cual Koide (1991) predice que las especies con una alta densidad en la longitud de las raíces absorben más fosforo que aquellas con unas longitudes de raíz más cortas, respaldando su hipótesis en estudios que demostraron que

en suelos de baja disponibilidad de fosforo, la longitud de la raíz es un excelente elemento para predecir el contenido de fosforo en algunas especies de plantas. Por otro lado, afirma que la tasa de absorción de fosforo se puede predecir a partir de la tasa de extensión de la raíz que puede alcanzar volúmenes muy extensos de suelo. Otro rasgo morfológico a tener en cuenta en el suministro de fosforo es la longitud de los pelos radicales, ya que Koide (1991) afirma que el flujo de fosforo está relacionado directamente con la longitud de los pelos radicales, apoyándose en los siguientes ejemplos: la cebolla tiene pelos radicales cortos (< 0 – 05 mm) con una cantidad relativamente baja de fosforo, el tomate y el frijol tienen longitudes intermedias (aproximadamente 0 – 25 mm) con cantidades intermedias de fosforo, mientras que la espinaca, el trigo y el centeno tienen pelos radicales más largos (> 0 – 35 mm) con niveles relativamente altos de fosforo. En estos términos, aclara que la relación entre la absorción de fosforo y la longitud de la raíz es directamente proporcional, pero no en todos los casos, ya que los pelos radicales pueden estar tan fuertemente organizados que podrían competir entre ellos por el fosforo.

En términos de los factores fisiológicos**,** como se mencionó anteriormente, la difusión del fosfato en el suelo es muy lenta, y por ello, la capacidad de absorción de la raíz normalmente no tiene un gran efecto en la tasa de absorción de fosfato. En este caso, las raíces de las plantas pueden hacer uso de sus propiedades fisiológicas para absorber niveles significativos de fósforo, aumentando la cantidad disponible para difundir a la superficie de la raíz. Un ejemplo de estas propiedades fisiológicas es la capacidad que tienen algunas especies de plantas para modificar la composición química de la rizosfera produciendo ácidos, agentes reductores o enzimas. Otro mecanismo fisiológico es la creación de racimos de raíces proteoides, que pueden producir exudados orgánicos capaces de acidificar la rizosfera o quelantes de hierro que pueden ayudar a solubilizar el fosfato (Koide, 1991).

Haciendo referencia a los efectos medioambientales, se afirma que determinarán el suministro de fósforo, directamente por su influencia en la concentración en el suelo, e indirectamente al influenciar los rasgos de la planta. En términos de contenidos hídricos, la disponibilidad de agua en el suelo afecta la velocidad de transporte de fosfato a la superficie de la raíz, ya que este factor determina la velocidad de difusión de este elemento. En este sentido, la movilidad del fosforo disminuye a medida que el suelo se seca, porque se reduce el área efectiva y porque aumenta la dificultad de paso del agua (Koide, 1991).

1.2 Relaciones en los ecosistemas

Teniendo como referencia a Erazo y Cárdenas (2013), se mencionan dos clases de relaciones en los ecosistemas, las intraespecíficas y las interespecíficas, con las siguientes categorías:

Tabla 1-4. Clasificación de las relaciones intra e interespecíficas en los ecosistemas

Relaciones intraespecíficas	Cooperación intraespecífica Antagonismo o competencia intraespecífica
Relaciones interespecíficas	Neutras Positivas o simbióticas: ✓ Simbiosis ✓ Mutualismo ✓ Comensalismo Negativas o antagónicas: ✓ Competencia ✓ Parasitismo ✓ Depredación

1.2.1 Relaciones intraespecíficas

Las relaciones intraespecíficas se presentan entre individuos de la misma población y pueden ser de dos tipos:

1.2.1.1 Cooperación intraespecífica

Es el resultado de las agrupaciones de los individuos para alcanzar objetivos como la adquisición de alimento, la protección contra depredadores, resguardarse del frio o del calor. Unos ejemplos son las asociaciones gregarias, coloniales y familiares (Erazo y Cárdenas, 2013).

1.2.1.2 Antagonismo o competencia intraespecífica

Cuando los recursos en un determinado espacio son limitados, se presentan comportamientos como la territorialidad, que busca impedir el acceso de otros individuos y su consecuente consumo de recursos. Puede ocurrir por:

- **La competencia por explotación de recursos** se da cuando los individuos de la misma población o de poblaciones diferentes luchan por un recurso como el

territorio, el agua que pueden ser limitados, de manera tal que algunos no podrán suplir sus necesidades, y esto condicionara su sobrevivencia (Erazo y Cárdenas, 2013).

- **La competencia por interferencia,** cuando un individuo impide a otro acceder a un recurso, con la lucha cuerpo a cuerpo o la liberación de toxinas. Este mecanismo es común en los procesos de selección de una pareja reproductiva, para marcar territorio y para mantener el liderazgo en una la población (Erazo y Cárdenas, 2013).

Con respecto a las relaciones de competencia, se concluye que favorecen a aquellos individuos con mejores condiciones adaptativas, que sobreviven a diferentes factores, incrementando su índice reproductivo y transmitiendo su información genética (Erazo y Cárdenas, 2013).

1.2.2 Relaciones interespecíficas

A diferencia de las relaciones intraespecíficas, las relaciones interespecíficas se presentan entre individuos de especies diferentes y se pueden distinguir las siguientes clases:

- **Relaciones neutras,** cuando las poblaciones de una comunidad no se generan beneficios ni afectaciones (Erazo y Cárdenas, 2013).

- **Relaciones positivas o simbióticas,** se presentan cuando las especies que comparten un hábitat se relacionan para obtener algún beneficio para ambas o para una de ellas, en este caso la otra especie se mantiene sin ninguna afectación (Erazo y Cárdenas, 2013). Estas relaciones simbióticas pueden ser de varios tipos:

1.2.2.1 Simbiosis

Aunque se adoptaron las categorías de Erazo y Cárdenas (2013) para describir las relaciones tanto inter como intraespecíficas en los ecosistemas, es relevante narrar con detalles la evolución que ha presentado tanto el concepto de simbiosis como el de mutualismo, ya que han suscitado cuestionamientos fuertes en el campo de la biología. El término de simbiosis se emplea con frecuencia para describir un tipo de asociación entre

dos especies. Fue propuesto por Anton de Bary en 1879 para definir la asociación constante, íntima y mutuamente beneficiosa de dos organismos. Etimológicamente, simbiosis significa "vivir juntos" y, por lo tanto, incluye el parasitismo y otros tipos de asociación. Generalmente, la simbiosis se usa para definir la asociación permanente de dos organismos distintos, tan dependientes entre sí, que la vida separados sería imposible (Martin y Schwab, 2012). Para apoyar esta definición, Johnson, *et al*. (2009, p. 425) define la simbiosis como “una relación entre individuos de diferentes especies que viven en asociación física cercana”. Por su lado, McNaughton, *et al.* (1984, p. 45) definen la simbiosis como una “interacción en la que ambas especies se ven influenciadas positivamente como resultado de una coexistencia”. Además, mencionan que la simbiosis se refiere a una relación más facultativa, en comparación al mutualismo.

El termino simbiosis fue propuesto por Anton de Bary quien lo definió literalmente como la "convivencia de organismos con nombres diferentes", y consideraba que este concepto incluía relaciones parasitarias, comensales y mutualistas entre diferentes especies. De Bary era un patólogo de plantas, razón por la cual incluyó explícitamente interacciones perjudiciales y beneficiosas entre especies en su definición de simbiosis (Martin y Schwab, 2012, p. 9).

Anterior a Anton de Bary, Frank en 1877, aseguró que en todos los casos en los que dos especies diferentes viven una dentro de otra, con propósitos de coexistencia, se podría aplicar el concepto de simbiosis. Sin embargo, de Bary aclaró que las diversas asociaciones iban desde un parasitismo hasta el comensalismo y el mutualismo. En este punto, de Bary reconoció que el término de simbiosis podría aplicarse a asociaciones más flexibles, tales como la que existe entre los insectos polinizadores y las flores; las relaciones entre animales que buscan alimento y refugio; o las relaciones entre animales y plantas. Dadas estas condiciones, la simbiosis establece la convivencia de dos organismos, en la que cada uno recibe algún beneficio, expresado en palabras de Bary como la “asociación íntima y constante de dos organismos con relaciones mutuas que les garantiza beneficios recíprocos” (Martin y Schwab, 2012, p. 11).

Posteriormente, Starr en 1975, propone unos condicionamientos más amplios para establecer las relaciones simbióticas, basado en criterios. Consideró que todas las interacciones de las especies son simbióticas y que estas relaciones se podrían catalogar

de acuerdo con los siguientes criterios: espacial, tamaño relativo, temporal, necesidad, independencia, nutricional, especificidad, efectos nocivos o beneficiosos e integración. Estas categorías consideran que la simbiosis es una interacción entre dos organismos, con probabilidad de ser transitoria o permanente (Martin y Schwab, 2012).

Unos años después, D. L. Lewis adoptó la propuesta de Starr para ampliar concepto de simbiosis con los siguientes criterios: aptitud, duración, tamaño relativo, contacto físico, especificidad, nutrición, interdependencia, e integración, teniendo como producto las siguientes interacciones: competencia, amensalismo, agonismo, neutralismo, comensalismo y mutualismo. El antagonismo incluye la competencia y el amensalismo, mientras que el agonismo incluye solo la depredación y el parasitismo. Además, Lewis considera que la simbiosis requiere tan solo que un organismo tenga efecto sobre otro (Martin y Schwab, 2012).

Finalmente, se destaca que, en el camino para definir el concepto de simbiosis, surgieron los términos de ectosimbiosis y endosimbiosis. La primera, considerada como la asociación de dos especies sin la fusión de los individuos; mientras que la segunda, la endosimbiosis, sería la asociación dos organismos en la que se da fusión de las dos especies (Martin y Schwab, 2012).

1.2.2.2 Mutualismo

De acuerdo con Johnson, *et al*. (2009, p. 426), el mutualismo es una “asociación mutuamente beneficiosa entre individuos de diferentes especies”. Mientras que Martin y Schwab (2012) citan que el mutualismo no existe y que las relaciones beneficiosas entre los organismos son simplemente parasitismo recíproco. Tal vez por estas afirmaciones, tanto Johnson, *et al.* (2009) como Martin y Schwab (2012) mencionan que el mutualismo es considerado como una interacción simbiótica en el lenguaje de las ciencias. McNaughton, *et al.* (1984), describen que los términos de simbiosis y mutualismo aplican a interacciones beneficiosas, pero difieren en el grado de obligatoriedad de la interacción, pues el mutualismo implica una relación obligatoria, mientras que la simbiosis se refiere a una relación más facultativa. Harper (1985) concluye que el mutualismo hace referencia a una simbiosis que implica beneficio mutuo para los dos participantes.

Mientras que para Erazo y Cárdenas (2013) en el mutualismo “las especies se asocian temporalmente obteniendo un beneficio mutuo” (p. 75) y se puede catalogar de la siguiente manera:

- **Mutualismo trófico,** se genera cuando ambas especies se esfuerzan para obtener alimento. Por ejemplo, la relación entre los hongos micorrícicos y las raíces de las plantas (Erazo y Cárdenas, 2013). En términos de las micorrizas, (Cano, 2011) describe que esta relación de mutualismo en algunos casos puede convertirse a parasitismo, dada la situación que los niveles de elementos inicialmente limitantes y poco móviles como ocurre con el fosforo, pasen a estar en abundancia en el suelo, en este caso, el suministro de nutrientes por las micorrizas disminuye al nivel de transformar la relación con las raíces en un parasitismo.

- **Mutualismo de limpieza,** ocurre cuando una de las especies ayuda en la limpieza de la otra, recibiendo a cambio como beneficio protección o alimento (Erazo y Cárdenas, 2013).

- **Mutualismo dispersivo,** es cuando una especie se ve beneficiada, mientras la otra es engañada. Por ejemplo, lo que sucede con las plantas que tienen flores con olores y formas similares a las de las hembras de insectos polinizadores, ocurre que cuando el macho intenta aparearse con la flor, únicamente logra la fecundación de la planta, pero este macho no obtiene beneficio alguno (Erazo y Cárdenas, 2013).

1.2.2.3 Comensalismo

Es un tipo de “interacción temporal donde una de las especies se beneficia, mientras que la otra se mantiene neutra, es decir, no obtiene beneficios ni se perjudica” (Erazo y Cárdenas, 2013, p. 76). En 1876 Beneden se refirió a un comensal como un "compañero" y Paul Burkholder en 1952 propuso el concepto de comensalismo para las interacciones + / 0, amensalismo para interacciones - / 0, parasitismo para interacciones +/– y depredación para interacciones -/ + (Martin y Schwab, 2012).

Una clase de comensalismo es la tanatocresis, asociación en la cual una especie hace uso de las estructuras como caparazones o esqueletos de otra especie, con el propósito de protegerse o realizar un trabajo. Por ejemplo, el cangrejo ermitaño utiliza la concha vacía de un caracol para protegerse. Otro tipo de comensalismo es el mimetismo, donde no hay contacto físico entre las especies, pero una de ellas imita algunas características de la otra para generar un beneficio, puede ser, ocultarse de los depredadores. Como ocurre con la serpiente coralillo que copia la apariencia del coral para alejar sus depredadores (Erazo y Cárdenas, 2013).

1.2.2.4 Competencia intraespecífica

De acuerdo con Erazo y Cárdenas (2013) se presenta una competencia intraespecífica cuando dos especies compiten por los mismos recursos, siendo una relación más fuerte cuando comparten nichos. Como resultado una especie obtiene ventaja sobre la otra, ya que ésta puede aprovechar mejor los recursos, afectando y limitando el crecimiento de la otra especie, hasta el punto de eliminarla u obligarla a cambiar de nicho. Se encuentran los siguientes tipos:

- **Mecanismo de consumo o explotación de un recurso,** ocurre cuando los individuos de diferentes especies luchan por un recurso que es limitado. Entonces, una población se verá afectada, llegando a una drástica reducción o incluso desaparición (Erazo y Cárdenas, 2013).

- **Mecanismo de uso de un sustrato,** es característico de los organismos sésiles como las anémonas, plantas terrestres y organismos marinos que no permiten el establecimiento de otros organismos en el mismo espacio que ellos ocupan (Erazo y Cárdenas, 2013).

- **Mecanismo de superposición o predominio físico,** se da cuando la presencia de un organismo impide a otros organismos el acercamiento o adquisición de algún recurso. Por ejemplo, los caninos que marcan su territorio con orina (Erazo y Cárdenas, 2013).

- **Mecanismos de liberación de sustancias químicas (alelopatía),** es cuando una especie libera toxinas para inhibir el crecimiento de otras especies a su alrededor (Erazo y Cárdenas, 2013).

1.2.2.5 Parasitismo y depredación

Según Martin y Schwab (2012) de Bary describió el parasitismo como el ejemplo más representativo de simbiosis, en el cual hay una relación entre el huésped y el parásito, considerada como una simbiosis unilateral o no equilibrada.

Robert Hall en 1974, argumenta que un parásito es simplemente un organismo que vive en o sobre otro organismo del que obtiene alimentos y, por lo tanto, podría tener efectos beneficiosos, neutrales o dañinos para el huésped. En este sentido, se apoya la interpretación de Bary de la simbiosis, que contempla el parasitismo como una interacción simbiótica. Por otro lado, muchos autores de biología, ecología y parasitología reconocen que el parasitismo es muy similar a la depredación, mientras que otros consideran el parasitismo como una forma de depredación (Martin y Schwab, 2012).

En referencia a Martin y Schwab (2012), contramensalismo es un término relativamente nuevo propuesto para describir interacciones +/–, que incluye la depredación.

1.3 Epistemología del concepto de simbiosis y su relación con las micorrizas

En términos de la simbiosis, el panorama literario muestra que este concepto probablemente ha creado el mayor dilema en la historia de la terminología biológica, pues ningún otro término ha experimentado tanta confusión; variación en la definición y controversia. Por ello, ha sufrido mal uso durante más de 130 años (Martin y Schwab, 2013), desde que Anton de Bary en 1879 definió con bastante claridad para cubrir cualquier asociación interespecífica cercana (Harper, 1985). Entre 1960 y 1990, algunos biólogos creían que la definición común había reemplazado a la definición original de Bary, en la que se consideraba el mutualismo, comensalismo y parasitismo como relaciones simbióticas. Además, Pianka en el 2000, modificó esta definición de simbiosis para incluir

interacciones de especies en las que ninguna de ellas se ve perjudicada, entre ellas incluyo el mutualismo, comensalismo y neutralismo (Martin y Schwab, 2013).

Para ampliar la confusión con respecto a la definición de simbiosis, se ha presentado caos en el uso de términos relacionados, como, por ejemplo, parasitismo y comensalismo. La controversia sobre la definición se ha debatido tanto, que varios autores de libros de texto de ecología general actuales tales como Krohne, 2001; Molles, 2010; Miller y Spoolman, 2012, han evitado completamente el uso y la discusión del término de simbiosis. Esto es lamentable porque existe la necesidad de utilizar una palabra para definir las interacciones de especies. A razón de ello, se propusieron formalmente perspectivas muy amplias a lo largo de los años y otros autores, también han expresado que la simbiosis debería incluir mucho más que la definición tradicional de Bary (Martin y Schwab, 2013).

Finalmente, Martin y Schwab (2013) aseguran que existe una necesidad de tener una definición universal del término de simbiosis, pero ninguna propuesta, hasta ahora, ha sido lo suficientemente convincente o práctica como para obtener una amplia aceptación y adopción en su uso. También resaltan la importancia de consolidar la definición del concepto de simbiosis, ya que consideran que no se ha propuesto ni que existe otra palabra que pueda llenar el nicho verbal que incorpore todos los diversos tipos de interacciones entre especies. Además, afirman que los investigadores han descubierto que la simbiosis es fundamental para la comprensión de la mayoría, si no todas, las áreas de ecología y biología. Pero, a pesar de todo esto, todavía no está claro qué tipos de interacciones de especies deberían incluirse bajo el concepto simbiosis, puesto a que muchos autores han notado esta confusión y / o han intentado abordar los problemas y proponer soluciones para reducir la confusión sobre qué interacciones se consideran simbióticas, se ha evidenciado una tendencia a apoyar la definición de simbiosis según Bary, en la que se define el mutualismo, comensalismo y parasitismo como interacciones simbióticas.

Con respecto a las micorrizas, se menciona que Frank en 1885 propuso el término micorriza para describir un fenómeno común que observó en las raíces de ciertos árboles de los bosques templados de Norteamérica. Estos órganos eran diferentes morfológicamente de otras raíces cuando se encontraban asociadas a hongos del suelo; de ahí proviene su nombre latino que significa raíz fungosa. Inicialmente, estas

asociaciones entre hongos del suelo y las raíces de los árboles fueron las únicas que se reconocían como micorrizas, pero trabajos posteriores mostraron que existía una gran diversidad de asociaciones de este tipo, no sólo en plantas leñosas, sino en la mayoría de los vegetales (Aguilera, *et al,* 2007).

1.4 Componente didáctico y modelo pedagógico

A continuación, se describen los aspectos relevantes que hacen parte del componente didáctico, tales como las secuencias didácticas, el trabajo practico y su influencia en la enseñanza de las ciencias, las competencias científicas que deben formarse en los estudiantes para tener ciudadanos con conciencia social y ambiental, los modelos mentales de los estudiantes sobre los microorganismos y el modelo pedagógico empleado en la propuesta teórico práctica.

