

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL DE
COMPOSTAJE PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES CIENTÍFICAS EN LA
EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA.**

MAURICIO NIÑO TORRES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

BOGOTA D.C. 2020

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL DE
COMPOSTAJE PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES CIENTÍFICAS EN LA
EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA.**

MAURICIO NIÑO TORRES

Trabajo de grado para obtener el título de Magíster en Educación

Tutores:

LUIS CAMILO JIMENEZ BORRREGO

ELENA MARULANDA PÁEZ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

BOGOTA D.C. 2020

NOTA DE ADVERTENCIA

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vean en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia.”

Artículo 23, resolución No 13 del 6 de Julio de 1946,
por la cual se reglamenta lo concerniente a Tesis y Exámenes de Grado en la Pontificia
Universidad Javeriana.

Tabla de contenido

Tabla de contenido	4
Listado de Tablas	9
Listado de Graficas	10
Listado de Figuras	12
Resumen	13
Introducción	16
Justificación y planteamiento del problema.	17
Pregunta de Investigación.	22
Objetivo General	23
Objetivos específicos	23
Marco teórico	23
Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI)	24
Elementos Básicos de la ECBI	25
Objetivos de la ECBI	26
Fundamento Pedagógico de la Indagación en el Aprendizaje de las Ciencias	26

Justificación pedagógica del uso de prototipos en la enseñanza de las ciencias	28
Justificación Didáctica del Prototipo	30
Descomposición de la materia orgánica	33
Antecedentes	34
Enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI)	35
Habilidades Científicas	38
Compostaje	40
Prototipos didácticos experimentales en la enseñanza de las ciencias	44
Método	47
Diseño Metodológico	47
Procedimiento	47
Características de la Muestra	49
Criterios de Inclusión	49
Criterios de Exclusión:	49
Instrumento	50
Cuestionario o Prueba Habilidades Científicas	50

Plan de Análisis Cuantitativo	55
Resultados	55
Resultados Descriptivos por pregunta	55
Descriptivos para la habilidad científica de observación.	57
Descriptivos para la habilidad científica de clasificación.	65
Descriptivos para la Dimensión Conceptual	72
Validez y confiabilidad del cuestionario.	80
Análisis Por nivel de Competencias Científicas	89
Caracterización y análisis de las habilidades	91
Caracterización de la Comprensión del proceso de la descomposición de la materia orgánica	91
Caracterización de las habilidades científicas de observación	94
Caracterización de las habilidades científicas de clasificación	95
Creación del dispositivo didáctico experimental.	97
Fase 1. Relación entre la caracterización de las habilidades y la creación del dispositivo didáctico.	97
Habilidad de observación:	98

Habilidad de clasificación:	98
Comprensión del fenómeno	98
Fase 2. Boceto del dispositivo didáctico experimental.	98
Fase 3. Modelización y Características del dispositivo didáctico experimental.	101
Fase 4. Diseño electrónico del prototipo de dispositivo didáctico	106
Sensor humedad y temperatura ambiente.	107
Sensor humedad del suelo	107
LCD (Liquid Crystal Display)	108
Aplicación móvil - App	109
Android:	110
Colaboradores en el diseño y desarrollo del dispositivo didáctico experimental.	112
Relación entre la caracterización de las habilidades científicas y la creación del dispositivo didáctico.	112
Desarrollo de la Habilidad de observación a partir del uso del dispositivo didáctico.	113

Desarrollo de la habilidad de clasificación a través del uso del dispositivo didáctico	115
Propuesta pedagógica para el desarrollo de las habilidades de observación y clasificación a través del dispositivo didáctico experimental.	117
Conclusiones	120
Limitaciones	121
Prospectivas	121
Referencias	123
Anexos	132

Listado de Tablas

Tabla 1. Niveles de desempeño Habilidades científicas	51
Tabla 2. Niveles de desempeño Habilidades científica de clasificación	51
Tabla 3. Relaciones entre los componentes disciplinares, variables y habilidades científicas.....	54
Tabla 4. Alfa de Cronbach general y por dimensión de la prueba.....	82
Tabla 5. Parámetros psicométricos para la prueba global de habilidades científicas (25 ítems)..	83
Tabla 6. Parámetros psicométricos para la habilidad científica de la observación, (10 ítems). ...	84
Tabla 7. Parámetros psicométricos para la habilidad científica de la clasificación, (7 ítems).	85
Tabla 8. Parámetros psicométricos para la dimensión Conceptual de la prueba de habilidades científicas (8 ítems).....	86
Tabla 9. Parámetros psicométricos para la prueba global de habilidades científicas, eliminando 6 ítems (Quedan 19 ítems).	87
Tabla 10. Distribución de los estudiantes por Nivel de Habilidad Científica de Observación.....	90
Tabla 11. Distribución de los estudiantes por Nivel de Habilidad Científica de Clasificación....	90