1.4.1 Secuencias didácticas

Tobón, *et al*. (2010, p. 13) exponen que las secuencias didácticas "son conjuntos articulados de actividades de aprendizaje y evaluación que, con la mediación de un docente, buscan el logro de determinadas metas educativas, considerando una serie de recursos". Por ello, estos autores determinan que estas secuencias son de vital importancia en el modelo por competencias, ya que ofrecen metodologías como el aprendizaje cooperativo, que pretende que los estudiantes realicen actividades colaborativas en torno a la resolución de un problema de su realidad, para complementar las habilidades, actitudes y conocimientos. Tobón, *et al*. (2010) destacan que, desde la formación en competencias, las secuencias didácticas deben formar en los estudiantes las habilidades que les permitan desenvolverse en la vida con la apropiación de los contenidos de las diferentes asignaturas, rechazando por completo la memorización de conceptos a corto plazo y reforzando el pensamiento crítico.

Para Astudillo, *et al*. (2011, p. 568) las secuencias didácticas son "una hipótesis de trabajo para la enseñanza de contenidos de ciencia orientada a la promoción de aprendizajes para la significación sociocognitiva". Estas secuencias se componen de estrategias didácticas que comprenden los métodos, técnicas y actividades por los cuales el docente y los estudiantes, organizan las acciones para lograr las metas en el proceso enseñanza y aprendizaje, adaptadas a las necesidades de los contextos escolares, constituidas por

cuatro momentos esenciales: el inicio, el desarrollo, el cierre y la evaluación, donde la integración de estos momentos permite que el profesor genere un clima favorable que promueve en el estudiante un aprendizaje significativo (Feo, 2010). Por su lado Díaz (2013) argumenta que una secuencia didáctica es la organización de las actividades que se realizarán, con el propósito de favorecer las condiciones para lograr un aprendizaje significativo.

1.4.2 Trabajo practico en la enseñanza de las ciencias

Haciendo referencia al trabajo práctico Barberá, *et al,* (1996) mencionan que la actividad de laboratorio constituye un hecho propio de la enseñanza de las ciencias, pues el trabajo práctico es una estrategia educativa muy favorable para alcanzar los objetivos educativos propios de las ciencias, proporcionando a los estudiantes una experiencia directa sobre los fenómenos y haciendo incrementen su conocimiento y curiosidad, así como su confianza y seguridad sobre los sucesos y eventos naturales. Recientemente, Reyes y Paños, (2018) manifestaron que el trabajo práctico favorece el uso del lenguaje científico y la calidad de la verbalización, ya que los estudiantes realizan un esfuerzo para dar sentido a las experiencias principalmente a través de la asimilación (integrando nuevas ideas a esquemas ya existentes) y la acomodación (modificación de los esquemas anteriores), teniendo como resultado una activación mental y el desarrollo de habilidades científicas.

1.4.3 Competencias científicas

Se definen como la capacidad para adquirir y generar conocimientos. Es importante resaltar que la enseñanza de las ciencias es parte esencial de la formación de los ciudadanos, por ello, en la escuela se deben desarrollar y fortalecer constantemente las competencias para la formación de un individuo coherente con una idea de ciudadano, que requiere una formación básica en ciencias, para comprender su entorno y a participar en las decisiones sociales y ambientales (Hernández, 2005).

1.4.4 Modelos mentales

Byrne (2011) define los modelos mentales como representaciones de ideas, objetos, eventos, sistemas o procesos, así como las imágenes, ideas personales o representaciones internas que un individuo produce a partir de un fenómeno. De esta manera, se dice que los modelos mentales proporcionan una indicación de las ideas de los

individuos en un momento determinado, aunque no se consideran entidades estáticas, ya que a medida que se produce la experiencia a través del aprendizaje directo o indirecto, las percepciones de ese fenómeno de alteran, cambiando el modelo mental y alterando el modelo expresado.

Los modelos mentales son representaciones dinámicas, que nunca están completas, y continúan ampliándose y mejorando a medida que se agrega nueva información (Byrne, 2011), por ello se dice que los modelos mentales son generativos, porque pueden llevar al estudiante a una nueva información, que posteriormente, pueden usar para predecir y explicar (Hamdiyati, *et al*, 2017). Un modelo mental puede proporcionar una indicación de lo que un individuo entiende acerca de un concepto, en un momento determinado, así como sus creencias sobre el concepto. Un modelo expresado sobre un concepto, fenómeno o evento es una representación externa de un modelo mental y se puede acceder a él a través de una variedad de métodos que incluyen dibujar, escribir o hablar. A continuación, se mencionan algunos métodos para conocer los modelos mentales de los estudiantes con respecto a determinado concepto:

Dibujos: pueden representar el modelo expresado de un fenómeno en particular, además, recopilan gran cantidad de datos con relativa facilidad.
Lluvia de ideas: favorecen un ejercicio de pensamiento libre sin ningún tipo de presión.
Mapas conceptuales: son una representación visual de la relación entre diferentes conceptos. Son una forma útil de recopilar información y como son flexibles (Byrne, 2011).

1.4.4.1 Modelos mentales sobre los microorganismos en la enseñanza de las ciencias

De acuerdo con Reyes y Paños (2018) los estudiantes de primaria tienen una visión limitada y negativa de los microorganismos, principalmente derivados del aprendizaje no formal. Por otra parte, Byrne (2011) asegura que las ideas de los niños sobre los microorganismos a menudo son incompletas con respecto, por ejemplo, a las aplicaciones tecnológicas o su papel en el mantenimiento del equilibrio ambiental y que por el contrario, los microorganismos son considerados desagradables o peligrosos. Lo anterior se relaciona con frecuencia con los lugares donde son más evidentes los microorganismos, como los contenedores de basura o alimentos en descomposición. En consecuencia, es

común encontrar una perspectiva antropocéntrica con respecto a los microorganismos, al considerarlos como un peligro por causar enfermedades al ser humano.

La deficiente representación del tópico de microorganismos en la literatura dirigida a estudiantes de básica primaria, en comparación con la gran cantidad de información disponible sobre algunas otras áreas de la ciencia, favorece que los conceptos erróneos e incompletos de los estudiantes se mantengan en el tiempo (Byrne, 2011).

1.4.5 Modelo de Investigación – Acción (I-A)

Es una forma de entender la enseñanza y no sólo de investigar sobre ella. Este enfoque propone entender la enseñanza como un proceso de investigación y un proceso de continua búsqueda. Los problemas guían la acción, pero lo fundamental en la investigación acción es la exploración reflexiva que el docente hace de su práctica, no tanto por su contribución a la resolución de problemas, como por su capacidad para que cada docente reflexione sobre su propia práctica, la planifique y sea capaz de introducir mejoras progresivas. En general, la investigación acción cooperativa constituye una vía de reflexiones sistemática sobre la práctica con el fin de optimizar los procesos de enseñanza aprendizaje (Bausela, 2004).

En términos de García (2009), la I–A surge de la necesidad de ver el aula como un espacio de investigación y experimentación, donde el investigador está implicado en la práctica, por ello, es considerada la metodología propicia para el crecimiento profesional de los docentes. En este contexto, se dice que la investigación cualitativa identifica la naturaleza de una situación y sus relaciones con el entorno educativo, mientras que la investigación cuantitativa determina el poder de asociación o correlación entre las variables definidas, la generalización y objetividad de los resultados, a través de una muestra para hacer inferencia de ella. Pero, dadas las limitaciones que refieren estas metodologías separadas la una de la otra, se promueve el uso complementario de ambas en la investigación educativa.

2. Diseño, aplicación y análisis de la propuesta teórico práctica

En este capítulo se muestran las cuatro secuencias didácticas que se elaboraron para el desarrollo de la propuesta teórico práctica, según el formato de Díaz (2013) con algunas adaptaciones según la disponibilidad de tiempo y recursos. Posteriormente se evidencia la aplicación y los análisis para cada secuencia didáctica, con las reflexiones propias del modelo Investigación – Acción, el esquema general que se desarrolla en este capítulo de muestra en la Figura 2-1.

Las secuencias didácticas se encuentran organizadas de acuerdo con los estándares básicos en ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2004) y en relación a los derechos básicos de aprendizaje para ciencias naturales (MEN, 2016).

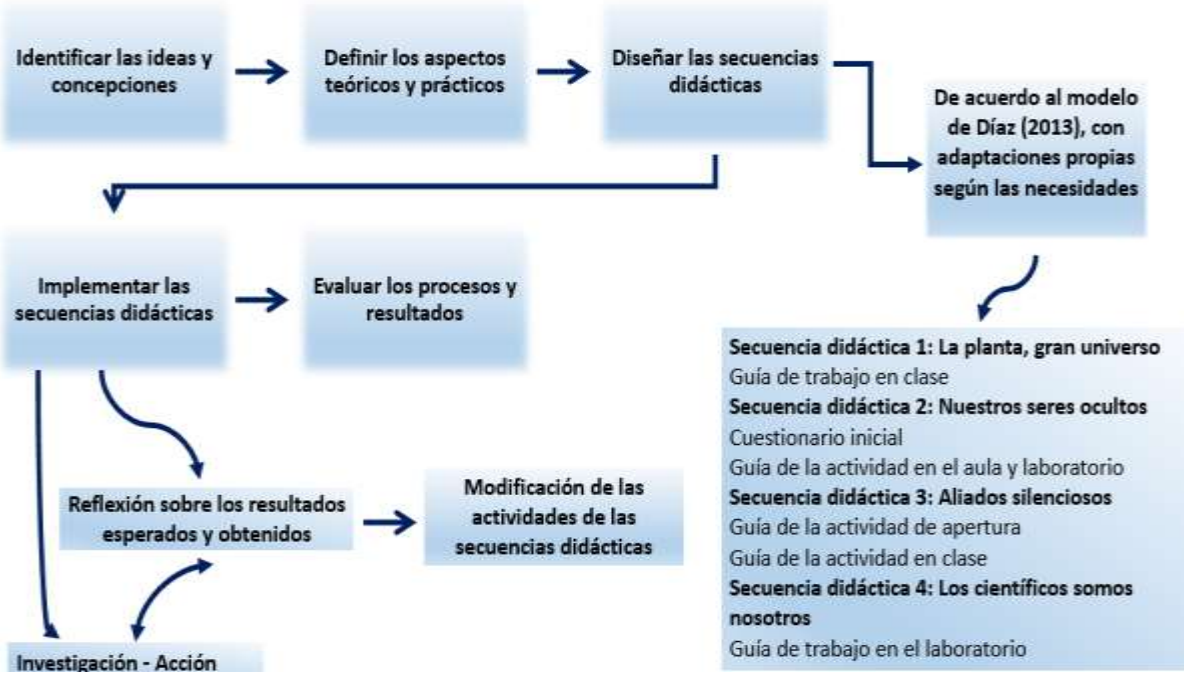


Figura 2-1. Etapas y componentes de la ruta metodológica que se siguió en el desarrollo de la propuesta teórico práctica

Como se muestra en la figura anterior, se consideró que cada tópico contemplaría una secuencia, para un total de cuatro secuencias didácticas. A continuación, se relacionan las secuencias didácticas, cada una con actividades de apertura, desarrollo y/o cierre, también con sus respectivas guías de trabajo para los ejercicios en el aula, campo o laboratorio.

2.1. Diagnóstico

Para conocer las ideas de los estudiantes con respecto a los tópicos que soportan el proyecto, se diseñó un taller diagnóstico (Anexo 1). Para propiciar una participación favorable y tranquila en los estudiantes, se propuso en las indicaciones que no debían marcar la hoja, de tal manera que no serían evaluados, ya que el diagnóstico era el punto de partida para detectar las falencias conceptuales e iniciar la elaboración de las secuencias didácticas. Es importante aclarar que los estudiantes no tuvieron ningún tipo de acercamiento a los conceptos tratados en el diagnostico diferentes a los que se generaron en sus grados anteriores, o aquellos que lograron adquirir por las experiencias con sus familiares o amigos.

2.1.1. Aplicación y análisis del diagnóstico

Se aplicó el taller diagnóstico a 32 estudiantes (Figura 2-2) para determinar los conceptos previos en los siguientes temas: relaciones interespecíficas en los ecosistemas, partes y funciones de la planta y generalidades de los microorganismos.

Figura 2-2. Estudiantes del curso 502 respondiendo el taller diagnóstico sobe los conceptos previos

Para la primera pregunta, en mención a las relaciones interespecíficas, se obtuvieron los siguientes resultados:

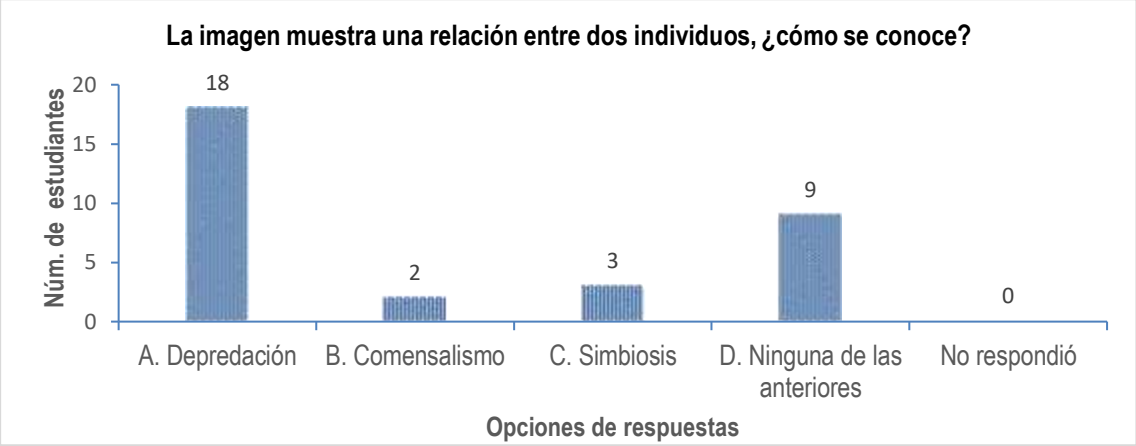


Figura 2-3. Frecuencias de respuestas de los estudiantes a la primera pregunta del taller diagnóstico de relaciones en los ecosistemas

Como se muestra en la figura anterior se dio una tendencia errónea a la opción a. Posterior al análisis y discusión con los estudiantes se hizo evidente que la imagen no era del todo clara y que fácilmente generó confusión entre los niños. Si bien es cierto, las imágenes y las ilustraciones son herramientas muy favorables para el aprendizaje en la educación básica primaria, también es importante que dichas imágenes sean muy claras para evitar confusiones o ambigüedad en la enseñanza de un concepto. Condición por la cual sería pertinente para una nueva aplicación de esta estrategia teórico práctica modificar la imagen de este numeral.

Para la segunda pregunta, la totalidad de los estudiantes relacionaron la imagen con procesos de digestión, ingestión y alimentación, como se muestra a continuación:

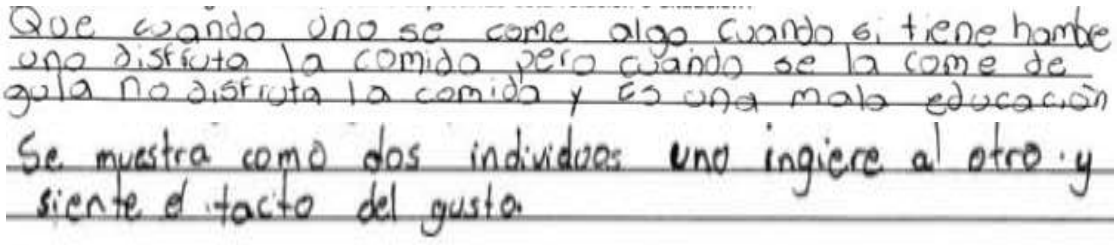


Figura 2-4. Ejemplos de respuestas a la segunda pregunta del taller diagnóstico sobre relaciones en los ecosistemas

En la tercera pregunta la totalidad de los estudiantes señalaron correctamente las partes de la planta, incluso en la escritura de las funciones fueron muy acertados, algunos se atrevieron a mencionar estructuras como el xilema y el floema (Figura 2-6).

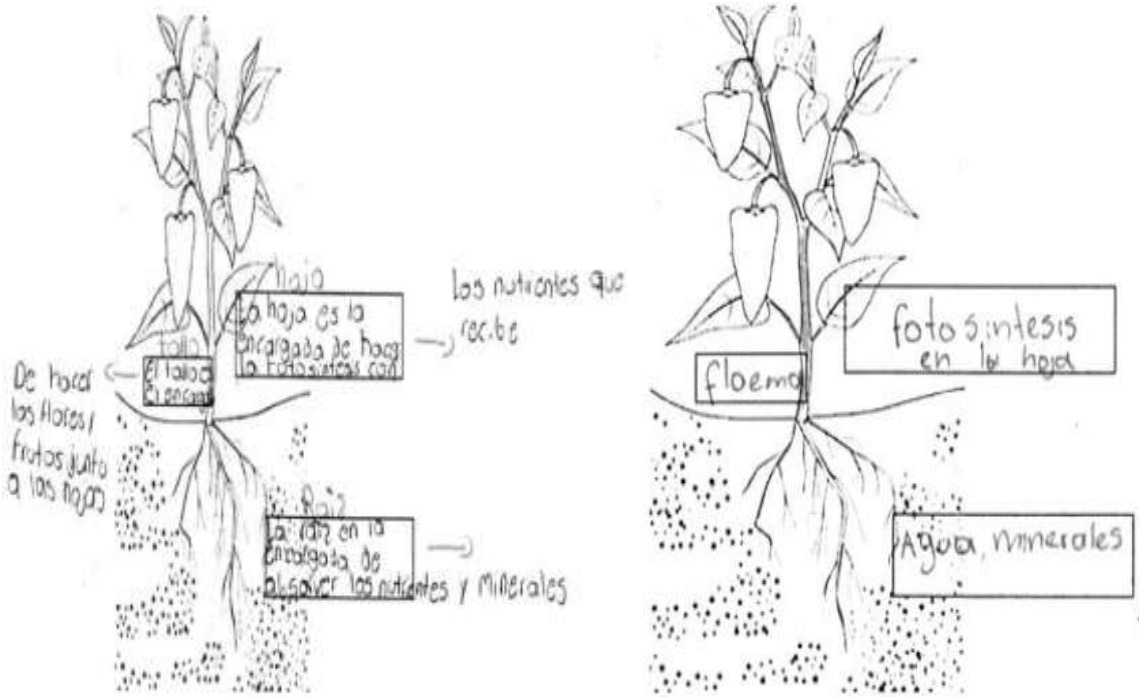


Figura 2-5. Ejemplos de respuestas de los estudiantes a la tercera pregunta del taller diagnóstico sobre partes y funciones de la planta

En la cuarta pegunta la totalidad de los estudiantes respondieron acertadamente, describieron procesos de absorción de minerales y agua por parte de la raíz (Figura 2-7).

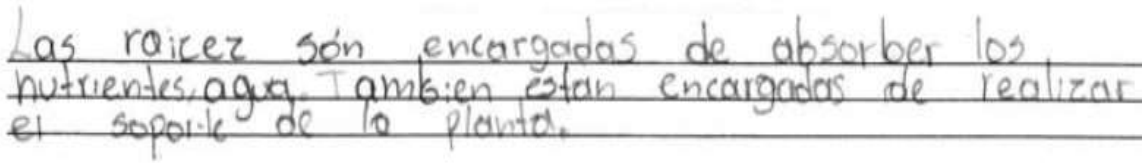


Figura 2-6. Ejemplo de respuesta a la cuarta pregunta del taller diagnóstico sobre las funciones de la raíz de la planta

En la sexta pregunta se presentaron las frecuencias que se muestran en la tabla. Se plantearon cuatro literales (a, b, c, d) en este numeral, que indagaron sobre las ideas iniciales de los estudiantes sobre algunos aspectos relacionados con los microorganismos, a las cuales los niños respondieron de la manera que se indica en la Figura 2-8 y en la Tabla 2-1.

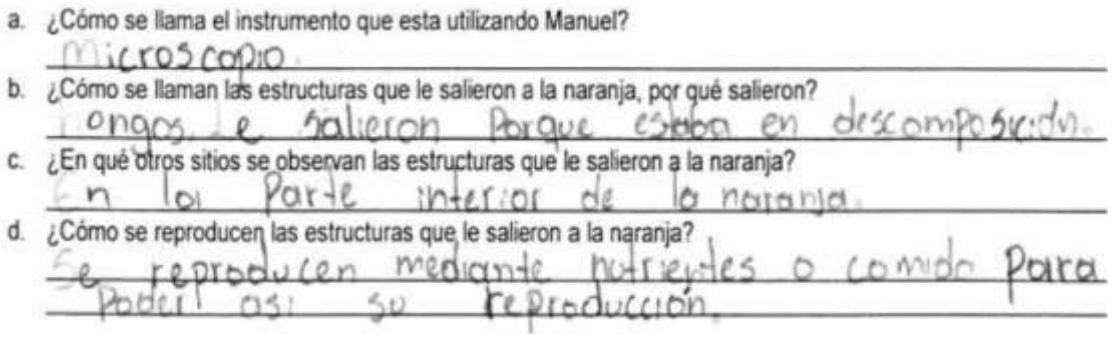


Figura 2-7. Ejemplo de respuestas a la sexta pregunta (literales a, b, c y d) del taller diagnóstico sobre generalidades de los microorganismos

En el **literal a**, todos los estudiantes respondieron correctamente, pues gracias a la asignatura de práctica experimental, que se implementó en el colegio con la jornada única desde el 2016, se fortaleció el trabajo en el laboratorio con los estudiantes de básica primaria, lo que les permitió tener conceptos apropiados del tema.

En el **literal b**, se presentaron varias opciones, pero la tendencia más marcada va hacia la presencia de hongos por descomposición del alimento y por factores como la humedad. Otros estudiantes relacionaron la descomposición del alimento con la presencia de moho y otros dos mencionaron las propiedades de los alimentos.

En el **literal c**, todos les estudiantes mencionaron diversos lugares, tales como células, microondas, alimentos.

En el **literal d**, los estudiantes citaron que las estructuras salieron en la naranja porque habían estado fuera de la nevera, en el microondas, porque la fruta tiene propiedades que favorecen la presencia de hongos y entre otras opciones, se incluye, porque es un mecanismo de reproducción.

Tabla 2-1. Frecuencias de respuestas de los estudiantes a las preguntas a, b, c y d del numeral 6 del taller diagnóstico sobre generalidades de los microorganismos

Literales de preguntas del numeral 6	Opciones de respuestas dadas por los estudiantes	Número de estudiantes
A	Microscopio	32
B	Hongos	25
	Moho	5
	Otras	2
C	Múltiples lugares	32
D	Nevera, microondas	21
	Propiedades fruta	9
	Otras	2

Con respecto al este punto, que enmarca ciertos aspectos de los microorganismos, fue notoria la visión negativa de los estudiantes, ya que los relacionaron con enfermedades y procesos de descomposición de alimentos. Situación parecida a la reportada por Karadon, *et al,* (2010), en la cual manifiesta que en su estudio el 53% de los estudiantes definieron los microorganimos como agentes de suciedad, contaminantes y nocivos, explica esta respuestas en el hecho que los estudiantes desarrollan preconceptos erróneos de medios como la televisión y que para cambiar estas ideas es necesario realizar una instrucción formal en la escuela que determine los conocimientos acertados en este tema, desde el contexto científico, tecnológico, industrial, social y medioambiental. Mckenney, *et al*, (2016), también evaluaron esta situación y aseguran que los microorganismos son vitales para el medio ambiente, pero su asociación con las enfermedades eclipsa sus beneficios.

Como se contempla en el taller diagnóstico, para finalizar esta etapa se realizó una socialización orientada por la docente (Figura 2-8).

Figura 2-8. Socialización con los estudiantes del taller diagnostico orientada por la docente

2.2. Secuencia didáctica 1: La planta, gran universo

2.2.1. Introducción

Con la aplicación de esta secuencia didáctica se pretendía reforzar en los estudiantes los conceptos relacionados con las partes y funciones de las plantas, especialmente de las raíces, para que posteriormente comprendieran la relación entre las raíces y las micorrizas, en el desarrollo de las próximas secuencias didácticas. Dado que la mayoría de los estudiantes manifestaron claridad con respecto al tema de partes y funciones de las plantas en el taller diagnóstico, se planteó una secuencia didáctica con una guía de trabajo en clase, que fue resulta con orientación del docente. Se precisa que los resultados y análisis de la aplicación de esta secuencia se darán en el orden establecido en el formato de Díaz (2013), es decir, actividades de apertura, desarrollo y cierre.

2.2.2. Diseño de la secuencia didáctica 1: La planta, gran universo

En el Anexo 2 se muestran los contenidos y criterios de la secuencia didáctica 1, de acuerdo con el formato de Díaz (2013) con algunas adaptaciones por las condiciones de tiempo con los estudiantes y de disponibilidad de recursos. Para esta secuencia se contempló la elaboración de una guía para la actividad de desarrollo (Anexo 3), con unos materiales solicitados a los estudiantes, previamente al desarrollo de la guía.

2.2.3. Aplicación y análisis de la secuencia didáctica 1: La planta, gran universo

Para iniciar esta secuencia se realizó una lluvia de ideas sobre los conceptos que se abordarían en la guía de trabajo en clase de la secuencia didáctica. Posteriormente se organizaron los estudiantes con sus materiales como se describe en la actividad de apertura de la secuencia didáctica. En este caso, se aplicó a 31 estudiantes, ya que para esa fecha un estudiante se encontraba en un proceso de incapacidad, por esa razón, fue enviada la actividad para resolverla en casa.

- **Actividad de desarrollo**

Con referencia al planteamiento de la guía de la actividad en clase de esta secuencia didáctica (Anexo 3), se presentaron las siguientes modificaciones: La actividad de desarrollo se aplicó en el salón (Figura 2-9) y no en la zona verde por condiciones

climatológicas. Además, la guía fue resuelta de forma individual (Figura 2-10), ya que los estudiantes motivados en la actividad llevaron suficientes materiales para hacerlo de esta manera.

Figura 2-9. Estudiantes resolviendo la guia de trabajo en clase de la secuncia didactica 1: La planta, gran universo

Figura 2-10. Respuestas a la primera pregunta de la guía de trabajo en clase de la secuencia didáctica 1: La planta, gran universo

- **Actividad de cierre**

Para los estudiantes que aplicaron la actividad fue evidente una conceptualización adecuada de las partes y funciones de la planta, por ello, se realizó una socialización verbal de la guía. Los estudiantes manifestaron claridad en el tema, ya que es un tópico que han trabajado en años anteriores según el plan de estudios del área de ciencias naturales en la institución educativa.

2.3. Secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

2.3.1. Introducción

Dado que según los estándares básicos en ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 20016) los estudiantes de grado quinto de la educación básica primaria deberían tener nociones muy generales de los microorganismos, con esta secuencia didáctica se buscó fortalecer el conocimiento en este tópico, por ello, se plantearon varias actividades de apertura, desarrollo y cierre. También, considerando la importancia de la comprensión acertada de este tópico para entender las características de las micorrizas en posteriores secuencias didácticas. Se precisa que los resultados y análisis de la aplicación de esta secuencia se darán en el orden establecido en el formato de Díaz (2013), es decir, actividades de apertura, desarrollo y cierre.

2.3.2. Diseño de la secuencia didáctica

La secuencia didáctica de diseño de acuerdo con el formato de Díaz (2013) con algunas modificaciones, por las condiciones de extensión y tiempo con los estudiantes (Anexo 4). En el cuestionario inicial se involucran los padres de familia en el acompañamiento del proceso de sus hijos en casa. Además, se diseñó una guía con actividades en el aula y en el laboratorio. Para la actividad de apertura, se sugirió un taller para resolver en casa con ayuda de los padres de familia, pero se aclara que no se debe realizar consulta previa para responder las preguntas, como se muestra en el Anexo 5. Posteriormente, se planteó una guía (Anexo 6) con actividades individuales de consulta en internet, en el laboratorio y de socialización.

2.3.3. Aplicación y análisis de la secuencia didáctica

- **Actividad de apertura**

Con anterioridad a la fecha de socialización, se envió el cuestionario inicial a los 32 estudiantes para resolver con ayuda de los padres de familia. Se indicó que para dar respuesta a este cuestionario (Figura 2-11), no debían realizar ningún tipo de consulta, pues era de vital importancia contar con esa información para el planteamiento de la actividad de desarrollo.

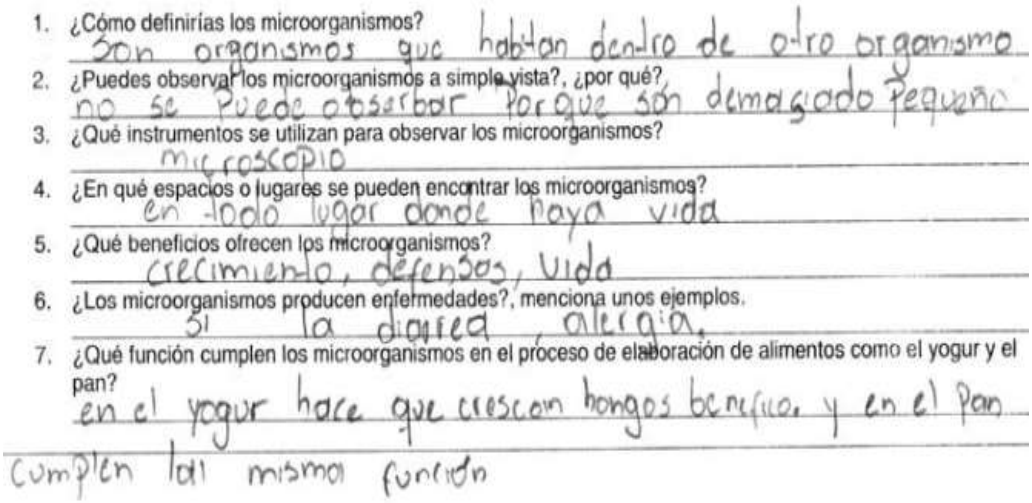

1. ¿Cómo definirías los microorganismos?
son organismos que habitan dentro de otro organismo
2. ¿Puedes observar los microorganismos a simple vista?, ¿por qué?
no se puede observar porque son demasiado pequeño
3. ¿Qué instrumentos se utilizan para observar los microorganismos?
microscopio
4. ¿En qué espacios o lugares se pueden encontrar los microorganismos?
en todo lugar donde haya vida
5. ¿Qué beneficios ofrecen los microorganismos?
crecimiento, defensas, vida
6. ¿Los microorganismos producen enfermedades?, menciona unos ejemplos.
si la diarea, alergia.
7. ¿Qué función cumplen los microorganismos en el proceso de elaboración de alimentos como el yogur y el pan?
en el yogur hace que crescan hongos benefico. y en el Pan cumplen tal mismo funcion

Figura 2-11. Ejemplos de respuestas al cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Con respecto a las indicaciones dadas para resolver este cuestionario, se tuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2-2. Frecuencias de las formas de respuesta de los estudiantes al cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Formas de respuesta de los estudiantes	Número de estudiantes
Respondieron sin consultar	27
Respondieron con consulta	4
No respondieron	1

Dado que 27 estudiantes siguieron la instrucción de no realizar consulta para resolver el cuestionario (Tabla 2-2), el analisis de datos se realizo con ellos, no con la totalidad de los estudiantes a los cuales se les entrego la tarea (32 estudiantes). De acuerdo a esto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2-3. Respuestas al cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Número de pregunta	Opciones de respuestas dadas por los estudiantes	Número de estudiantes
1	Partículas pequeñas que no se pueden ver	24
	Organismos que viven dentro de otros organismos	3
2	Son muy pequeños	27

3	Microscopio	27
4	Muchos o todos los lugares, donde hay vida	27
5	Salud, industria alimenticia	27
6	Gripe, afecciones estomacales	25
	No causan enfermedades	2
7	Elaboración y conservación de alimentos y otros	27

De acuerdo con lo contemplado en la secuencia didáctica, posterior a que los estudiantes resolvieran el cuestionario inicial en casa, se realizó una socialización en el salón dirigida por la docente (Figura 2-12), con registro de apuntes en el tablero (Figura 2-13). Se destacó en esta etapa la participación, motivación y entusiasmo de los estudiantes. En este punto, fue evidente la confusión y desconocimiento de los estudiantes con respecto a los hongos, como resultado de la enseñanza en años anteriores, donde los planes de estudio contemplan este tópico de manera general u asociado a fenómenos como la reproducción. Esta conducta es citada por Moore, *et al,* (2005), al ratificar que los hongos son fundamentalmente importantes en la vida de los seres humanos, pero que los niños no reciben enseñanza sobre este tema, pues abandonan la escuela sabiendo muy poco sobre los aspectos tanto científicos como comerciales de los hongos, y plantean la propuesta de implementar en los planes de estudio una asignatura de biología fúngica. Byrne (2011), se suma a este llamado al sugerir una adaptación a los planes de estudio en las escuelas que consideren la enseñanza de la microbiología en interacción con la salud, la ecología y la biotecnología.

Figura 2-12. Socialización con los estudiantes del cuestionario inicial de la secuencia didactica 2: Nuestros seres ocultos

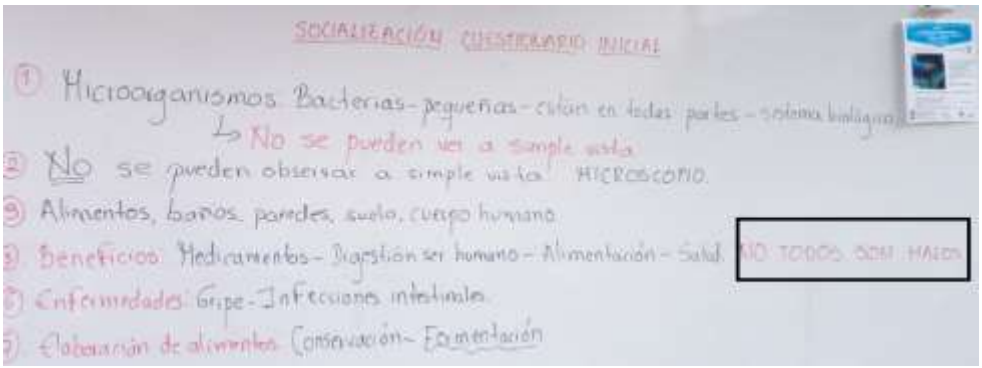


Figura 2-13. Apuntes en el tablero de la socialización del cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Es crucial el aporte que se genera en esta etapa, ya que los estudiantes empezaron a dimensionar que los microorganismos también ofrecen beneficios, de hecho, mencionaron que “no todos son malos”, como se muestra en la Figura 2-13. En la siguiente sesión se entregó a cada estudiante la guía de trabajo que comprendía tres fases: dos en el aula de informática y una en el laboratorio.

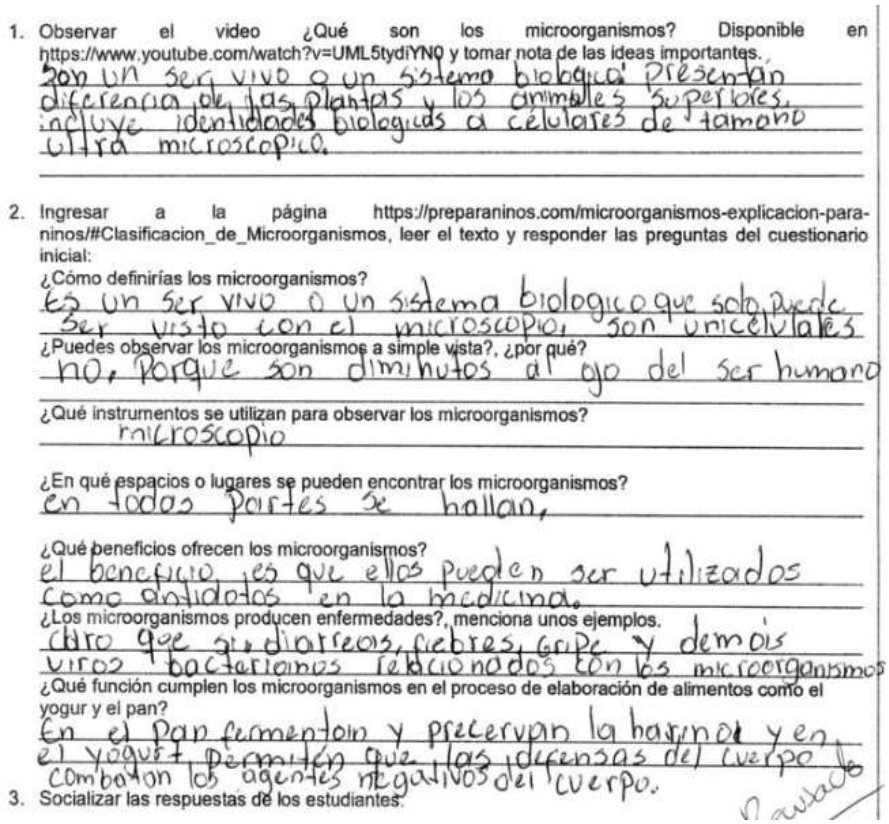
Con el propósito de incentivar la participación y la curiosidad de los estudiantes, se realizó un juego de concentración con imágenes de hongos tanto macroscópicos como microscópicos, como se refleja en la siguiente figura:

Figura 2-14. Estudiantes resolviendo el juego de concentración planteado en la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

- **Actividad de desarrollo**

Para la primera actividad en el aula de informática, los estudiantes observaron un video e ingresaron al blog citado en la guía, con el propósito de afianzar su conocimiento en el tema. Posteriormente, resolvieron las mismas preguntas del cuestionario inicial (Figura 2-

15). Se finalizó esta etapa con la socialización, en la que se evidenció que los estudiantes no estaban alejados de sus respuestas con respecto al cuestionario inicial. Ese día se solicitaron a los estudiantes los materiales para la sesión en el laboratorio.



1. Observar el video ¿Qué son los microorganismos? Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=UML5tydiYNQ y tomar nota de las ideas importantes.
son un ser vivo o un sistema biologico presentan diferencia de las plantas y los animales superiores, influye identidades biologicas a celulares de tamaño ultra microscopico.

2. Ingresar a la página https://prepararninos.com/microorganismos-explicacion-para-ninos/#Clasificacion_de_Microorganismos, leer el texto y responder las preguntas del cuestionario inicial:

¿Cómo definirías los microorganismos?
es un ser vivo o un sistema biologico que solo puede ser visto con el microscopio, son unicelulares

¿Puedes observar los microorganismos a simple vista?, ¿por qué?
no, porque son diminutos al ojo del ser humano

¿Qué instrumentos se utilizan para observar los microorganismos?
microscopio

¿En qué espacios o lugares se pueden encontrar los microorganismos?
en todas partes se hallan,

¿Qué beneficios ofrecen los microorganismos?
el beneficio es que ellos pueden ser utilizados como antidotos en la medicina.

¿Los microorganismos producen enfermedades?, menciona unos ejemplos.
claro que si, diarreas, fiebres, gripe y demás virus bacterianos relacionados con los microorganismos

¿Qué función cumplen los microorganismos en el proceso de elaboración de alimentos como el yogur y el pan?
en el pan fermentan y preservan la harina y en el yogurt permiten que las defensas del cuerpo combaten los agentes negativos del cuerpo.