Listado de Graficas

Grafica 1. Distribución de participantes por grupo.....	56
Grafica 2. Distribución de participantes por sexo.....	56
Grafica 3. Distribución por opciones de la pregunta 1.	57
Grafica 4. Distribución por opciones de la pregunta 2.	58
Grafica 5. Distribución por opciones de la pregunta 3.	59
Grafica 6. Distribución por opciones de la pregunta 4.	60
Grafica 7. Distribución por opciones de la pregunta 5.	60
Grafica 8. Distribución por opciones de la pregunta 7.	61
Grafica 9. Distribución por opciones de la pregunta 13.	62
Grafica 10. Distribución por opciones de la pregunta 16.	63
Grafica 11. Distribución por opciones de la pregunta 19.	64
Grafica 12. Distribución por opciones de la pregunta 20.	65
Grafica 13. Distribución por opciones de la pregunta 6.	66
Grafica 14. Distribución por opciones de la pregunta 10.	67

Grafica 15. Distribución por opciones de la pregunta 15.	68
Grafica 16. Distribución por opciones de la pregunta 18.	69
Grafica 17. Distribución por opciones de la pregunta 21.	70
Grafica 18. Distribución por opciones de la pregunta 22.	71
Grafica 19. Distribución por opciones de la pregunta 23.	72
Grafica 20. Distribución por opciones de la pregunta 8.	73
Grafica 21. Distribución por opciones de la pregunta 9.	74
Grafica 22. Distribución por opciones de la pregunta 11.	75
Grafica 23. Distribución por opciones de la pregunta 12.	76
Grafica 24. Distribución por opciones de la pregunta 14.	77
Grafica 25. Distribución por opciones de la pregunta 17.	77
Grafica 26. Distribución por opciones de la pregunta 24.	79
Grafica 27. Distribución por opciones de la pregunta 25.	80
Grafica 28. Histograma del Puntaje Global de las habilidades Científicas.	89

Listado de Figuras

Figura 1. Primer boceto dispositivo	100
Figura 2. Boceto Principal dispositivo didáctico	102
Figura 3. Modelo Tridimensional de un prototipo de dispositivo.	102
Figura 4. Plano Sección Secundaria del prototipo de dispositivo1	103
Figura 5. Fotografía del prototipo del dispositivo didáctico.	105
Figura 6. Fotografía Sección Secundaria del prototipo de dispositivo didáctico experimental. Se observa material orgánico en descomposición y la medición de la temperatura con termómetro de punzón.	106
Figura 7. Fotografía Sección Principal; calibración de sensores	111

Resumen

En este trabajo se presentan los desarrollos obtenidos en la investigación realizada para el diseño y construcción de un prototipo para realizar prácticas experimentales de la descomposición de la materia orgánica a través de compostaje y se utilice como dispositivo didáctico para el desarrollo de las habilidades científicas de observación y clasificación. Durante el desarrollo participaron en este proceso de investigación 120 estudiantes de grados 3 y 4 de educación básica primaria de la I. E. D. Colegio Manuelita Saénz. El objetivo de la investigación fue diseñar y construir un prototipo experimental de la descomposición de la materia orgánica a partir de la caracterización de las habilidades científicas de observación y clasificación del grupo de estudiantes.

En la parte cuantitativa de los desarrollos, se empleó un proceso exploratorio y descriptivo en tres etapas: la primera que consistió en el diagnóstico de habilidades científicas (observación y clasificación) y el nivel de comprensión del proceso de compostaje; el segundo que correspondió al diseño y construcción del prototipo experimental; y el tercero que se dedicó al diseño de una guía didáctica con enfoque indagatorio, sobre el tema disciplinar relacionado.

La caracterización de las habilidades científicas de los estudiantes de grados 3 y 4, indica que se encuentran en un nivel de desempeño bajo, y presentan dificultades en la comprensión del proceso de la descomposición de la materia orgánica (compostaje). En esta misma línea, los hallazgos de esta investigación confirman los planteamientos iniciales de este documento en cuanto a la necesidad de potenciar las habilidades científicas en la educación básica primaria a través de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación y la utilización de prototipos experimentales que mejoren la comprensión de fenómenos naturales.