3. Socializar las respuestas de los estudiantes.

Figura 2-15. Respuestas a la primera parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

En la sesión de laboratorio los niños llevaron un champiñón y un tomate en descomposición, con el objetivo de observar y diferenciar estructuras en cada uno (Figura 2-16). Esta sesión representó múltiples dificultades para los estudiantes y para el docente, pues el tema era desconocido y confuso para los niños. Esta condición es reforzada por Klees y Piepenbring (2018), quienes describen que la transmisión del conocimiento sobre los hongos es un proceso complejo y difícil de entender, porque su enseñanza se presenta tradicionalmente con ilustraciones estáticas, que requieren numerosas explicaciones por el maestro, así como la capacidad de abstracción y esfuerzo de los estudiantes. Con estos antecedentes, se realizó una explicación por parte del docente, pero, al recoger los aportes, se notó la dificultad en la comprensión de los conceptos tratados. Por esa razón, se modificó el desarrollo de la guía y se repitió la práctica en el laboratorio (Figura 2-17)

con materiales facilitados por el docente y los estudiantes corrigieron sus respuestas (Figura 2-18).

Figura 2-16. Estudiantes resolviendo la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Se explica detalladamente las características de los hongos, las diferencias entre hongos macroscópicos y microscópicos, el proceso de reproducción a través de esporas. Los niños nuevamente resuelven su guía y elaboran una ficha de estudio (Figura 2-19), en la cual recopilaron la información más destacada en cuanto a las estructuras de los hongos analizados, de esta manera, se notó una mejor comprensión de los tópicos.

Figura 2-17. Estudiantes repitiendo la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

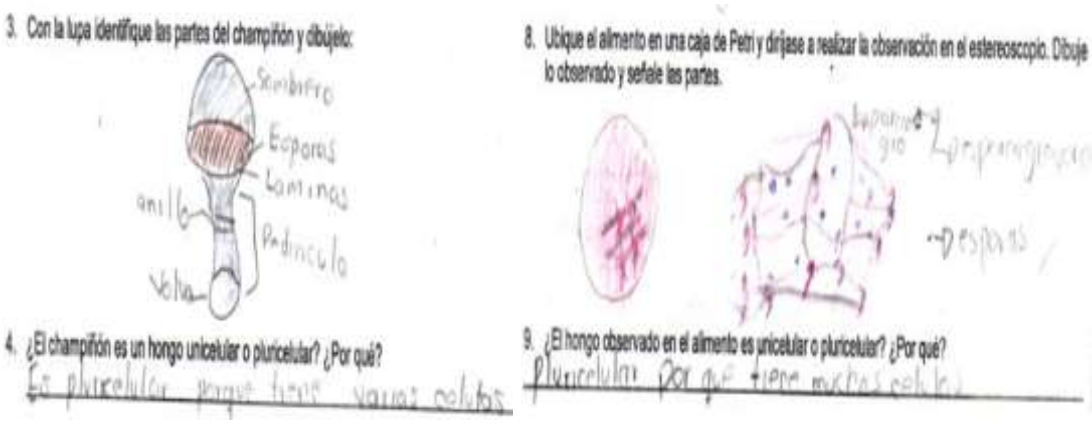


Figura 2-18. Corrección de las respuestas a la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

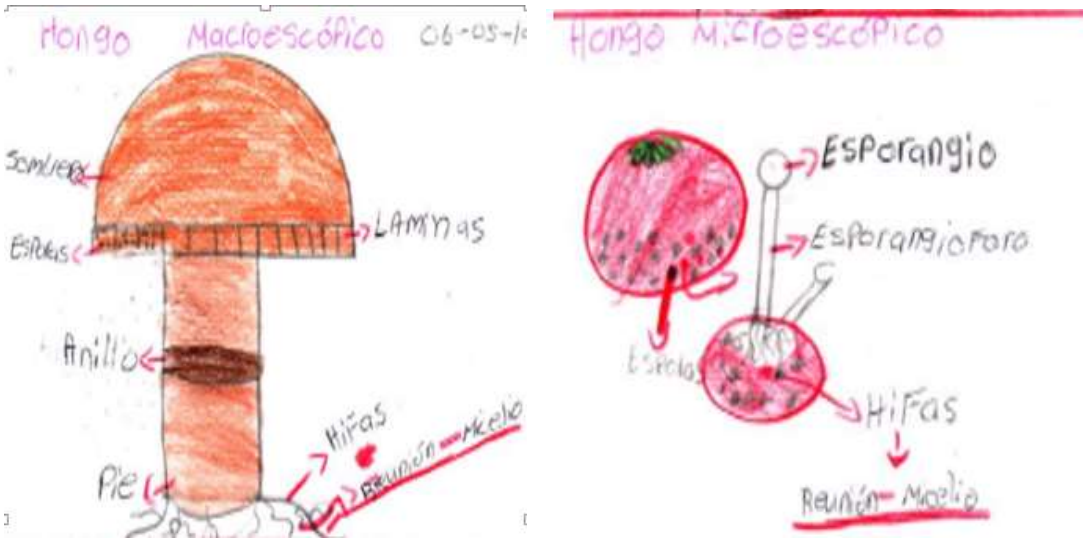


Figura 2-19. Ficha de estudio elaborada por los estudiantes sobre los conceptos repasados en la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Para culminar esta sesión se aplicó una corta evaluación, arrojando notas aprobadas para la totalidad de los estudiantes del curso, como se muestra en las siguientes imágenes:

Figura 2-20. Evaluación presentados por los estudiantes para evaluar los conceptos de la segunda parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Se continuó con la tercera fase, nuevamente en el aula de informática, donde los estudiantes observaron el vídeo que se sugirió en la guía y respondieron las preguntas.

Los estudiantes manifestaron muchas dudas e inquietudes, por ello, el docente proyectó nuevamente el video y explico pausadamente los conceptos que se describen, como se señala a continuación:

Figura 2-21. Proyección y explicación del video por parte del docente de la ultima parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Se hizo énfasis en esta imagen (Figura 2-22), ya que es similar a la del diagnóstico. Se buscó que los niños tuvieran asociación de imágenes para facilitar la comprensión del tópico de simbiosis, dado que a través de las imágenes los modelos mentales se representan con mayor facilidad, y en comparación con la representación verbal, las imágenes se almacenan con menor dificultad en la memoria a largo plazo, favoreciendo procesos cognitivos de asimilación y de acomodación para crear nuevos esquemas de un concepto (Hamdiyati, *et al*, 2017).

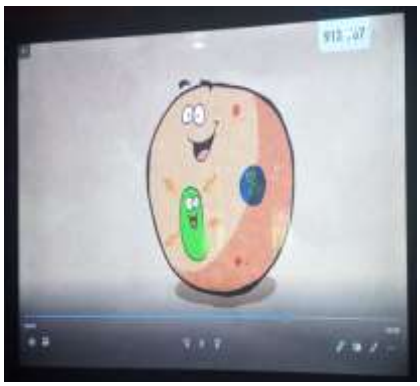
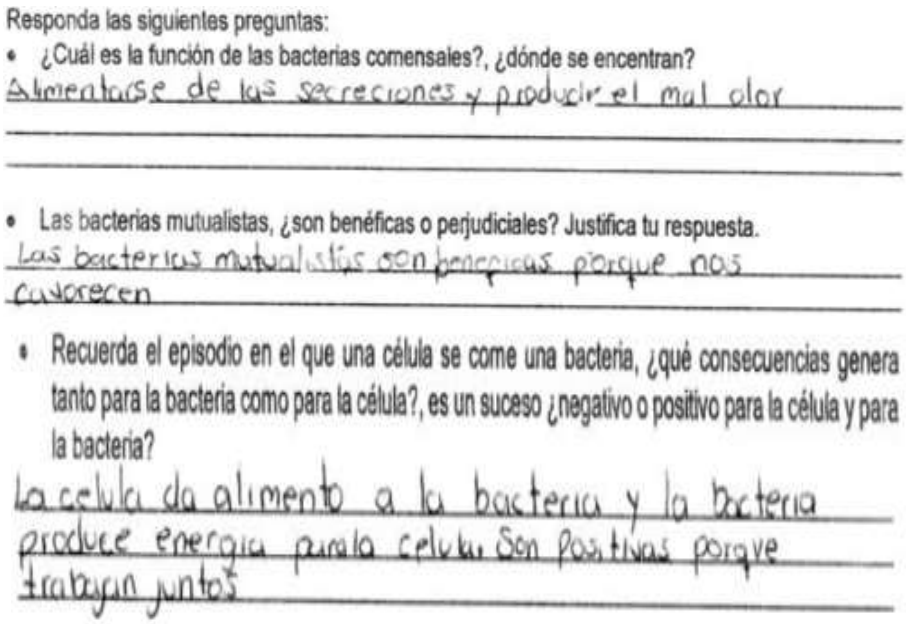


Figura 2-22. Imagen destacada y trabajada con los estudiantes en la ultima parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Al finalizar la explicación del video, los estudiantes corrigieron sus respuestas de la guía (Figura 2-23) y se aplicó una evaluación para valorar la comprensión sobre el tema (Figura 2-24).


Responda las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la función de las bacterias comensales?, ¿dónde se encentran?

Alimentarse de las secreciones y producir el mal olor

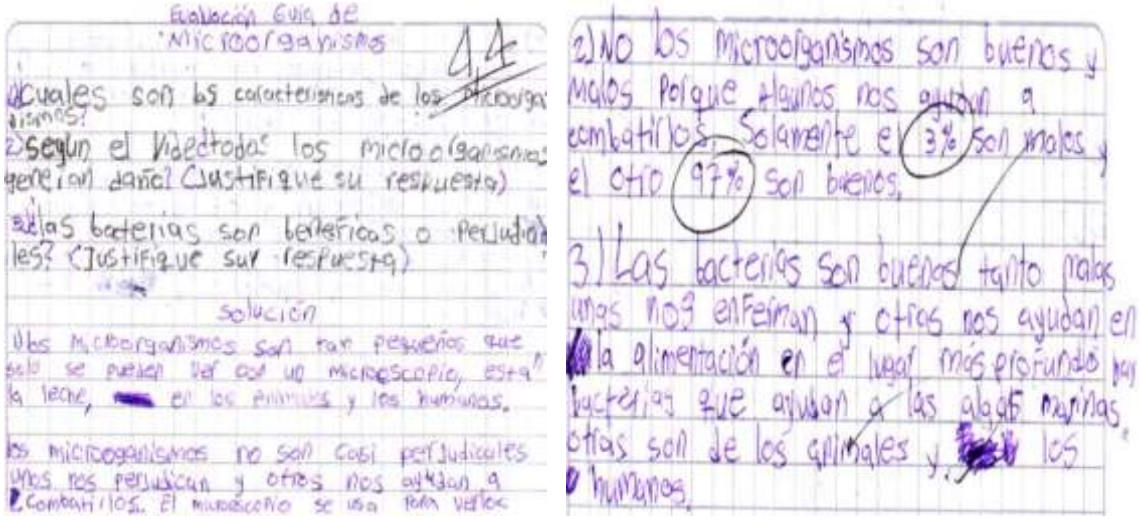
- Las bacterias mutualistas, ¿son benéficas o perjudiciales? Justifica tu respuesta.

Las bacterias mutualistas son benéficas porque nos cuidan

- Recuerda el episodio en el que una célula se come una bacteria, ¿qué consecuencias genera tanto para la bacteria como para la célula?, es un suceso ¿negativo o positivo para la célula y para la bacteria?

La celula da alimento a la bacteria y la bacteria produce energia para la celula Son positivas porque trabajan juntos

Figura 2-23. Corrección de las respuestas a la última parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos


Evaluación Guia de Microorganismos

4.4

1) Cuales son las caracteristicas de los microorganismos?

2) Segun el Videotodos los microorganismos generan daño? (Justifique su respuesta)

3) Las bacterias son benéficas o perjudiciales? (Justifique su respuesta)

Solución

1) los microorganismos son tan pequeños que solo se pueden ver con un microscopio, estan la leche, en los animales y los humanos.

los microorganismos no son todos perjudiciales unos nos perjudican y otros nos ayudan a combatirlos. El microscopio se usa para verlos

2) No los microorganismos son buenos y malos Porque algunos nos ayudan a combatirlos. Solamente el 3% son malos y el otro 97% son buenos.

3) Las bacterias son buenos tanto malos unas nos enferman y otras nos ayudan en la alimentación en el lugar más profundo hay bacterias que ayudan a las algas marinas, otras son de los animales y los humanos.

Figura 2-24. Evaluación presentado por los estudiantes para evaluar los conceptos de la ultima parte de la guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

Se pudo notar que el tópico de bacterias fue de fácil comprensión en comparación con el de hongos, porque de acuerdo con el plan de estudios de la institución y los estándares básicos en ciencias naturales es un tema con el que los niños han tenido más acercamientos. Fue muy positivo el debate que se generó en torno a los microorganismos, ya que los estudiantes lograron determinar que la mayoría son benéficos y necesarios en procesos industriales, medicinales, como se muestra en la Figura 2-24, donde el estudiante señala que el 97% de los microorganismos son buenos. Además, relacionaron la temperatura y los empaques del refrigerio, con la conservación de los alimentos ante los microorganismos, lograron justificar la necesidad de mantener los productos a unas temperaturas muy bajas y de consumirlos en el menor tiempo posible. En ese entorno, nacieron inquietudes sobre los alimentos con prebióticos, entonces el docente aclaro los procesos y los estudiantes comprendieron sus beneficios para la salud. En relación con esta condición, Reyes y Paños (2018), exponen que la falta de oportunidades de enseñanza – aprendizaje formal con respecto a los microorganismos, hace que la familia, los grupos de amigos y los medios de comunicación sean las principales fuentes de información sobre los fenómenos científicos.

2.4. Secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos

2.4.1. Introducción

En la secuencia didáctica anterior se introdujo a los estudiantes en el tópico de los microorganismos, sus características, morfología y clasificación; se buscó que pudieran relacionarlos con procesos vitales en los ecosistemas. Ahora, en esta secuencia didáctica se expuso un repaso sobre algunas generalidades de los ecosistemas y las relaciones que se presentan, puesto que este tema se ha trabajado en diferentes grados según el plan de estudios del colegio. Se precisa que los resultados y análisis de la aplicación de esta secuencia se darán en el orden establecido en el formato de Díaz (2013), es decir, actividades de apertura, desarrollo y cierre.

2.4.2. Diseño de la secuencia didáctica

Esta secuencia didáctica nuevamente involucro a los padres de familia en el acompañamiento de las tareas de sus hijos (Anexo 7), con el objetivo de generar cercanía con las relaciones en los ecosistemas. Además, se planteó una guía para resolver en clase.

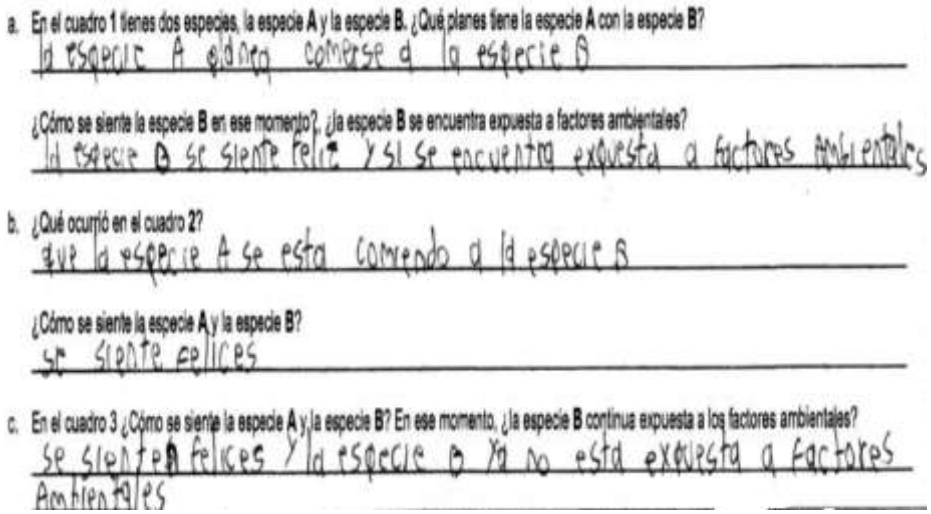
En la actividad de apertura, cada estudiante recibió una guía para resolver en casa (Anexo 8), con acompañamiento de los padres. El propósito de esta actividad era lograr una interpretación de imágenes.

Después, cada estudiante debió resolver la guía de trabajo (Anexo 9) que incluyó una explicación en clase y una parte práctica en las zonas verdes del colegio.

2.4.3. Aplicación y análisis de la secuencia didáctica

- **Actividad de apertura**

Se entregó de manera individual a la totalidad de los estudiantes una guía (Figura 2-25), en la cual estaba la misma imagen del taller diagnóstico (Anexo 1), para que pudieran describir su percepción con respecto a las imágenes, después de haberlas trabajado varias veces.


a. En el cuadro 1 tienes dos especies, la especie **A** y la especie **B**. ¿Qué planes tiene la especie **A** con la especie **B**?
la especie A quiere comerse a la especie B

¿Cómo se siente la especie **B** en ese momento? ¿la especie **B** se encuentra expuesta a factores ambientales?
la especie B se siente feliz y si se encuentra expuesta a factores ambientales

b. ¿Qué ocurrió en el cuadro 2?
que la especie A se esta comiendo a la especie B

¿Cómo se siente la especie **A** y la especie **B**?
se siente felices

c. En el cuadro 3 ¿Cómo se siente la especie **A** y la especie **B**? En ese momento, ¿la especie **B** continua expuesta a los factores ambientales?
se sienten felices y la especie B ya no esta expuesta a factores Ambientales

Figura 2-25. Ejemplos de respuestas a la guía de la actividad de apertura de la secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos

Haciendo referencia a la imagen anterior, se descrine que todos los estudiantes relacionaron nuevamente las imágenes con procesos de digestión, al igual que en el taller diagnóstico, pero en esta última se presentó el avance que lograron reconocer que en esa relación entre los dos individuos de la imagen se produce un beneficio, porque ya no se expone a los factores como la lluvia. Tal como se describió en el diagnóstico (Anexo 1), la imagen de esta actividad propicia dudas y ambigüedad en los estudiantes, por esa razón se mantiene la posibilidad de perfeccionarla en una próxima aplicación de esta propuesta teórico práctica.

- **Actividad de desarrollo**

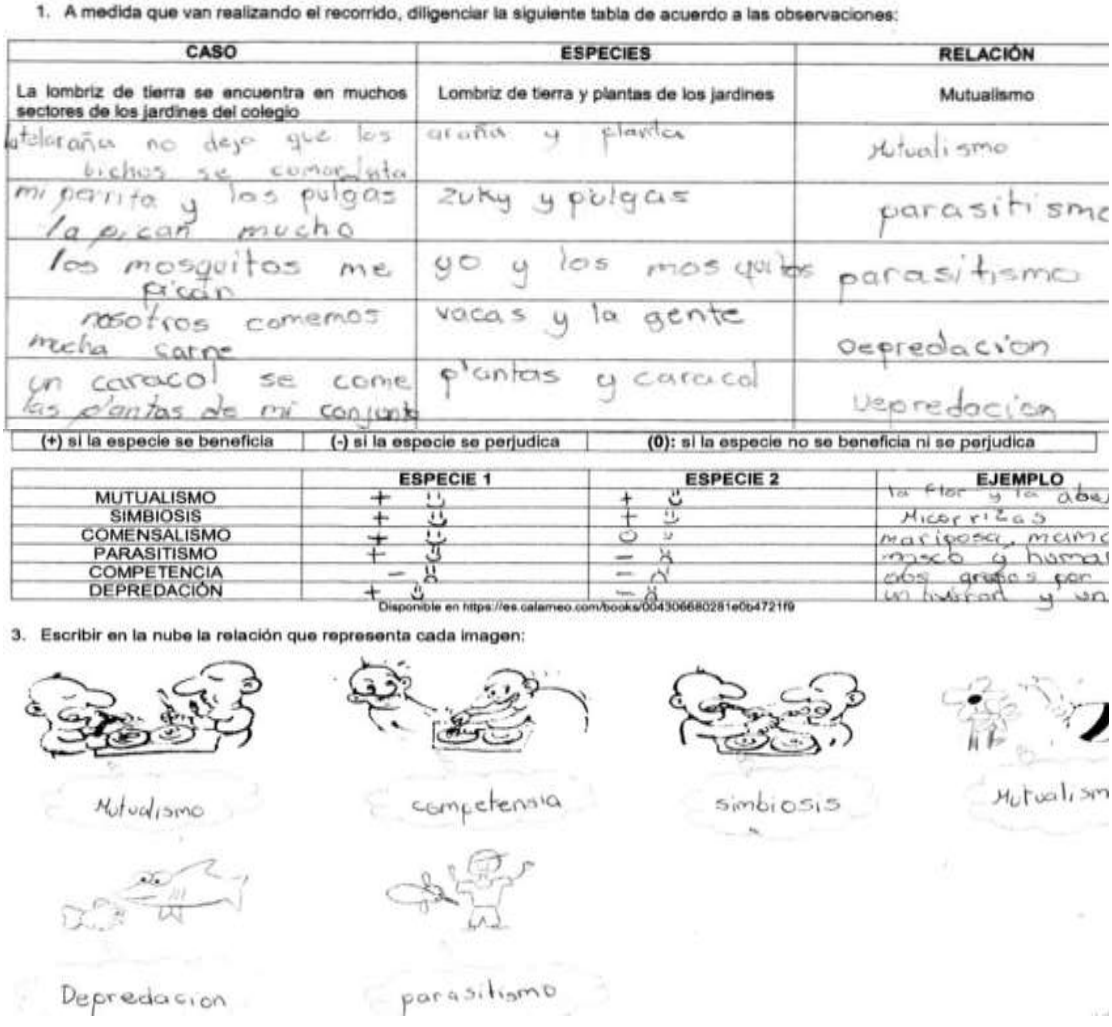
Se inició esta etapa de la secuencia didáctica con la socialización de las respuestas a la actividad de apertura mencionadas en el punto anterior. Luego, se organizaron los estudiantes, la docente realizó una introducción y explicación tanto de los objetivos de la actividad como de las relaciones interespecíficas en los ecosistemas y las micorrizas (Figura 2-26), aprovechando que los niños manifestaron claridad en los conceptos de ecosistema, factores bióticos y abióticos. Con respecto a las micorrizas, se notó un total desconocimiento por parte de los estudiantes, pero al finalizar la explicación fueron generando una comprensión adecuada. Con respecto a esto, Azul, *et al*, (2008), argumentan que este desconocimiento entre los estudiantes con respecto a las micorrizas es resultado de la falta de motivación de los maestros a realizar prácticas de laboratorio en este campo, ya que involucran protocolos largos y reactivos tóxicos; sumado a que los libros escolares no presentan actividades prácticas relacionadas con las micorrizas. Por ello, hacen un llamado para capacitar a los docentes sobre prácticas que involucren micorrizas, que utilicen métodos simples y reactivos seguros.

Figura 2-26. Explicación realizada por el docente previo al desarrollo de la guia de actividad en clase de la secuencia didactica 3: Aliados silenciosos

Una vez se realizó la explicación, los estudiantes alistaron los materiales para salir a la zona verde aledaña al colegio a desarrollar la guía, como se ilustra a continuación:

Figura 2-27. Estudiantes resolviendo la guía de actividad en clase de la secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos

Posterior a la inspección de las zonas e identificación de las relaciones en dicho ecosistema y su entorno, diligenciaron la guía (Figura 2-28).



1. A medida que van realizando el recorrido, diligenciar la siguiente tabla de acuerdo a las observaciones:

CASO	ESPECIES	RELACIÓN
La lombriz de tierra se encuentra en muchos sectores de los jardines del colegio	Lombriz de tierra y plantas de los jardines	Mutualismo
la telaraña no deja que los bichos se coman la	araña y planta	Mutualismo
mi perrita y las pulgas la pican mucho	zuky y pulgas	parasitismo
los mosquitos me pican	yo y los mosquitos	parasitismo
nosotros comemos mucha carne	vacas y la gente	depredacion
un caracol se come las plantas de mi conjunto	plantas y caracol	depredacion

(+) si la especie se beneficia	(-) si la especie se perjudica	(0): si la especie no se beneficia ni se perjudica

	ESPECIE 1	ESPECIE 2	EJEMPLO
MUTUALISMO	+	+	la flor y la abe
SIMBIOSIS	+	+	micorrizas
COMENSALISMO	+	0	mariposa, mamo
PARASITISMO	+	−	mosco y humar
COMPETENCIA	−	−	osos grises por
DEPREDACIÓN	+	−	un huron y un

Disponible en https://es.calameo.com/books/004306680281e0b4721f9

3. Escribir en la nube la relación que representa cada imagen:

Mutualismo

competencia

simbiosis

Mutualism

Depredacion

parasitismo

Figura 2-28. Respuestas a la guía de la actividad en clase de la secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos

Con la solución de la guía, fue notorio que los estudiantes comprendieron las relaciones en los ecosistemas, pues relacionaron estos conceptos con su entorno. Por ejemplo, con sus mascotas, los jardines que tienen cerca. A partir de esto, se espera que los niños produzcan una respuesta acertada cuando se enfrenten nuevamente a estos tópicos en su plan de estudios, ya que según Reyes y Paños (2018), este tipo de actividades, en las cuales se exponen tempranamente a los estudiantes a fenómenos científicos, llevan a una mejor comprensión de los conceptos estudiados más profundamente en años posteriores.

2.5. Secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

2.5.1. Introducción

Con esta secuencia se finalizó el desarrollo de la propuesta teórico práctica, por este motivo, además de comprender aspectos teóricos, también reunió las actividades de siembra, inoculación, seguimiento y observación de las micorrizas en las plántulas de las especies seleccionadas. Se precisa que los resultados y análisis de la aplicación de esta secuencia se darán en el orden establecido en el formato de Díaz (2013), es decir, actividades de apertura, desarrollo y cierre.

2.5.2. Diseño de la secuencia didáctica

Esta secuencia enmarca en su mayoría, la actividad de desarrollo con la aplicación de la guía de trabajo en el laboratorio, que fue propuesta para que los estudiantes siguieran indicaciones precisas en el momento de realizar la siembra e inoculación de las plántulas, y que posteriormente llevaran un registro detallado de las observaciones (Anexo 10).

Una vez se solicitaron los materiales a los estudiantes, se programó el laboratorio para hacer la siembra e inoculación de las plántulas con las micorrizas. Cada pareja recibió la guía de trabajo (Anexo 11), con el objetivo de seguir puntualmente las instrucciones.

2.5.3. Aplicación y análisis de la secuencia didáctica

- **Actividad de apertura**

Con antelación, se solicitó a los estudiantes los materiales pertinentes para la práctica de siembra e inoculación. Se entregó a cada estudiante la guía de trabajo en el laboratorio (Anexo 11), para leerla y dado el caso, se plantearán las inquietudes de forma oportuna.

- **Actividad de desarrollo**

Como se mencionó en la guía de trabajo en el laboratorio para esta secuencia didáctica, la primera parte comprendió la esterilización del suelo y la arena en el laboratorio de medicina de la Universidad El Bosque, a 120 °C durante 30 minutos (Figura 2-29), según protocolo de Giampaoli, *et al*. (2014).

Figura 2-29. Muestras de suelo y arena listas para autoclavar en el laboratorio de la Universidad El Bosque

El día de la práctica de siembra e inoculación el docente organizó en el laboratorio los materiales que se encontraban allá, mientras los estudiantes se ubicaron por parejas como se indicó en la guía de trabajo. Se inició mezclando el suelo con la arena procurando mantener proporciones iguales de cada uno. Se deja en un solo recipiente la mezcla (Figura 2-30) para ser utilizada por los estudiantes.

Figura 2-30. Mezcla de suelo y arena esterilizados en el recipiente de almacenamiento

Los estudiantes adicionaron la gravilla en cada uno de los vasos, con el fin de favorecer el drenaje del agua en el riego. Una vez se tuvieron los vasos con la gravilla, se agregó la mezcla del suelo y arena (Figura 2-31) en cada uno hasta la medida y se adicionaron las micorrizas comerciales a los tratamientos con los vasos azules (Figura 2-32).

Figura 2-31. Estudiantes adicionando la mezcla de suelo y arena a los vasos donde se sembraron las plántulas, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Figura 2-32. Estudiantes añadiendo las micorrizas comerciales a la mezcla de suelo y arena, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Para finalizar la siembra, se ubicaron las plántulas en cada uno de los vasos según los tratamientos (con micorrizas y sin micorrizas) y se cubrieron las raíces con la mezcla de suelo y arena (Figura 2-33).

Figura 2-33. Estudiantes ubicando las plántulas en cada uno de los vasos, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Cada grupo marcó sus vasos de acuerdo con los tratamientos, empleando los rótulos (Figura 2-34), y ubicaron las plántulas en el espacio diseñado con anterioridad en la huerta del colegio (Figura 2-35).

Figura 2-34. Estudiantes rotulando sus tratamientos, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Figura 2-35. Plántulas sembradas e inoculadas y plántulas control, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Se dejaron las plántulas en observación por una semana sin tomar registros, manteniendo el riego (Figura 2-36), con la frecuencia indicada en las mismas cantidades para todos los tratamientos.

Figura 2-36. Estudiante realizando el riego periódico a las plántulas, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Cuando se cumplió el tiempo, los estudiantes realizaron el primer seguimiento y control de sus plántulas, registrando sus datos en las siguientes tablas:

Tabla 2-4. Registro y seguimiento inicial para la longitud de las plántulas

			LONGITUD DE LA PLANTULA											
ESTUDIANTES	ESPECIE	TRATAMIENTO	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
		Con micorrizas												
		Sin micorrizas												

Tabla 2-5. Registro y seguimiento inicial para el número de hojas de las plántulas

			NÚMERO DE HOJAS											
ESTUDIANTES	ESPECIE	TRATAMIENTO	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
		Con micorrizas												
		Sin micorrizas												

Al culminar el primer seguimiento, se evidenció que un grupo destruyó su plántula. Los estudiantes argumentaron que era muy complicado registrar los datos de la longitud y el número de hojas porque las plántulas eran muy frágiles. Además, para el caso de la manzanilla se hizo muy difícil la labor debido a que presentan hojas compuestas, concepto que generó confusión entre los estudiantes. Por estas razones, se modificaron los formatos

de seguimiento (Tabla 2-6), con el propósito de conservar las plántulas y estandarizar las variables para todos los estudiantes (Figura 2-37).

Tabla 2-6. Registro y seguimiento final de las plántulas, de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

LECTURAS	OBSERVACIONES
Lectura 1 **Fecha: _____**	¿Cuál tiene el tallo más largo? _____ ¿Cuál tiene el mayor número de hojas? _____ ¿Se presentó muerte de alguna plántula? _____ Observaciones adicionales. _____ _____
Lectura 2 **Fecha: _____**	¿Cuál tiene el tallo más largo? _____ ¿Cuál tiene el mayor número de hojas? _____ ¿Se presentó muerte de alguna plántula? _____ Observaciones adicionales. _____ _____
Lectura 3 **Fecha: _____**	¿Cuál tiene el tallo más largo? _____ ¿Cuál tiene el mayor número de hojas? _____ ¿Se presentó muerte de alguna plántula? _____ Observaciones adicionales. _____ _____

Figura 2-37. Estudiantes realizando el segumiento de sus plántulas y registrando sus observaciones según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Durante las fechas programadas para el seguimiento, fueron evidentes los resultados positivos obtenidos por las plántulas inoculadas con las micorrizas, en comparación con las que no fueron inoculadas, tal cual como se puede comparar en las siguientes imágenes:

Figura 2-38. Comparación de las plántulas inoculadas con las micorrizas (vasos azules) con las no inoculadas (vasos rojos), según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Para finalizar la guía, se desarrolló la práctica de tinción y observación de raíces. Los estudiantes lograron extraer las plántulas de los recipientes, eliminar el exceso de suelo (Figura 2-39) y registrar los datos de longitud del tallo, longitud de la raíz y número de hojas (para las especies que fue posible) (Tabla 2-7).

Figura 2-39. Extracción y limpieza de las plántulas, según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Figura 2-40. Plántulas de caléndula, perejil liso y zanahoria con micorrizas y control (sin micorrizas)

Este ejercicio generó una motivación muy fuerte en los estudiantes, ya que fueron muy evidentes las diferencias de las plántulas que tenían micorrizas con las plántulas control, de acuerdo con la longitud y cantidad de las raíces, número y tamaño de las zanahorias, longitud del tallo, número de hojas (Figura 2-40).

Tabla 2-7. Registros de las variables registradas por los estudiantes de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

	LONGITUD DEL TALLO	
TRATAMIENTO	PLÁNTULA 1	PLÁNTULA 2
Con micorrizas	18.3	22.1
Sin micorrizas	11.7	8.3

	LONGITUD DE LA RAÍZ	
TRATAMIENTO	PLÁNTULA 1	PLÁNTULA 2
Con micorrizas	37.8	45.3
Sin micorrizas	22.5	28.0

Dando continuidad a la guía de trabajo de esta secuencia, se observaron las raíces en el microscopio y en el estereoscopio, antes de realizar la tinción para tener presentes las diferencias y los estudiantes graficaron sus observaciones en la guía, como se representa a continuación:

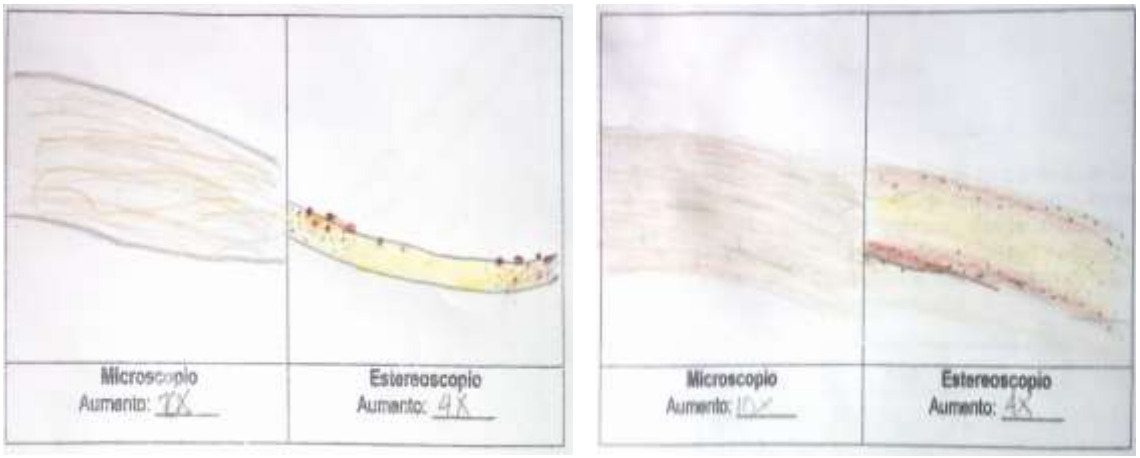


Figura 2-41. Observaciones de las raíces sin tinción de acuerdo con la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Posteriormente, se realizó la tinción de las raíces que se inocularon con micorrizas, de tal manera que fue seleccionada una plántula por especie, para evitar alterar los resultados de peso fresco y peso seco que seguían en el ensayo. Con respecto al protocolo de tinción de las raíces, se menciona que fue realizado de acuerdo a Vierheilig, et al. (1998), ya que es un método confiable, económico, sencillo, no tóxico y de alta calidad, haciéndolo útil en procesos de enseñanza (Figura 2-42), con algunas modificaciones según Sánchez, *et al,* (2010), por disponibilidad de recursos en el laboratorio del colegio; mientras que el proceso de limpieza y conservación de las raíces se aplicó según Azul, *et al,* (2008) y Sánchez, *et al,* (2010).

Figura 2-42. Estudiantes desarrollando el protocolo de tinción de las raíces según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4. Los científicos somos nosotros

Una vez finalizaron el protocolo, se observaron al microscopio los montajes, mostrando los siguientes resultados:

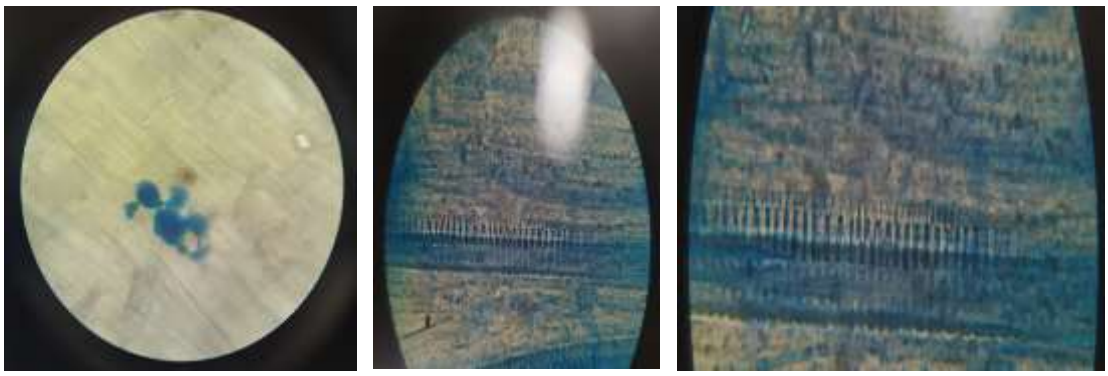


Figura 2-43. Observaciones al microscopio de las raíces con tinción en objetivo de 100x según la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Los estudiantes asumieron con responsabilidad y motivación la práctica de tinción y observación de las micorrizas, manifestaron que era una práctica novedosa y que les permitió conocer y utilizar varios elementos del laboratorio. En este contexto, Mckenney, *et al*, (2016), argumentan que la experiencia en el manejo de los materiales involucra a los estudiantes y fomenta la confianza a medida que interactúan con equipos de investigación, enriqueciendo la actividad en el laboratorio. Mientras Johnson, *et al*, (2009), aportan que este tipo de experimentos fortalecen el aprendizaje de las ciencias basadas en investigación, dado que proporcionan la oportunidad para integrar habilidades para la resolución de problemas biológicos, matemáticos y comunicativos. Reyes y Paños (2018) apoyan los anteriores criterios al indicar que las actividades experimentales implican gran participación de los estudiantes debido al uso de materiales prácticos, lo que promueve la activación mental y el desarrollo de habilidades científicas.

Ese mismo día, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Colombia, debidamente rotuladas, para determinar el peso fresco. Una vez se pesaron, se dejaron en el horno para secado. Pasados tres días, se recibieron las muestras y fueron pesadas nuevamente, para hallar el peso seco. Se trasladaron al colegio y fueron entregadas a los estudiantes, para registrar los datos en las tablas de la guía de trabajo (Tabla 2-8).