Palabras clave: *Indagación, habilidades científicas, prototipo didáctico experimental, descomposición de la materia orgánica.*

Abstract

This paper aims to describe the results of a research experiment conducted to aid in the design of an experimental didactic prototype for the teaching of organic matter decomposition through composting and to identify the general characteristics of the prototype that could be applied universally to experimental didactic prototypes for the teaching of the scientific skills of observation and classification. 120 3rd and 4th grade students from Manuelita Saenz school of basic education participated in this research process. The objective of this research was to design and build an experimental prototype of organic matter decomposition from the characterization of the scientific skills of observation and classification of the group of students.

With regard to quantitative development, exploratory and descriptive processes in three stages were used. The first consisted of diagnosing the scientific skills of observation and classification and the level of understanding of the composting process among the subjects. The second involved the design and construction of the experimental prototype. The third involved an investigative approach on the relevant disciplinary subject to aid the design of a didactic guide.

The characterization of the scientific skills of students under grades 3 and 4 indicates they were ranked on a low-performance level showing difficulties regarding the understanding of the decomposition process of the organic matter or composting. In this same line, the research findings confirm the initial approaches of this paper concerning the scientific approaches in

elementary basic education through the inquiry-based science education and the use of experimental prototypes in order to improve the understanding of natural phenomena.

Key words: Inquiry, scientific skills, experimental didactic prototype, decomposition of the organic matter.

Introducción

Esta investigación se centra en el diseño y construcción de un prototipo experimental a partir de la identificación de sus características principales como dispositivo didáctico, el cual permite la comprensión del proceso de descomposición de la materia orgánica (compostaje) y el desarrollo de habilidades científicas de observación y clasificación en un grupo de estudiantes de educación básica primaria.

Este estudio consta de cinco capítulos: el primer capítulo contiene la introducción, problema y justificación; el segundo capítulo presenta la fundamentación teórica con cuatro categorías conceptuales: Enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), las habilidades científicas (observación y clasificación), los prototipos didácticos experimentales y la descomposición de la materia orgánica (compostaje). El tercer capítulo presenta el método utilizado que es un enfoque cuantitativo con un alcance de tipo exploratorio descriptivo, El cuarto capítulo presenta los resultados, análisis e interpretación de los datos del cuestionario sobre habilidades científicas de observación y clasificación centrado en el proceso de la descomposición de la materia orgánica; y finalmente en el quinto capítulo están presentes las discusiones, conclusiones, limitaciones y prospectivas para futuras investigaciones.

Justificación y planteamiento del problema.

La importancia del desarrollo de habilidades científicas desde los primeros años de escolaridad es de máxima prioridad (Harlen , y otros, 2010); especialmente en países como Colombia donde los estudiantes de educación básica primaria en el área de Ciencias tienen un bajo desarrollo de las competencias básicas según las pruebas SABER y un bajo rendimiento en conocimientos y competencias fundamentales en las evaluaciones PISA, (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos), para su participación plena en la sociedad. Colombia presenta una diferencia de 76 puntos con respecto a los países asociados con la OCDE (ICFES, 2018), evidenciando que el propósito para el desarrollo de habilidades de pensamiento científico está lejos de alcanzarse, y que, por tanto, es necesario un cambio en la educación científica en los diferentes niveles del sistema educativo.

Según el informe OCDE, 2020, los resultados de Colombia en las pruebas PISA en el área de ciencias muestra un puntaje inferior a la media esperada para esta prueba y Colombia ocupó el puesto 39 entre 42 países que realizaron esta prueba en el año 2018. Así mismo, estos datos son consistentes con el informe (UNESCO, 2009), con respecto a los países latinoamericanos, que se encuentran en un nivel desempeño medio en los resultados generales de la prueba de ciencias, los cuales, “exigen reflexionar acerca de la calidad de la enseñanza de las Ciencias en la región, especialmente en lo referido a la profundidad con que son abordados los contenidos disciplinares en la educación primaria”, (p.53).

Por otro lado, un problema de interés social y primordial a nivel internacional y nacional es la actual crisis ambiental, siendo una de las principales causas la mala gestión de los residuos sólidos. Según el informe del Banco Mundial titulado: “What a Waste 2.0: A Global Snapshot of

Solid Waste Management to 2050”, se estima para las siguientes 3 décadas, se producirán un total de 2010 millones de toneladas de desechos sólidos en todo el planeta.

Aunque es urgente de maximizar el aprovechamiento y gestión de los residuos sólidos, se observan grandes diferencias entre los países con altos y bajos ingresos aumentando la producción de gases nocivos para el ambiente con efectos graves para la salud humana, es por esto, que entre las soluciones que propone el Banco Mundial, se plantea una adecuada gestión de los residuos orgánicos (Kaza, Lisa C, Tata, y Van Woerden, 2018).