Tabla 2-8. Registro de los datos de peso fresco y peso seco en los dos tratamientos de acuerdo a la guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

	PESO FRESCO	
TRATAMIENTO	PLÁNTULA 1	PLÁNTULA 2
Con micorrizas	6,19 g	6,31 g
Sin micorrizas	4,69 g	2,69 g

	PESO SECO	
TRATAMIENTO	PLÁNTULA 1	PLÁNTULA 2
Con micorrizas	1,69	1,73
Sin micorrizas	1,27	0,74

Refiriéndonos específicamente a las micorrizas, se destaca que al finalizar la aplicación de las secuencias didácticas los estudiantes exponen una clara conceptualización, dado que lo relacionan con temas con los cuales ellos están más familiarizados, como las partes y funciones de la planta; además, porque el proyecto fue un medio de exploración alcanzable desde el punto de vista logístico y económico (Johnson, *et al*, 2009), condiciones que generaron acogida y aprobación entre ellos y sus padres. Con respecto a la metodología empleada por el docente, se destaca que fue determinante en la enseñanza del concepto deseado y favoreció el desarrollo de habilidades científicas, ya que con las actividades experimentales se logró captar la curiosidad de los estudiantes y proporcionar un ambiente de trabajo que los animó y les permitió construir su propio conocimiento, dado que pudieron realizar seguimiento y control a sus resultados. En este contexto, se dio un proceso de desarrollo cognitivo, en el cual los estudiantes explicaron los resultados de su experiencia con las plántulas inoculadas con las micorrizas y las plántulas control, en un proceso de asimilación, al integrar nuevas ideas en sus esquemas ya existentes sobre las plantas y sus partes; y posteriormente en su proceso de acomodación, modificaron los esquemas negativos sobre los microorganismos (Reyes y Paños, 2018).

Para finalizar la aplicación de las secuencias didácticas, los estudiantes resolvieron una evaluación final, con el mismo formato del taller diagnóstico. A partir de esto, se concluye que los niños mantuvieron sus conceptos e ideas con respecto a las partes y funciones de las plantas, tamaño de los microorganismos y la necesidad del microscopio para observarlos. Además, se observaron avances significativos en términos de las relaciones interespecíficas en los ecosistemas, las características y mecanismos de reproducción de los microorganismos (Figura 2-45). Con respecto a las relaciones en los ecosistemas, específicamente en la simbiosis, los estudiantes definieron correctamente el concepto de simbiosis, lo ejemplificaron con las micorrizas y lo relacionaron con la especie de plántulas utilizadas en su ensayo (Figura 2-44).

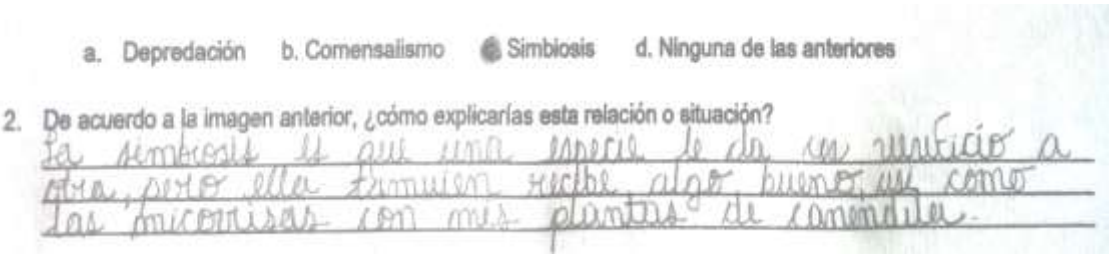


Figura 2-44. Ejemplo de definiciones del concepto de simbiosis dadas por los estudiantes en la evaluación final

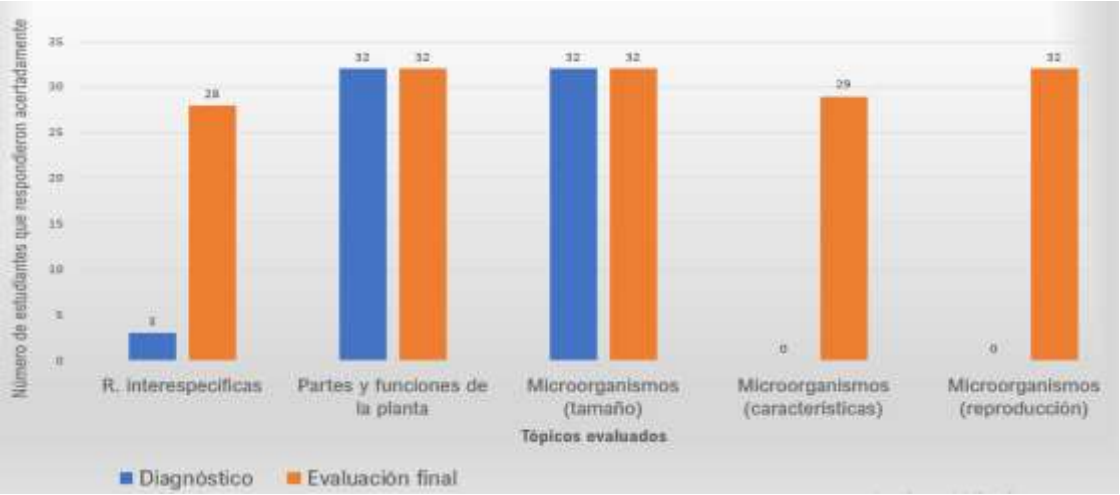


Figura 2-45. Resultados de las respuestas de los estudiantes en el diagnóstico y en la evaluación final

3. Conclusiones y recomendaciones

3.1. Conclusiones

El diagnostico permitió determinar los preconceptos e ideas de los estudiantes sobre los microorganismos, las partes de la planta con sus funciones y las relaciones en los ecosistemas. Con respecto a los microorganismos, inicialmente se establece que los niños tienen una representación negativa de ellos, los asocian a procesos de descomposición de los alimentos, enfermedades respiratorias e intestinales. Con las partes de la planta y sus respectivas funciones se evidenció total claridad. Respecto a las relaciones en los ecosistemas los estudiantes mostraron confusión y desconocimiento.

A partir de los resultados obtenidos con el diagnostico se realizó la selección de los aspectos teóricos que soportan las secuencias didácticas. La estrategia de modificar las secuencias didácticas de acuerdo con las necesidades de la población permitió desarrollar actividades que centraron la atención de los estudiantes y los motivaron a trabajar con los elementos que tenían a su alcance, dejando de lado los limitantes por los recursos, típicos en el trabajo en ciencias.

Durante el desarrollo del proyecto, se hizo evidente una comprensión adecuada de los conceptos teóricos y prácticos que se desarrollaron en las secuencias didácticas, como se evidencia en las actividades evaluativas. En este caso, la motivación de los estudiantes determinó el éxito del proyecto y la disciplina con todas las actividades propuestas. Además, el uso de las micorrizas con las plantas seleccionadas favoreció la conceptualización de las relaciones de simbiosis y mutualismo por parte de los estudiantes, ya que los resultados positivos en las plantas inoculadas con respecto a las no inoculadas fueron totalmente evidentes.

Con el desarrollo de este proyecto se logró articular y aplicar los contenidos de la asignatura de estadística con ciencias naturales, para el análisis y seguimiento de variables establecidas para las plántulas. De esta manera, se incentiva el trabajo interdisciplinario en las aulas, para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes.

3.2. Recomendaciones

Con respecto a las especies seleccionadas para el experimento, se sugiere iniciar el proceso tanto de inoculación como seguimiento cuando las plántulas tengan un tamaño y una estructura resistente, ya que en este ensayo se presentó la pérdida de una plántula por la manipulación inadecuada en un estado muy temprano de crecimiento. Además, para estandarizar los datos de crecimiento, es relevante iniciar el ensayo desde semillas y no desde plántulas, ya que se pueden presentar variaciones en los tamaños iniciales, que generarían confusión en los datos finales.

Para fortalecer en los estudiantes las habilidades comunicativas, se propone socializar los resultados del proyecto en actividades institucionales como el día la ciencia, de tal manera que toda la comunidad educativa pueda conocer los aportes de estas actividades al aprendizaje de los niños.

Anexos

DIAGNOSTICO

Estudiantes, por favor respondan las siguientes preguntas con total sinceridad, tengan presente que es un diagnóstico, por ello, ***no será evaluado,*** *lo importante es conocer las ideas con respecto a algunos tópicos de Ciencias Naturales. Gracias.*

1. La siguiente imagen muestra una relación entre dos individuos, ¿cómo se conoce?

Fuente: Construcción propia

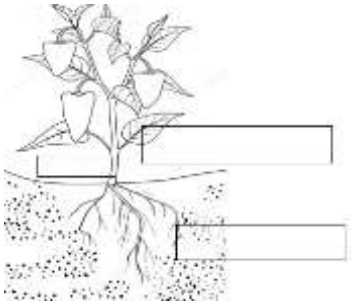
a. Depredación b. Comensalismo c. Simbiosis d. Ninguna de las anteriores

2. De acuerdo con la imagen anterior, ¿cómo explicarías esta relación o situación?

_____

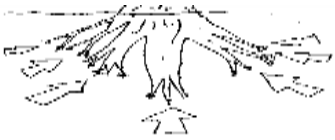
_____

3. Escribe en el recuadro la parte de la planta que señala con su respectiva función.



Disponible en https://www.dibujo.xyz/29486/plantas-con-raices-para-colorear.html/pagina-con-pimienta-en-la-planta-para-colorear-archivo, con adaptación propia

4. Explica detalladamente la siguiente imagen (recuerda mencionar todos los conceptos que tengas presentes).



Disponible en https://www.botanical-online.com/raiz.htm

5. Observa las imagenes y resulve las preguntas:

Disponible en http://opticanovosti.info/109f32/pagina-para-colorear-ciencia

a. ¿Cómo se llama el instrumento que esta utilizando Manuel?
_____

b. ¿Cómo se llaman las estructuras que le salieron a la naranja, por qué salieron?
_____

c. ¿En qué otros sitios se observan las estructuras que le salieron a la naranja?
_____

d. ¿Cómo se reproducen las estructuras que le salieron a la naranja?
_____

Anexo 1. Taller diagnóstico aplicado a los estudiantes de grado 502 sobre los conceptos previos

SECUENCIA DIDÁCTICA 1
LA PLANTA, GRAN UNIVERSO

Asignatura: Ciencias Naturales ***Unidad Temática:*** Los seres vivos ***Tema General:*** Partes y funciones de las plantas
Contenidos: Partes de las plantas Funciones de las estructuras de las plantas Importancia de la raíz Proceso de fotosíntesis Generalidades: Autótrofas
Duración de la secuencia: 1 semana, 2 sesiones distribuidas de la siguiente manera: Lunes: 2 horas Jueves: 2 horas
Nombre del profesor: Jenni Marcela Ochoa Sánchez
Finalidad, propósitos u objetivos: • Generar en los estudiantes una conceptualización adecuada de la importancia de la raíz en el proceso de absorción de elementos que requiere la planta. • Fortalecer el conocimiento que tienen sobre las partes y funciones de las plantas.
Problema, caso o proyecto: Los estudiantes tendrán una rama de cilantro para identificar las estructuras de la planta con su respectiva función. Es relevante para el ejercicio que detallen las características de las raíces, presencia de suelo.
Orientaciones generales para la evaluación: Al finalizar la actividad los estudiantes entregaran en el octavo de cartulina la rama de cilantro y la guía finalizada. Tener presentes los criterios de presentación y orden.
Línea de secuencias didácticas: • **Actividades de apertura:** Los estudiantes conseguirán una rama de cilantro completa (con raíz), lupa, una hoja blanca tamaño oficio, un octavo de cartulina, regla, útiles escolares, bata de laboratorio, toallas de cocina. • **Actividades de desarrollo:** Al iniciar la clase el docente realizara una lluvia de ideas en el tablero sobre las partes y funciones de la planta, procurando que los niños socialicen los conceptos previos. Posteriormente se organizarán en los grupos establecidos para el desarrollo del proyecto y saldrán a la zona verde a realizar la actividad. Una vez ubicados, con ayuda de la lupa, observarán detalladamente cada una de las estructuras de las ramas de cilantro, con la regla medirán la longitud de la raíz principal y sus ramificaciones. En el octavo de cartulina pegaran su rama de cilantro, señalaran sus partes y funciones. Al respaldo del octavo de cartulina pegaran la guía desarrollada. • **Actividades de cierre:** Los estudiantes socializaran su experiencia y el docente corregirá los conceptos erróneos.
Línea de evidencia de evaluación del aprendizaje: Los estudiantes entregaran el octavo de cartulina con las actividades solicitadas. La socialización al cerrar la actividad permitirá que el docente identifique y valore el aprendizaje de los estudiantes.
Recursos: Bibliográficos: Calderón, *et al*. (2012). Norma Ciencias para Pensar. Bogotá, Colombia. Grupo Editorial Norma. Cibergráficos: https://www.youtube.com/watch?v=L0_y3fIhYuQ

Anexo 2. Secuencia didáctica 1: La planta, gran universo

SECUENCIA DIDÁCTICA 1
LA PLANTA, GRAN UNIVERSO

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Materiales: una rama de cilantro completa (con raíz), lupa, una hoja blanca tamaño oficio, un octavo de cartulina, regla, útiles escolares, bata de laboratorio, toallas de cocina.

ACTIVIDAD

1. Con las toallas de cocina secar el exceso de agua de la rama de cilantro.
2. Ubicar la rama de cilantro sobre la hoja blanca tamaño oficio. Si el tamaño de la rama sobresale de la hoja de papel oficio, se pueden doblar las hojas de la rama de cilantro, es ***IMPORTANTE*** que las raíces queden ubicadas sobre la hoja de papel totalmente extendidas.
3. Con ayuda de la lupa observar detalladamente cada una de las estructuras de las ramas de cilantro y dibujarlas y escribir la función en los siguientes espacios:

Raíz:	Tallo:	Hojas:

4. Pegar la rama en la hoja blanca oficio. Con marcador de tinta negra enumerar las ramificaciones de la raíz que serán medidas Con la regla, medir la longitud de la raíz principal y sus ramificaciones.
5. Registrar los datos en la siguiente tabla:

Estructura	**Longitud (milímetros)**
Raíz principal	
Ramificación 1	
Ramificación 2	
Ramificación 3	
Ramificación 4	
Ramificación 5	
Ramificación 6	
Ramificación 7	
Ramificación 8	
Ramificación 9	
Ramificación 10	

6. Pegar la hoja blanca oficio con la rama de cilantro en el octavo de cartulina.
7. Responder las siguientes preguntas:

¿Por qué existen raíces de diferentes longitudes?

_____

_____

¿Qué le ocurriría a la planta si la raíz no cumpliera su función?

_____

8. Pegar esta guía en la cara del octavo de cartulina sin utilizar.

Anexo 3. Guía de trabajo en clase de la secuencia didáctica 1: La planta, gran universo

SECUENCIA DIDÁCTICA 2
NUESTROS SERES OCULTOS

Asignatura: Ciencias Naturales
Unidad Temática: Los seres vivos
Tema General: Los microorganismos

Contenidos:
Definición de microorganismos
Cómo podemos ver los microorganismos
Clasificación de los microorganismos
Dónde se encuentran los microorganismos
Cómo se alimentan los microorganismos
Cómo se reproducen los microorganismos
Beneficios de los microorganismos
Enfermedades causadas por los microorganismos

Duración de la secuencia:
3 semana, 2 sesiones cada semana distribuidas de la siguiente manera:
Lunes: 2 horas
Jueves: 2 horas
Total: 12 horas de clase, 6 sesiones

Nombre del profesor: Jenni Marcela Ochoa Sánchez

Finalidad, propósitos u objetivos:

- Fortalecer el conocimiento que tienen los estudiantes sobre los microorganismos.
- Incentivar en los estudiantes el conocimiento de los beneficios de los hongos para las asociaciones que se presentan en la naturaleza.

Problema, caso o proyecto:
Los estudiantes acostumbran a relacionar los microorganismos con procesos negativos en la naturaleza y con enfermedades, por las experiencias que han tenido y por los conceptos que recopilan de sus familias. Dichas experiencias terminan formando conceptos erróneos en los niños.

Orientaciones generales para la evaluación:
Al finalizar las sesiones los estudiantes comprenderán que los microorganismos producen beneficios en la naturaleza y los relacionaran en los procesos cotidianos, por ejemplo, en la fermentación para la elaboración de alimentos. Tener presentes los criterios de presentación y orden.

Línea de secuencias didácticas:

- **Actividades de apertura:** Con ayuda de los padres de familia los estudiantes desarrollaran el cuestionario inicial (Anexo 2. Cuestionario) y lo llevaran a clase para la socialización.

En la primera sesión los estudiantes desarrollaran un juego de concentración sobre imágenes de hongos para introducirlos al tema.

- **Actividades de desarrollo:**

Socialización del cuestionario inicial, para lo cual el docente construirá un cuadro en el tablero para registrar los aportes de los estudiantes.
Desarrollo de la actividad en el aula de informática. Observar el video ¿Qué son los microorganismos? Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=UML5tydiYN0 y toma de nota de las ideas importantes.

Ingresar a la página https://preparaninos.com/microorganismos-explicacion-para-ninos/#Clasificacion_de_Microorganismos y realizar una lectura de los aspectos indicados por el docente de acuerdo a la guía de trabajo (Anexo 3. Guía de trabajo). Realizar la práctica de identificación de estructuras con el champiñón y el alimento en descomposición. Observar el video ¿Las bacterias son malas? ¡Sin bacterias no existirías! Disponible es https://www.youtube.com/watch?v=bZ6sFXW5o0g y responder las preguntas de la guía de trabajo.

• **Actividades de cierre:** Los estudiantes socializaran su experiencia y el docente corregirá los conceptos erróneos.
Línea de evidencia de evaluación del aprendizaje: Los estudiantes entregaran tanto el cuestionario inicial como la guía de trabajo desarrollados en su totalidad de acuerdo a las normas de presentación establecidas.
Recursos: Bibliográficos: Calderón, et al. (2012). Norma Ciencia para Pensar. Bogotá, Colombia. Grupo Editorial Norma. Cibergráficos: https://www.youtube.com/watch?v=UML5tydiYN0, https://preparaninos.com/microorganismos-explicacion-para-ninos/#Clasificacion_de_Microorganismos.

Anexo 4. Secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

SECUENCIA DIDÁCTICA 2
NUESTROS SERES OCULTOS
Cuestionario inicial

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Responder el siguiente cuestionario con ayuda de los padres de familia. Hay que recordar que ***NO*** se debe realizar ningún tipo de consulta para responder, el propósito de este cuestionario inicial es conocer los conceptos previos sobre el tema.

ACTIVIDAD

1. ¿Cómo definirías los microorganismos?
_____
2. ¿Puedes observar los microorganismos a simple vista?, ¿por qué?
_____
3. ¿Qué instrumentos se utilizan para observar los microorganismos?
_____
4. ¿En qué espacios o lugares se pueden encontrar los microorganismos?
_____
5. ¿Qué beneficios ofrecen los microorganismos?
_____
6. ¿Los microorganismos producen enfermedades?, menciona unos ejemplos.
_____
7. ¿Qué función cumplen los microorganismos en el proceso de elaboración de alimentos como el yogur y el pan?

Anexo 5. Cuestionario inicial de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

SECUENCIA DIDÁCTICA 2
NUESTROS SERES OCULTOS

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Materiales: sala de informática, útiles escolares.

ACTIVIDAD EN EL AULA

1. Observar el video ¿Qué son los microorganismos? Disponible en https://www.youtube.com/watch?v=UML5tydiYN0 y tomar nota de las ideas importantes.

_____

_____

2. Ingresar a la página https://preparaninos.com/microorganismos-explicacion-para-ninos/#Clasificacion_de_Microorganismos, leer el texto y responder las preguntas del cuestionario inicial:

¿Cómo definirías los microorganismos?

_____

¿Puedes observar los microorganismos a simple vista?, ¿por qué?

_____

¿Qué instrumentos se utilizan para observar los microorganismos?

_____

¿En qué espacios o lugares se pueden encontrar los microorganismos?

_____

¿Qué beneficios ofrecen los microorganismos?

_____

¿Los microorganismos producen enfermedades?, menciona unos ejemplos.

_____

¿Qué función cumplen los microorganismos en el proceso de elaboración de alimentos como el yogur y el pan?

_____

3. Socializar las respuestas de los estudiantes.

NOTA. *Cada estudiante conseguirá una naranja o un tomate en estado de descomposición y un champiñón para la práctica de la siguiente sesión*

ACTIVIDAD EN EL LABORATORIO

Materiales: naranja o tomate en estado de descomposición, un champiñón, lupa, guantes de látex, gorro, tapabocas, toallas de cocina, bata de laboratorio, gel antibacterial, útiles escolares, una hoja de periódico, cajas de Petri, estereoscopio.

1. Antes de iniciar la práctica recuerde que es de vital importancia que porte todos los elementos de bioseguridad durante todo el desarrollo de la actividad.
2. Extienda la hoja de periódico sobre la mesa y encima ubique el champiñón.
3. Con la lupa identifique las partes del champiñón y dibújelo:

4. ¿El champiñón es un hongo unicelular o pluricelular? ¿Por qué?

_____

5. Guarde el champiñón y saque cuidadosamente la naranja o el tomate. Ubíquelo sobre la hoja de periódico.
6. Con la lupa observe detenidamente los hongos que crecieron sobre la superficie del alimento. Dibuje lo observado y señale los nombres.

7. Describa los detalladamente los cambios que muestra el alimento en descomposición con respecto a:

Color: _____

Olor: _____

Textura: _____

Forma: _____

8. Ubique el alimento en una caja de Petri y diríjase a realizar la observación en el estereoscopio. Dibuje lo observado y señale las partes.

9. ¿El hongo observado en el alimento es unicelular o pluricelular? ¿Por qué?

_____

10. De acuerdo con las observaciones con la lupa y el estereoscopio represente el proceso de reproducción de los hongos responsables de la descomposición del alimento trabajado.

ACTIVIDAD EN EL AULA

Materiales: sala de informática, útiles escolares.

1. Ingrese a la página https://www.youtube.com/watch?v=bZ6sFXW5o0g y observar el video ¿Las bacterias son malas? ¡Sin bacterias no existirías!

2. Responda las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la función de las bacterias comensales?, ¿dónde se encentran?

_____

_____

- Las bacterias mutualistas, ¿son benéficas o perjudiciales? Justifica tu respuesta.

_____

_____

- Recuerda el episodio en el que una célula se come una bacteria, ¿qué consecuencias genera tanto para la bacteria como para la célula?, es un suceso ¿negativo o positivo para la célula y para la bacteria?

_____

_____

Anexo 6. Guía de la actividad en el aula y laboratorio de la secuencia didáctica 2: Nuestros seres ocultos

SECUENCIA DIDÁCTICA 3
ALIADOS SILENCIOSOS

Asignatura: Ciencias Naturales
Unidad Temática: Los ecosistemas mundiales y colombianos
Tema General: Relaciones interespecíficas en los ecosistemas

Contenidos:
Definición de ecosistemas
Factores bióticos y abióticos
Concepto de hábitat
Relaciones interespecíficas benéficas y perjudiciales

Duración de la secuencia:
1 semana, 2 sesiones cada semana distribuidas de la siguiente manera:
Lunes: 2 horas
Jueves: 2 horas
Total: 4 horas de clase, 2 sesiones

Nombre del profesor: Jenni Marcela Ochoa Sánchez

Finalidad, propósitos u objetivos:

- Enseñar a los estudiantes las relaciones interespecíficas en los ecosistemas (simbiosis, mutualismo, comensalismo, depredación) y las implicaciones de cada situación.

Problema, caso o proyecto:
Los estudiantes no evidencian conceptos previos sobre las relaciones interespecíficas, se muestran familiarizados únicamente con la depredación, pero los otros tipos de relaciones parecen ser desconocidos para ellos.

Orientaciones generales para la evaluación:
Al finalizar las sesiones los estudiantes comprenderán que al interior de los ecosistemas se llevan a cabo una serie de relaciones en las cuales unas especies se ven afectadas y otras favorecidas, pero que todas son necesarias para el equilibrio.

Línea de secuencias didácticas:

- **Actividades de apertura:** Los estudiantes llevarán a su casa una breve actividad donde encontrarán la imagen que observaron en el primer punto del taller diagnóstico. En ese momento se hace importante aclarar que no es necesario realizar alguna consulta sobre el tema.

- **Actividades de desarrollo:**

Al iniciar la clase los estudiantes socializarán las respuestas de la actividad de apertura.

El docente realizará una breve explicación de las relaciones interespecíficas en los ecosistemas, mencionando algunos ejemplos.

Posteriormente se dirigirán a las zonas verdes del colegio para reconocer las especies y las relaciones que se pueden presentar entre los individuos de ese ecosistema.

- **Actividades de cierre:** Los estudiantes presentarán un frizzo sobre los ejemplos de las relaciones interespecíficas que se presentan en los ecosistemas (mínimo 10 ejemplos).

Línea de evidencia de evaluación del aprendizaje: Los estudiantes entregaran la actividad de apertura y el frizzo al finalizar las sesiones.

Recursos:
Bibliográficos: Calderón, *et al*. (2012). Norma Ciencias para Pensar. Bogotá, Colombia. Grupo Editorial Norma.
Cibergráficos: http://bodypic.pw/Diferencia-entre-Mutualismo-y-Comensalismo-difentrecom-t.html, https://www.scoopnest.com/es/user/CCCientifica/795303340913684480-no-todos-los-casos-de-simbiosis-son-positivos-podemos-encontrar-3-casos-comensalismo-parasitismo-y-mutualismo

Anexo 7. Secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos

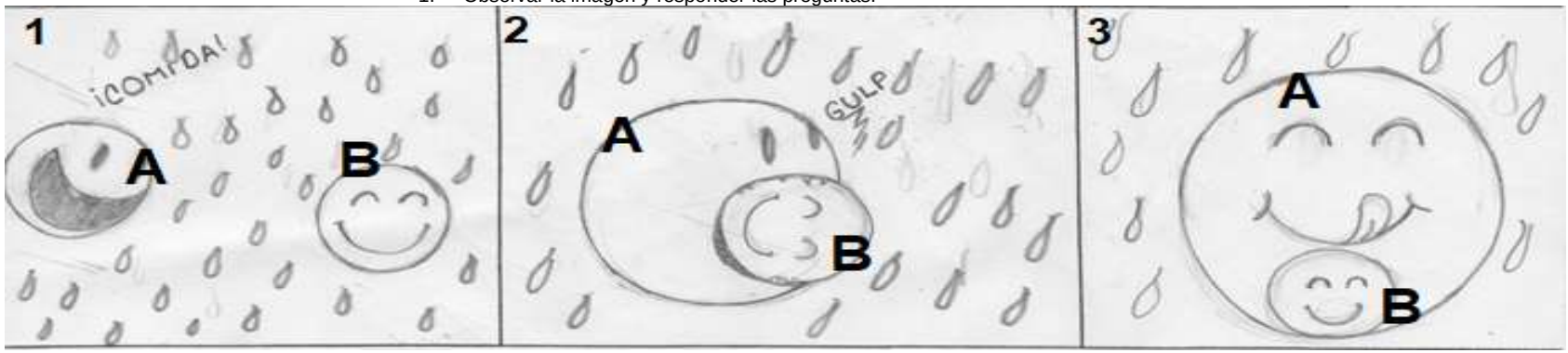
SECUENCIA DIDÁCTICA 3
ALIADOS SILENCIOSOS – ACTIVIDAD DE APERTURA

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Materiales: útiles escolares y guía

ACTIVIDAD EN CASA

1. Observar la imagen y responder las preguntas:



Fuente: Construcción propia

a. En el cuadro **1** tienes dos especies, la especie **A** y la especie **B.** ¿Qué planes tiene la especie **A** con la especie **B**?

_____

¿Cómo se siente la especie **B** en ese momento?, ¿la especie **B** se encuentra expuesta a factores ambientales?

_____

b. ¿Qué ocurrió en el cuadro **2**?

_____

¿Cómo se siente la especie **A** y la especie **B**?

_____

c. En el cuadro 3 ¿Cómo se siente la especie **A** y la especie **B**? En ese momento, ¿la especie **B** continúa expuesta a los factores ambientales?

_____

Anexo 8. Guía de la actividad de apertura de la secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos

SECUENCIA DIDÁCTICA 3
ALIADOS SILENCIOSOS - GUIA DE TRABAJO

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Materiales: útiles escolares, guía, espacios verdes del colegio, lupa, pala de jardinería.

ACTIVIDAD EN CLASE

1. A medida que van realizando el recorrido, diligenciar la siguiente tabla de acuerdo con las observaciones:

CASO	ESPECIES	RELACIÓN
La lombriz de tierra se encuentra en muchos sectores de los jardines del colegio	Lombriz de tierra y plantas de los jardines	Mutualismo

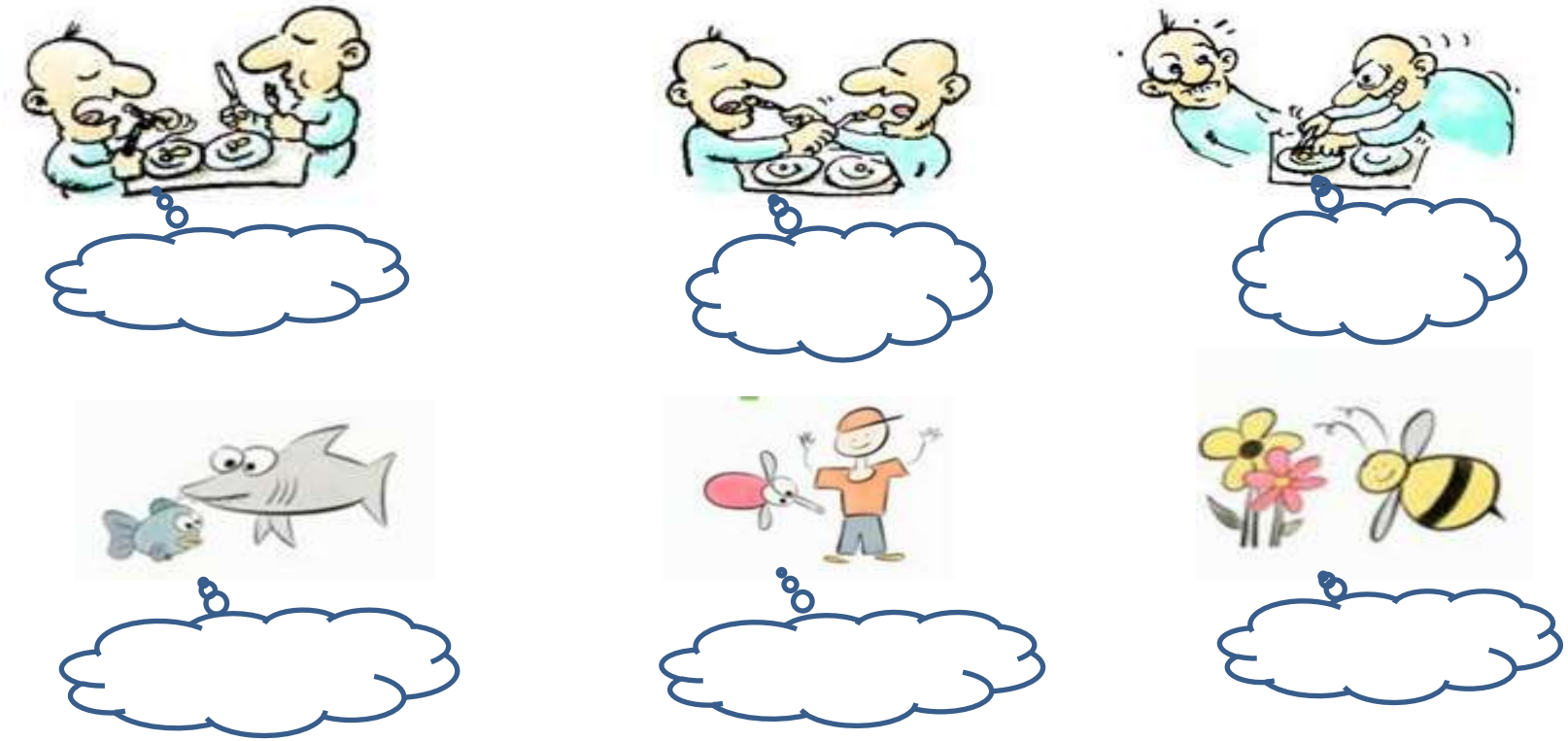
2. Completar el cuadro con respecto a los siguientes criterios:

(+) si la especie se beneficia	**(-)** si la especie se perjudica	**(0):** si la especie no se beneficia ni se perjudica

	ESPECIE 1	ESPECIE 2	EJEMPLO
MUTUALISMO			
SIMBIOSIS			
COMENSALISMO			
PARASITISMO			
COMPETENCIA			
DEPREDACIÓN			

Disponible en https://es.calameo.com/books/004306680281e0b4721f9

3. Escribir en la nube la relación que representa cada imagen:



Anexo 9. Guía de la actividad en clase de la secuencia didáctica 3: Aliados silenciosos

SECUENCIA DIDÁCTICA 4
LOS CIENTÍFICOS SOMOS NOSOTROS

Asignatura: Ciencias Naturales
Unidad Temática: Los ecosistemas mundiales y colombianos
Tema General: Relaciones interespecíficas en los ecosistemas

Contenidos:
Factores bióticos y abióticos
Concepto de hábitat
Relaciones interespecíficas benéficas y perjudiciales (simbiosis, mutualismo, comensalismo, depredación)
Definición, uso y beneficios de las micorrizas

Duración de la secuencia:
12 semanas, 2 sesiones cada semana distribuidas de la siguiente manera:
Lunes: 2 horas
Jueves: 2 horas
Total: 48 horas de clase, 24 sesiones

Nombre del profesor: Jenni Marcela Ochoa Sánchez

Finalidad, propósitos u objetivos:
- Sembrar con los estudiantes las plántulas de las especies seleccionadas e inocular las micorrizas.
- Realizar el seguimiento a las plántulas de acuerdo con las variables establecidas.
- Tinción y observación de las micorrizas.

Problema, caso o proyecto:
Los estudiantes estarán organizados por parejas para la asignación de la especie a trabajar. El objetivo es que cada pareja tenga plántulas consideradas como blanco (sin micorrizas) y otras plántulas con micorrizas, para que evidencien los beneficios de esta asociación para el desarrollo de las plántulas. Realizarán seguimiento detallado de las plántulas considerando ciertas variables, registrando sus datos, para elaborar graficas de sus resultados e interpretarlas. Finalmente, aplicarán la tinción a las raíces para observar las estructuras de los hongos que se asociaron a las raíces.

Orientaciones generales para la evaluación:
Al finalizar las sesiones los estudiantes comprenderán que al interior de los ecosistemas se llevan a cabo una serie de relaciones en las cuales unas especies se ven favorecidas y que son necesarias para el equilibrio.

Línea de secuencias didácticas:
- **Actividades de apertura:** Los estudiantes conseguirán, marcador permanente, vasos limpios (recipientes de los lácteos del refrigerio escolar, 2 azules y 2 rojos), pala de jardinería, gorro, tapabocas, guantes de látex y bata de laboratorio.

El docente tendrá previamente para el día de la práctica los siguientes materiales:
- ✓ 4 kilos de suelo esterilizado
- ✓ 4 kilos de arena esterilizada
- ✓ 4 kilos de gravilla pequeña
- ✓ 16 plántulas de zanahoria
- ✓ 16 plántulas de perejil liso
- ✓ 16 plántulas de manzanilla
- ✓ 16 plántulas de caléndula
- ✓ ½ kilo de micorrizas comerciales
- ✓ Recipiente (balde) para el suelo

✓ Recipiente (balde) para la arena • **Actividades de desarrollo:** Al iniciar la clase los estudiantes se ubicarán por las parejas asignadas y alistarán sus materiales. El docente les explicara el procedimiento citado en el anexo de esta secuencia (GUIA DE TRABAJO). Posteriormente se dirigirán al espacio establecido para conservar las plántulas y realizarán la siembra e inoculación. Semanalmente registraran las observaciones en la guía que se da como anexo de esta secuencia (GUÍA DE SEGUIMIENTO DE PLÁNTULAS). • **Actividades de cierre:** Los estudiantes presentarán un informe con la estructura vista en clase: título, objetivos, marco teórico, materiales y procedimiento, resultados, discusión de resultados y conclusiones.
Línea de evidencia de evaluación del aprendizaje: Los estudiantes entregaran el informe escrito por parejas y presentaran una evaluación de todos los temas trabajados en las cuatro secuencias.
Recursos: Bibliográficos: Calderón, *et al*. (2012). Norma Ciencias para Pensar. Bogotá, Colombia. Grupo Editorial Norma. Cibergráficos: https://www.youtube.com/watch?v=pNRWyeevQJc, https://www.youtube.com/watch?v=onGbnDi0aM0

Anexo 10. Secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

SECUENCIA DIDÁCTICA 4
LOS CIENTÍFICOS SOMOS NOSOTROS

GUIA DE TRABAJO

Nombres: _____ **Fecha:** _____

La práctica estará dividida en varias sesiones, recuerde seguir las indicaciones para cada procedimiento, de esta manera evitará errores e inconvenientes.
Sesión 1: Esterilización del suelo.

Sesión 2: Siembra de las plántulas e inoculación de las micorrizas.

Sesiones 3 a 18: Seguimiento de las plántulas.

Sesiones 19 y 20: Tinción y observación de las raíces.

SESIÓN 1: ESTERILIZACIÓN DEL SUELO
El procedimiento de esterilización del suelo y la arena se realiza en el laboratorio de medicina de la Universidad El Bosque en autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Las muestras de suelo y arena se llevan al laboratorio en bolsas de papel kraft de 250 g aproximadamente, selladas con cinta de enmascarar. Se dejan para realizar la esterilización en autoclave y dos días después son trasladadas al colegio.

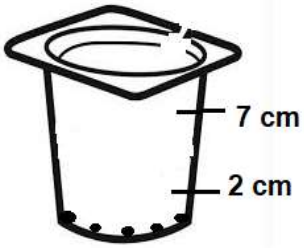
En el colegio, se almacenan en recipientes previamente limpiados con alcohol. Tener presente que un recipiente es para el suelo y otro para la arena. Una vez se guardan las muestras en los recipientes, se tapan y se dejan en un lugar alejado de la humedad y la luz solar. Para terminar, se rotulan los baldes con las muestras de la siguiente manera:

SESIÓN 2: SIEMBRA E INOCULACIÓN DE LAS PLÁNTULAS
Previa a la sesión, los estudiantes llevarán los vasos plásticos de los lácteos del refrigerio para su casa (4 por parejas de trabajo), los lavarán y realizarán con ayuda de sus padres cinco perforaciones en la base del tamaño de una aguja, para el drenaje de las plántulas.

Materiales que deben llevar los estudiantes: 4 vasos plásticos de los lácteos del refrigerio con las perforaciones en la base (2 azules y 2 rojos), 250 gramos de gravilla pequeña, regla, pala de jardinería, marcador permanente, gorro, tapabocas, guantes y bata, cinta ancha transparente, gorro, tapabocas, guantes, bata, alcohol antiséptico, toallas de cocina, un trozo de balso de 1 cm de ancho por 15 cm de largo.

Materiales disponibles en el laboratorio: suelo esterilizado, 16 plántulas de zanahoria, 16 plántulas de manzanilla, 16 plántulas de perejil liso, 16 plántulas de caléndula, micorrizas comerciales, rótulos, 6 pliegos de papel periódico.