En el caso de América Latina y el Caribe, se estima que se generan 231 millones de toneladas de desechos sólidos; para el caso de Colombia de acuerdo con el informe del (CONPES, 2016) se generan 11,6 millones de toneladas de residuos por año; para el caso de Bogotá, según la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) se generó un total de 2.274.310 toneladas de residuos sólidos en el año 2018.

Tomando estas cifras como referencia, el comité ambiental del Colegio Manuelita Sáenz realizó una estimación aproximada sobre la generación de desechos orgánicos (cáscara de fruta) por parte de los estudiantes al consumir refrigerios escolares. Los datos obtenidos muestran que un estudiante genera un promedio de 150 gramos por semana y el colegio tiene una población aproximada de 3,568 estudiantes, se estima que se podrían generar 2.2 toneladas por mes de desechos orgánicos que siguen un manejo lineal hasta su disposición final en el Relleno Sanitario de Doña Juana.

Así el relleno sanitario recibe la carga total de desechos orgánicos de todos los colegios públicos, con una carga estimada en 450 toneladas al mes, debido a los refrigerios escolares (CONTRALORIA DE BOGOTÁ, 2018).

Esta cifra es significativa y sugiere la importancia de abordar el proceso de descomposición de la materia orgánica (compostaje) como problema núcleo de referencia curricular y contextual. Así mismo, como problemática ambiental está relacionado con una de las grandes ideas de las ciencias entre otras la que postulan Wynne, y otros, (2010), en especial la gran idea No. 8: “los organismos requieren un suministro de energía y materiales de los que a menudo dependen y para los cuales compiten con otros organismos”(p. 25).

Esta gran idea no.8 de ciencias postulada en el documento “Principios y grandes ideas de la Educación”, se complementa y puede tratarse bajo ideas más pequeñas para que los estudiantes trabajen hacia una progresión temática; esta articulación es pertinente con “el manejo de los conocimientos propios de las ciencias naturales”, indicados en los Estándares Básicos en Ciencias Naturales de los grados 4 y 5.

Se evidencia la necesidad de articular los conocimientos básicos descritos en los estándares de competencias en ciencias naturales con las situaciones o problemas que se presentan en el entorno cotidiano permitiendo una oportunidad en el desarrollo de las habilidades necesarias para comprender fenómenos naturales, de forma creativa, y propiciar interés en los estudiantes de reflexionar y cuestionarse acerca de las acciones que tienen impacto en la vida propia, los demás y en el ambiente (Harlen , y otros, 2010).

Por consiguiente, esta problematización requiere un enfoque pedagógico y didáctico de la enseñanza basada en la investigación y un prototipo de dispositivo experimental como una alternativa didáctica para desarrollar la comprensión, las habilidades y las actitudes en forma progresiva como lo exige un problema ambiental de esta magnitud (Harlen, 2013).

La educación científica debe conducir al conocimiento y la comprensión del mundo natural a través de la interacción directa con fenómenos, mediante la generación y recopilación de datos para su uso como evidencia en el proceso de prueba de explicaciones de fenómenos y eventos. En palabras de Wynne Harlem (2013):

La educación científica debería permitir a los estudiantes desarrollar los conceptos claves de ciencias (grandes ideas) que les permitan comprender los acontecimientos y fenómenos de relevancia en sus vidas actuales y futuras. Los estudiantes también deben lograr comprensión sobre cómo se obtienen las ideas y el conocimiento científico y las habilidades y actitudes involucradas en la búsqueda y la utilización de la evidencia, (p.14)

Lo anterior, sumado a la necesidad de adoptar estrategias didácticas que posibiliten la adquisición del conocimiento científico, lleva a considerar la implementación de la propuesta metodológica denominada Enseñanza basada en la Comprensión e Indagación (ECBI) en el aula. Este enfoque indagatorio puede generar mejores resultados en el aprendizaje, en tanto exista una adecuada orientación, guía y planificación del profesor articulando los conocimientos con unos resultados esperados en el aprendizaje en contextos significativos que además promuevan la motivación y se desarrollen habilidades que propicien la investigación haciendo uso del método científico en situaciones contextuales que pueden tener explicación en las ciencias, y que sea coherente con los objetivos de la alfabetización científica, (Romero, 2017).

En esta misma línea, Romero (2017), en su artículo. “El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?”, refiere los hallazgos de investigaciones sobre el impacto de la metodología de enseñanza y los resultados en

las pruebas PISA, se encuentran correlaciones positivas con respecto al uso de metodologías basadas en la indagación y el interés por las ciencias; además, se ha venido implementado en países latinoamericanos con relativo éxito en países como Chile, Argentina, México, Colombia, entre otros, (Uzcátegui & Betancourt, 2013).