1. Organizar los estudiantes por parejas de acuerdo a las indicaciones.
2. Portar todos los elementos de bioseguridad al ingresar al laboratorio (gorro, tapabocas, guantes, bata).
3. Ingresar y ubicarse en el laboratorio según la distribución.
4. Limpiar los mesones del laboratorio con las toallas de cocina y alcohol antiséptico. Extender los pliegos de papel periódico sobre los mesones y fijarlos con la cinta ancha transparente.
5. Con ayuda de la regla, señalar interna y externamente con el marcador permanente cada uno de los 4 vasos en las siguientes medidas: 2 cm y 7 cm.



6. Depositar la gravilla pequeña en cada uno de los seis vasos hasta la primera marca (2 cm).

7. Mezclar cuidadosamente con la pala de jardinería el suelo y la arena, previamente esterilizados, sellados y guardados en los recipientes.
8. Agregar esta mezcla a cada uno de los vasos plásticos hasta la segunda marca (7 cm).
9. Introducir el trozo de balso en la mezcla de suelo y arena, de tal manera que se produzca un orificio desde la gravilla hasta el borde de la mezcla.
10. Tomar las plántulas de acuerdo a la siguiente organización:

ESPECIE	GRUPO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	TOTAL
ZANAHORIA **Z**	Grupo 1 8 estudiantes **Z**	1Z 2 control, 2 micorrizas Muñoz Alison Yacellys Karen	2Z 2 control, 2 micorrizas Arévalo Dylan Vergara Mariam	3Z 2 control, 2 micorrizas Arévalo Thomas Urrego Karen	4Z 2 control, 2 micorrizas Arévalo Maick Sánchez Laura	16
PEREJIL LISO **PL**	Grupo 2 8 estudiantes **PL**	1PL 2 control, 2 micorrizas Bello Juan Tava Kevin	2PL 2 control, 2 micorrizas Blanco Camila Sierra Carlos	3PL 2 control, 2 micorrizas Buritica Miguel Sánchez David	4PL 2 control, 2 micorrizas Caballero Alejandro Rojas Karol	16
MANZANILLA **M**	Grupo 3 8 estudiantes	1M 2 control, 2 micorrizas Cifuentes Laura Rodríguez María	2M 2 control, 2 micorrizas García Magda Ramos Johan	3M 2 control, 2 micorrizas González Karen González Joel	4M 2 control, 2 micorrizas Guerrero Sandra Ramos Samuel	16
CALÉNDULA **CL**	Grupo 4 6 estudiantes	1CL 3 control, 3 micorrizas Linares Naomi Lizarazo Arley	2CL 3 control, 3 micorrizas Martin Karol Pistala Johan	3CL 2 control, 2 micorrizas Prieto Valeria Ortega Nicol		16

De acuerdo al cuadro anterior, cada pareja de trabajo tendrá cuatro (4) plántulas en total, 2 que serán inoculadas con las micorrizas y 2 que serán el control (sin micorrizas), a excepción de los integrantes del grupo 4, que trabajará con caléndula, pues tendrán 6 plántulas, 3 con micorrizas y 3 control.

11. Tomar tres plántulas, retirar cuidadosamente el recipiente original y sacudir delicadamente el exceso de suelo.
12. Seleccionar dos vasos con el procedimiento del punto 9, adicionar una cucharadita pequeña plástica de micorrizas comerciales a cada vaso en el fondo del agujero realizado con el trozo de balso.
13. Introducir cada una de las dos plántulas cuidadosamente procurando que queden totalmente derechas y que las raíces no se doblen.
14. Cubrir el orificio con la mezcla de suelo y arena.
15. Diligenciar el rotulo y fijarlo a los vasos con cinta transparente ancha:

16. Tomar los dos vasos restantes con el procedimiento del punto 9 e introducir cada una de las dos plántulas cuidadosamente procurando que queden totalmente derechas y que las raíces no se doblen.
17. Cubrir el orificio con la mezcla de suelo y arena.
18. Diligenciar el rotulo y fijarlo a los vasos con cinta transparente ancha:

19. Dejar los vasos con las plántulas en el lugar indicado por el docente.

SESIÓN 3 - 18. SEGUIMIENTO DE LAS PLÁNTULAS

Materiales que deben llevar los estudiantes: útiles escolares, regla, hojas cuadriculadas tamaño carta, recipiente para regar las plántulas.
1. Regar las plántulas los martes y jueves en el momento asignado por el docente, manteniendo la misma cantidad de agua para todas las plántulas.
2. Una vez se rieguen las plántulas, realizar el seguimiento de acuerdo a las variables, recopilando los datos en las siguientes tablas. Cada grupo de trabajo debe diligenciar las tablas a medida que se va realizando el seguimiento

LECTURAS	OBSERVACIONES
Lectura 1 Fecha: _____	¿Cuál tiene el tallo más largo? _____ ¿Cuál tiene el mayor número de hojas? _____ ¿Se presentó muerte de alguna plántula? _____ Observaciones adicionales. _____
Lectura 2 Fecha: _____	¿Cuál tiene el tallo más largo? _____ ¿Cuál tiene el mayor número de hojas? _____ ¿Se presentó muerte de alguna plántula? _____ Observaciones adicionales. _____
Lectura 3 Fecha: _____	¿Cuál tiene el tallo más largo? _____ ¿Cuál tiene el mayor número de hojas? _____ ¿Se presentó muerte de alguna plántula? _____ Observaciones adicionales. _____
Lectura 4 Fecha: _____	¿Cuál tiene el tallo más largo? _____ ¿Cuál tiene el mayor número de hojas? _____ ¿Se presentó muerte de alguna plántula? _____ Observaciones adicionales. _____

SESIÓN 19 – 20. TINCIÓN Y OBSERVACIÓN DE RAICES

Materiales que deben llevar los estudiantes: bata, guantes, gorro, tapabocas, útiles escolares, regla, cinta transparente delgada, tijeras, plántulas, vinagre blanco, gotero, bisturí pequeño, sharpie negro.

Materiales disponibles en el laboratorio: estereoscopio, caja de Petri, microscopio, plántulas, hidróxido de potasio (KOH), parrilla de calentamiento, termómetro, tinta, recipiente de vidrio transparente de 250 mL aproximadamente, tubos de ensayo, pinzas, gradillas, horno microondas, olla mediana, parrilla de calentamiento, termómetro, pinzas de calentamiento, rociador, alcohol.

Antes de realizar la tinción de las raíces, registrar los valores de las siguientes variables para realizar las gráficas de comparación entre los resultados con micorrizas y sin micorrizas:
Longitud del tallo
Longitud de la raíz
Número de hojas totales
Peso fresco
Peso seco
1. Ingresar al laboratorio y ubicarse en los lugares indicados.
2. Extender sobre los mesones el pliego de papel periódico y fijarlo con la cinta transparente ancha.
3. Tomar cada uno de los vasos con las plántulas, con un bisturí cortar el vaso longitudinalmente, desde el borde superior hasta el borde inferior. Repetir el mismo procedimiento con los cuatro vasos (los dos con micorrizas y los dos sin micorrizas).
4. Retirar cuidadosamente el exceso de suelo de cada una de las plántulas.
5. Extender la plántula sobre el octavo de cartulina blanca, si se requiere se puede fijar con pequeños trozos de cinta. Con ayuda de la regla tomar las medidas de: longitud del tallo y longitud de la raíz. Hay que recordar que se registra el dato de la raíz y el tallo más largo, dentro de todo el grupo que pueda tener la plántula. Contar el número de hojas y registrar los datos.

	LONGITUD DEL TALLO	
TRATAMIENTO	**PLÁNTULA 1**	**PLÁNTULA 2**
Con micorrizas		
Sin micorrizas		

	LONGITUD DE LA RAÍZ	
TRATAMIENTO	**PLÁNTULA 1**	**PLÁNTULA 2**
Con micorrizas		
Sin micorrizas		

	NÚMERO DE HOJAS	
TRATAMIENTO	**PLÁNTULA 1**	**PLÁNTULA 2**
Con micorrizas		
Sin micorrizas		

6. Continuar con la tinción de la siguiente manera:
   - Separar las raíces del resto de la planta, con ayuda de las tijeras. El tallo y las hojas se depositan nuevamente en los sobres, procurando mantener húmedas las muestras.

Microscopio Aumento: _____	**Estereoscopio** Aumento: _____

- Depositar las raíces en el recipiente de vidrio de 250 mL con agua hasta los 2/3. Agitar suavemente el recipiente con las raíces para eliminar las partículas de suelo. Sacar cuidadosamente las raíces del recipiente, ponerlas sobre la caja de Petri y observar al estereoscopio. Luego, pasar las raíces a una lámina (sin laminilla), secar el exceso de agua y observar al microscopio en el aumento de 10x.
- Con el bisturí pequeño, cortar en pequeños tozos las raíces y colocarlas en un beaker de 50 mL, adicionar KOH al 10% hasta cubrirlas completamente.
- Llevar al horno microondas por 3 minutos.
- Lavar las raíces varias veces con agua de la llave.
- Las raíces deben estar transparentes para realizar la tinción.
- Con ayuda de las pinzas, extraer las raíces y pasarlas a los tubos de ensayo. Marcar con el sharpie los tubos con el nombre de los estudiantes y la especie.
- Poner la olla mediana con agua hasta la mitad sobre la parrilla de calentamiento. Controlar con el termómetro hasta alcanzar los 90 °C.
- Cubrir las raíces en los tubos de ensayo con la solución de tinta azul de bolígrafo Sheaffer no lavable y vinagre al 5%.
- Dejar los tubos de ensayo al baño de María a 90°C durante 3 minutos.
- Con las pinzas de calentamiento, retirar los tubos del baño de María y dejarlos nuevamente en la gradilla.
- Retirar la tinta primero con agua y luego con vinagre.
- Dejar reposar las raíces durante 10 minutos.
- Lavar las raíces con agua.
- Poner las raíces en la caja de Petri y observar al estereoscopio.
- Dibujar lo observado.

Estereoscopio Aumento: _____

- Cortar con el bisturí fragmentos de raíces de 1 cm y adicionar una gota de agua destilada.
- Ubicar los fragmentos sobre una lámina y cubrirlos con una laminilla. Observar al microscopio en 100x (recordar utilizar aceite de inmersión).
- Dibujar lo observado y señalar las estructuras.

Microscopio Aumento: _____

7. Para hallar el peso fresco, las plántulas deberán ser guardadas en sobres blancos, debidamente marcados con los nombres de los estudiantes, la especie y el tratamiento (con micorrizas o sin micorrizas), para ser medidas en una balanza analítica en los laboratorios de la Universidad Nacional, con el fin de tener mayor precisión. A la siguiente clase, el docente entregara los datos del peso fresco a cada grupo para registrarlo en la tabla.

	PESO FRESCO	
TRATAMIENTO	**PLÁNTULA 1**	**PLÁNTULA 2**
Con micorrizas		
Sin micorrizas		

8. El mismo día que se lleven las plántulas para hallar el peso fresco, posterior a este procedimiento se transportaran al laboratorio de secado de la Universidad Nacional de Colombia, para conseguir el peso seco.

11. Una vez sean entregadas las muestras, se pesarán nuevamente en una balanza analítica para mejorar la precisión de los datos y se compartirán los datos con los estudiantes para que los registren en la tabla.

	PESO SECO	
TRATAMIENTO	**PLÁNTULA 1**	**PLÁNTULA 2**
Con micorrizas		
Sin micorrizas		

9. Con los datos de las tablas anteriores, se realizarán las gráficas para comprender el comportamiento de las plántulas con y sin micorrizas.

Anexo 11. Guía de trabajo en el laboratorio de la secuencia didáctica 4: Los científicos somos nosotros

Bibliografía

Aguilera, L. *et al*. (2007). *Micorrizas arbusculares*, en: Ciencia Ergo Sum, vol. 14, núm. 3, pp. 300 – 306.

Arango, M. (2006). *Plantas medicinales. Botánica de interés médico*. Artes Gráficas Tizan LTDA. Manizales, Colombia.

Astudillo, C. *et al*. (2011). *Formas de pensar la enseñanza en ciencias. Un análisis de secuencias didácticas*, en: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, vol. 10, núm. 3, pp. 567 – 586.

Azul, A. *et al*. (2008). *Mycorrhizal types in the Mediterranean basin: safety teaching and training,* en: Journal of Biological Education, vol. 42, núm. 3, pp. 130 – 137.

Barberá, O. *et al*. (1996). *El trabajo practico en la enseñanza de las ciencias: una revisión*, en: Enseñanza de las Ciencias, vol. 14, núm. 3, pp. 365 – 379.

Bausela, E. (2004). *La docencia a través de la investigación – acción*, en: Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681 – 5653).

Blanco, F. y Salas, E. (1997). *Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica,* en: Agronomía Costarricense, vol. 21, núm. 1, pp. 55 – 67.

Brent, D. y Ralph, B. (2015). *A simple method for observing vesicular – arbuscular mycorrhizae with suggestions for designing class activities*, en: Journal of Biological Education, vol. 29, núm. 3, pp. 209 – 214.

Byrne, J. (2011). *Models of microorganisms: children´s knowledge and understanding of microorganisms from 7 to 14 years old*, en: International Journal of Science Education, vol. 33, núm. 14, pp. 1927 – 1961.

Cano, M. (2011). *Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp. Una revisión*, en: Revista U. D. C. A. Actualidad y Divulgación Científica, vol. 14, núm. 2, pp. 15 – 31.

Carranza, C. (2006). *Reacción fenológica y agronómica de dos cultivos de zanahoria (Daucus carota) a la inoculación de cepas de micorriza en campo*. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador.

Cuenca, G. *et al*. (2007). *Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales*, en: Interciencia, vol. 32, núm. 1, pp. 23 – 29.

Derechos Básicos de Aprendizaje, Ciencias Naturales (2016). Ministerio de Educación Nacional. Bogotá, Colombia.

Díaz, A. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. Editorial Comunidad de Conocimiento, México.

Erazo, M. y Cárdenas, R. (2013). *Ecología. Impacto de la problemática ambiental actual sobre la salud y el ambiente*. Ecoe Ediciones. Bogotá, Colombia.

Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias: ¡el desafío! (2004). Ministerio de Educación Nacional. Bogotá, Colombia.

Feldmann, F. *et al*. (1998). *The strain-inherent variability of arbuscular mycorrhizal effectiveness: development of a test system using Pretroselinum crispum Hoffm as host*, en: Symbiosis, vol. 15, pp. 115 – 129.

Feo, R. (2010). *Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas*, en: Tendencias Pedagógicas, núm. 16, pp. 220 – 236.

Flannery, M. (2009). *Focus on Fungi*, en: American Biology Teacher, vol. 66, núm. 5, pp. 377 – 382.

García, A. (2009). *La investigación – acción en la enseñanza de la física: un escenario idóneo para la formación y desarrollo profesional del profesorado*, en: Latin – American Journal of Physics Education, vol. 3, núm. 2, pp. 388 – 394.

Gaviola, J. (2013). *Manual de producción de zanahoria.* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Argentina.

Giampaoli, G. *et al*. (2014). *Efecto de la esterilización con métodos físicos en suelo, sobre la flora micorrícica y en el cultivo del yacón (Smallanthus sonchifolius) en Horco Molle, Tucumán*, en: Revista Agronómica del Noroeste Argentino, vol. 34, núm. 2, pp. 36 – 39.

Hamdiyati, Y. *et al*. (2017). Biology student´s initial mental model about microorganism, en: Journal of Physics, Conference Series 812012027.

Harper, G. (1985). *Teaching symbiosis,* en: Journal of Biological Education, vol. 19, núm. 3, pp. 219 – 223.

Hernández, C. (2005). *¿Qué son las "competencias científicas"?* Foro Educativo Nacional. Bogotá, Colombia.

Herrera, L. *et al*. (2014). *Efecto de gremios de hongos micorrícicos arbusculares aislados de un ambiente desértico sobre el crecimiento de frijol Phaseolus vulgaris bajo una condición de déficit hídrico,* en: Actualidades Biológicas, vol. 36, núm. 100, pp. 63 – 72.

Johnson, N. *et al*. (2009). *Mysterious mycorrhizae? A field trip and classroom experiment to demystify the symbioses formed between plants and fungi*, en: The American Biology Teacher, vol. 71, núm. 7, pp. 424 – 429.

Karadon, H. *et al*. (2010). *Primary school student's basic knowledge, opinions and risk perceptions about microorganisms*, en: Procedia Social and Behavioral Sciences, vol. 2, pp. 4398 – 4401.

Klees, G. y Piepenbring, M. (2018). *Animate life cycles of fungi and plants with spores for teaching*, en: Journal of Biological Education, vol. 52, núm. 2, pp. 130 – 142.

Koide, R. (1991). *Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection*, en: New Phytol, vol. 117, pp. 365 – 386.

Lozano, J. *et al.* (2015). *Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos*, en: Revista Agroecología y Sistemas de Uso del Suelo, vol. 64, núm. 4, pp. 289 – 296.

Madigan, M. *et al*. (2009). *Biología de los microorganismos, Brock*. Editorial Pearson Educación. Madrid, España.

Martin, B. y Schwab, E. (2012). *Symbiosis: "living together" in chaos*, en: Studies in the History of Biology, vol. 4, núm. 4, pp. 7 – 25.

Martin, B. y Schwab, E. (2013). *Current usage of symbiosis and associated terminology*, en: International Journal of Biology, vol. 5, núm. 1, pp. 32 – 45.

Martínez, L. y Pugnaire, F. (2009). *Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas*. *Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos*, en: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, vol. 18, núm. 2, pp. 44 – 54.

Mckenney, E. *et al.* (2016). *Symbiosis in the soil: citizen microbiology in middle and high school classrooms*, en: Journal of Microbiology and Biology Education, vol. 17, núm. 1, pp. 60 – 62.

McNaughton, S. *et al.* (1984). *Ecología general*. Ediciones Omega S. A., Barcelona, España.

Moore, D. et al. (2005). *How much are you children taught about fungi in school?* en: British Mycological Society, vol. 19, núm. 4, pp. 152 – 158.

Pérez, A. *et al.* (2011). *Hongos formadores de micorrizas arbusculares: Una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de pradera en el caribe colombiano*, en: Revista Colombiana de Ciencia Animal, vol. 3, núm. 2, pp. 366 – 385.

Piepenbring, M. *et al.* (2016). *Colaboradores escondidos, la importancia de los hongos en los ecosistemas. Información para Educación Ambiental*, en: Puente Biológico, vol. 8, num. 57 – 91.

Reyes, J. y Paños, E. (2018). *Primary school student´s conceptions about microorganisms influence of theoretical and practical methodologies on learning*, en: Journal Research in Science and Technological Education, vol. 36, núm. 2, pp. 165 – 184.

Rodríguez, J. *et al*. (2010). *Ecología*. Ediciones Pirámide. Madrid, España.

Sánchez, M. *et al*. (2010). Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular. Universidad Nacional de Colombia.

Sánchez, Y. *et al*. (2018). *Evaluation of the effect of arbuscular mycorrhizal fungi infection in three aromatic plants*, en: Sustainability, Agri, Food and Environmental Research, vol. 6, núm. 1, pp. 28 – 44.

Stanchi, N. *et al*. (2007). *Microbiología Veterinaria*. Editorial Inter-Médica. Buenos Aires, Argentina.

Tobón, S. *et al*. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*, editorial Pearson Educación, 1° edición, México.

Urcoviche, R. *et al*. (2012). *Mycorrhization and microbial activity from a soil cultivated with coriander and chamomile,* en: Arq. Cienc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, vol. 15, núm. 2, pp. 121-125.

Vierheilig, H. *et al*. (1998). *Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi,* en: Applied and Environmental Microbiology, vol. 64, núm. 12, pp. 5004 – 5007.