No obstante, las posibles ventajas atribuidas a esta metodología, Romero (2017) destaca que la enseñanza de las ciencias debe mejorarse, asumiendo que va mucho más allá de generar preguntas de investigación, y debe buscar el desarrollo del pensamiento crítico, la explicación basada en la comprensión, articulación de conocimientos y construcción de modelos sobre los fenómenos que se estudian.

La problemática ambiental se une a la urgencia de desarrollar el pensamiento científico en los estudiantes como uno de los objetivos principales del área de ciencias naturales en la educación básica primaria para el desarrollo de habilidades científicas que les permitan comprender las interacciones, fenómenos y procesos subyacentes. Por esto, cabe preguntarse si las dificultades que se encuentran en cuanto a los niveles de desempeño de los estudiantes de educación básica primaria en el área de ciencias naturales tienen que ver con las estrategias de enseñanza y la incorporación de metodologías que realmente promuevan el pensamiento científico.

En este sentido, es necesario que la enseñanza de las ciencias suscite mayor interés en los estudiantes y transforme sus prácticas (Solbes, Montserrat, & Furió, 2007) , permitiendo el logro de la “alfabetización científica” orientada a partir de un currículo general donde se definan estrategias que promueva el uso de los conocimientos científicos aplicados que les permitan mejorar sus condiciones de vida, además del desarrollo de habilidades y procedimientos,

resolución de problemas y reflexión sobre los mismo, y disminuir la brecha en calidad educativa (UNESCO, 2005).

El cambio urgente en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, se considera otra preocupación puesto que es vital el interés y la motivación del estudiante, el desarrollo de creatividad, curiosidad y valores, para enfrentar los complejos problemas sociales y ambientales, iniciando por la resolución de problemas desde el aula, o mejor enfrentar un problema como lo sugiere (Arteaga, Armada, & Del Sol , 2016).

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se identifica un problema contextual que tiene implicaciones personales y da sentido e importancia abordarlo para su potencial resolución, desde el abordaje de estrategias de enseñanza y aprendizaje en ciencias como la ECBI y el diseño de un prototipo didáctico experimental que tiene los elementos necesarios para responder a la pregunta problema de esta investigación.

Pregunta de Investigación.

¿Qué características debe poseer un prototipo didáctico experimental de la descomposición de la materia orgánica (compostaje) para el desarrollo de las habilidades científicas de observación y clasificación en estudiantes de grado tercero y cuarto de básica primaria?

Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo experimental de la descomposición de la materia orgánica a partir de la caracterización de las habilidades científicas de observación y clasificación en estudiantes de grados 3 y 4 de educación básica primaria.

Objetivos específicos

1. Caracterizar las habilidades científicas de observación y clasificación, así como aquellas relacionadas con el conocimiento en cuanto a la descomposición de la materia orgánica, en un grupo de estudiantes de los grados tercero y cuarto de básica primaria.
2. Identificar y definir las variables y características que debe poseer un prototipo didáctico que permita realizar el proceso de compostaje, y con este puedan desarrollarse las habilidades científicas de observación y clasificación a nivel escolar, en niños de grados tercero y cuarto de educación básica primaria.
3. Elaborar de una guía de prácticas experimentales utilizando el enfoque de la Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (por sus siglas, ECBI) para la comprensión de la descomposición de la materia orgánica o compostaje mediante el prototipo experimental y que permita el desarrollo de las habilidades científicas objeto de este trabajo.

Marco teórico

En este capítulo se presentan en primer lugar, los fundamentos pedagógicos de la indagación en las ciencias; en segundo lugar, la justificación pedagógica del prototipo didáctico experimental, su descripción del diseño y construcción del prototipo creado para esta investigación, al igual que las ventajas didácticas de su utilización en la enseñanza de las

ciencias; así mismo se realiza una breve conceptualización sobre la descomposición de la materia orgánica (compostaje) para el caso específico de esta investigación y las habilidades científicas.

Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI)

En primera instancia, cabe mencionar que el interés de los alumnos por las ideas científicas tiene su inicio en etapas tempranas del desarrollo, donde se evidencia curiosidad e interés por comprender lo que les rodea, en particular en la escuela primaria, se observa una curiosidad motivación por aprender. Por esta razón, las estrategias que emplean la indagación permiten la resolución de los cuestionamientos sobre los fenómenos y una participación del estudiante en su aprendizaje, además de motivar el interés por aprender, (Ortiz & Cervantes, 2015).

De otro lado, la educación basada en la indagación ofrece la oportunidad de interesar a los estudiantes en la investigación científica, promover el pensamiento crítico, diferenciar la ciencia de lo que no lo es, incentivar en el renacimiento de la importancia de la investigación básica y humanizar la imagen de los científicos (Hood & Gerlovich, 2008).

Para Harlen (2013), “la indagación es un término que se utiliza tanto en la educación como en la vida cotidiana para referirse a la búsqueda de explicaciones o información a través de preguntas”, (p.12). De igual manera, la autora retoma la formulación desarrollada a propósito de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, en la cual los estudiantes desarrollan en forma progresiva las ideas científicas más importantes y adquieren habilidades para investigar, de tal manera que inician en la construcción de nuevos conocimientos, sus relaciones con el contexto cotidiano.

En la ECBI, los estudiantes aprenden a realizar preguntas, observar y analizar datos que les permiten corroborar fenómenos, llegando a conclusiones y resultado.

Elementos Básicos de la ECBI

Siguiendo esta propuesta metodológica de la enseñanza basada en la indagación, Harlen (2013), refiere algunos elementos que son clave para su comprensión, a saber:

-Progresión en el desarrollo de las ideas claves o generales que ayuden a dar sentido a los fenómenos que se estudian en la ciencia.

- En el aprendizaje, el estudiante tiene un rol importante ya que construye su aprendizaje con la adecuada orientación del profesor.

- El uso de las habilidades científicas, además de las necesarias en la aplicación del método científico, también requiere del rigor sistemático en la recolección y análisis de los datos, hipótesis y posibles resultados derivados de una investigación. En el ámbito escolar, esto implica que cuando no se conocen las respuestas a las preguntas o problemas de interés, en la pedagogía de la indagación, resulta importante que se busquen las formas de obtener soluciones con la adecuada y contextualizada orientación del maestro.

-En la enseñanza basada en la indagación, las preguntas son elementos clave para la construcción de conocimientos, comprensión de fenómenos y resolución de problemas; las preguntas planteadas por el profesor o los estudiantes son la manera de evaluar las ideas y llegar a respuestas para explicar fenómenos y comprender conceptos.

Objetivos de la ECBI

En la ECBI, el propósito pedagógico va más allá de desarrollar habilidades de indagación, puesto que se dirige a que se armonicen el aprendizaje de los conceptos, la forma en que se aprende y la manera en que se responden las preguntas y se produce el aprendizaje en contextos nuevos (Harlen, 2013). De acuerdo con esta autora, la educación en las ciencias debería permitir que los estudiantes tengan una comprensión de las ideas científicas básicas, la naturaleza de la ciencia y la investigación; así mismo, los estudiantes deben adquirir habilidades para investigar que apoyen su aprendizaje y aporten actitudes hacia la ciencia, además de tener la capacidad para comunicar sus preguntas y posibles respuestas a problemas planteados. De este modo, los estudiantes deben comprender lo que hace la ciencia en beneficio de la sociedad.

Fundamento Pedagógico de la Indagación en el Aprendizaje de las Ciencias

En este proyecto se adopta el constructivismo como paradigma pedagógico propicio para la enseñanza de las ciencias y la indagación, puesto que supone en una primera acepción una arquitectura que se desarrolla a través de un proceso mental que consuma con la adquisición de un conocimiento nuevo y que sirve para producir más conocimiento.

El constructivismo es el paradigma pedagógico que sostiene que una persona, tanto en los aspectos cognitivos, sociales y afectivos del comportamiento, no es una construcción propia, sino que se va produciendo día a día como resultado de la interacción de estos dos factores. En consecuencia, según el paradigma constructivista, el conocimiento se realiza con los esquemas que la persona ya posee (conocimientos previos), es decir, con lo que ya construyó en su medio, sus observaciones y auto referencia, erige nuevos conocimientos y realidades (Camejo, 2006) .

Siguiendo esta línea epistemológica y pedagógica, se presenta el modelo indagatorio el cual sostiene que los estudiantes cimentan el conocimiento y despliegan un discernimiento más amplio a través de la experimentación, es decir, que el aprendizaje se cimienta desde el constructivismo (Everaert, Harlen, Alberts, y Rodger, 2017).

A su vez, para Castaño, (2011), el conocimiento desde el paradigma constructivista se genera en la interacción dada entre la persona que conoce y los elementos del mundo en un contexto. Para que esto fuese posible, el constructivismo realiza un aporte fundamental en cuanto a la forma de estructurar cómo interactúan el conocimiento y los objetos del mundo:

Conocer es organizar los datos de la realidad, darles un sentido, lo cual significa construir una lógica de la acción. Organizar es estructurar, hacer inferencias, establecer relaciones y la génesis del conocimiento se da a través de organizaciones estructurantes; se trata de organizar nuestra experiencia, creando estructuras (p 115).

Por otra parte, el aprendizaje de las ciencias a través de la enseñanza basada en la indagación destaca la necesidad de vincular a los estudiantes en experiencias físicas concretas, que incorporen una adecuada comprensión de los conocimientos a través de una apropiada intervención del maestro con herramientas ajustadas al contexto, para que dichos conceptos sean aplicables y puedan ser usados (Everaert, Harlen, Alberts, y Rodger, 2017).

Así mismo, Everaert, Harlen, Alberts, y Rodger (2017) señalan que la enseñanza de las ciencias a través de la indagación siguiendo su fundamento constructivista, toma elementos del aprendizaje colaborativo, ya que es necesario que el profesor cree el ambiente necesario para que

se promueva en los estudiantes la corresponsabilidad en su aprendizaje, el fortalecimiento de las habilidades sociales como la escucha, la tolerancia y el respeto.

Justificación pedagógica del uso de prototipos en la enseñanza de las ciencias

El uso de material didáctico innovador como los prototipos en el área de ciencias naturales en educación básica y media, evidencia ventajas significativas para la comprensión de fenómenos y la definición apropiada de conceptos, además de su aplicabilidad en los contextos, además permiten la distinción e importancia de la ciencia y la tecnología.

De un lado, la utilización de prototipos en la enseñanza de las ciencias, permiten la comprensión y profundización de los conceptos que están involucrados en los fenómenos que se estudian, y contribuyen al desarrollo de habilidades necesarias para la aplicación del método científico, (Duarte, Gutierrez, y Fernández, 2007). De forma semejante, el uso de prototipos va más allá de la transmisión de contenidos presentados en un currículo, puesto que favorecen el proceso de aprendizaje, las habilidades de los estudiantes y el ambiente de aula, (Angarita-Velandia, Fernández-Morales, y Duarte, 2008).

Así también, la utilización de prototipos en la enseñanza de las ciencias favorece la práctica pedagógica como el “trabajo colaborativo”, y otras habilidades del plano social que mejoran de manera significativa los procesos de aprendizaje de los estudiantes, en particular, la “resolución de problemas”, (Rojas, Moreno, y González, 2012), y posibilitan la constatación directa de fenómenos explicados a través de leyes científicas (Carrera de Anda y Ramírez , 2017).

Con respecto al desarrollo de habilidades científicas, el uso de material didáctico innovador y prototipos presenta ventajas significativas en el aprendizaje ya que se otorga importancia a la resolución de problemas y la comprensión de fenómenos, permitiendo que los estudiantes se involucren de manera activa, lo que promueve su natural curiosidad y motivación por conocer, (Etherington , 2011). De hecho, este mismo autor señala en su investigación: “Investigative Primary Science: A Problem-based Learning Approach” que además de las ventajas expuestas para el aprendizaje, el uso de prototipos y un modelo pedagógico relacionado con la investigación científica tiene un impacto positivo en la motivación de los maestros.

Por otra parte, es sabido que el éxito de la enseñanza se relaciona con aspectos subjetivos como la relación entre el profesor y el estudiante, su nivel de motivación, interés y en general la percepción que se tiene sobre las clase se constituyen en desafíos que enfrenta el profesor en tanto es actor fundamental para la implementación de las metodologías; se confirma que el uso de prototipos se relaciona de manera significativa con la percepción que tiene el estudiante sobre el profesor, el interés hacia las ciencias, la competencia y el desafío por aprender (Ainun Zainal, y otros, 2018).

No obstante, las ventajas atribuidas al uso de prototipos experimentales en la enseñanza de las ciencias existen otros desafíos para el profesor, en la medida en que le exige mayor involucramiento, conocimiento, y en general experticia en la práctica de la investigación científica. En un proceso de enseñanza mediado por modelo experimental, se requiere de la participación constante y activa del profesor, para que los objetivos de aprendizaje sean logrados (Sidawi, 2009).

En el campo de las ciencias naturales, se estudian fenómenos observables y medibles, por ello, Sidawi (2009), afirma que es fundamental que el profesor comprenda de forma completa lo que se pretende explicar, las implicaciones que tiene el uso de materiales didácticos, prototipos y tecnología en la apropiación de un concepto o la resolución de un problema, es decir, debe permitir que los estudiantes puedan entender su funcionamiento y la posibilidad de poder usarlo en un contexto similar

Frente al reto planteado al profesor en el uso de prototipos didácticos en la enseñanza de las ciencias, surge la oportunidad de favorecer la transferencia de conocimiento como lo afirma, Sidawi (2009), en la medida en que el fenómeno que se estudia en esta investigación (transformación de la materia orgánica) se constituye en una problemática ambiental que afecta de manera directa a los estudiantes en su entorno inmediato.

Justificación Didáctica del Prototipo

Uno de los mayores problemas que enfrentan los profesores de ciencias naturales, es la falta de espacios y recursos físicos naturales en los cuales, se puedan estudiar fenómenos naturales en la práctica y no en textos, guías y/o videos, dejando de lado la experiencia práctica sobre el fenómeno y su posible investigación.

Desarrollar y usar modelos es parte del quehacer científico, es un hecho que se evidencia en el afán por explicar y predecir fenómenos naturales; los científicos incluyen este quehacer en diferentes contextos delineando el carácter de sus prácticas científicas auténticas. La concepción del modelo científico descrito por (Giere, 1992, capítulo 3, citado en Adúriz & Izquierdo, 2009),

explica de manera muy precisa por no decir compleja, la importancia de incorporar este concepto como referentes teórico y metodológico en enseñanza de las ciencias:

Cualquier representación subrogante, en cualquier medio simbólico, que permite pensar, hablar y actuar con rigor y profundidad sobre el sistema que se está estudiando, califica de modelo teórico: no solo los modelos altamente abstractos más elaborados, sino también las maquetas, las imágenes, las trabas, los graos las redes las analogías... siempre que habiliten a quien los usa, describir, explicar, predecir e intervenir y no se reduzcan a meros "calcos" fenomenológicos del objeto subrogado (p.46).

En consecuencia, resulta pertinente en la modelización, hacer partícipes a los estudiantes en prácticas científicas reales en donde se vaya más allá de la recepción de información que tal vez no tenga sentido práctico y posiblemente no permita la comprensión de los conceptos y los fenómenos subyacentes; usar la modelización en la enseñanza de las ciencias permite que los estudiantes comprendan las ideas principales de cualquier disciplina científica, su base epistemológica, adquirir práctica en la evaluación de las ideas y por ende, el pensamiento crítico para discernir el conocimiento, (Acher, 2014).

Entonces, la utilización de una alternativa distinta sobre las prácticas educativas tradicionales es el diseño y desarrollo de modelos (prototipos) didácticos experimentales, que hagan una representación de fenómenos naturales y que se puedan establecer en el aula de clase, como por ejemplo un hormiguero, un acuario de peces, entre otros.

No obstante, las ventajas expuestas en la modelización científica en las aulas, esta implica también desafíos para investigadores y didactas de las ciencias en cuanto a la

responsabilidad de generar, junto con los profesores, diseños oportunos con fundamento práctico que sean posibles de llevar a cabo en el salón de clases (Acher, 2014).

Conviene aquí destacar, que no solo basta con el diseño y desarrollo de prototipos didácticos experimentales, sino que se requiere a la par del desarrollo de una metodología que acompañe el proceso en sí de la modelización (prototipo) que en sí misma, es una propuesta metodológica que tiene una sólida estructura teórica; por esta razón, en este documento se formula la articulación de un prototipo experimental, con la metodología ECBI; así, tanto el prototipo como la ECBI, resultan siendo estrategias coherentes con el propósito de favorecer la enseñanza de las ciencias a través de prácticas educativas que acerquen a los estudiantes a la educación científica en la educación primaria.

Sumado a lo anterior, Archer (2014) destaca el valor educativo del uso materiales didácticos que permitan la comprensión, organización y reflexión sobre las ideas que están alrededor de un fenómeno natural, a través de la modelización y señala que lo importante es:

Observar estos modelos como entidades estáticas llenas de imperfecciones; se trata de ver los modelos como entidades dinámicas con las que los estudiantes tienen la posibilidad tanto de explicitar y reflexionar acerca de sus experiencias o la evidencia que puedan obtener, como la de relacionar esas experiencias con posibles mecanismos explicativos e información científica adicional. De esta manera, los estudiantes pueden transitar gradualmente hacia niveles explicativos más complejos y aventurar predicciones acerca del comportamiento de fenómenos naturales que buscan interpretar. (p.67).

Descomposición de la materia orgánica

Uno de los retos al profesorado al desarrollar iniciativas como la investigación a nivel de básica primaria, es sin duda alguna, la elección de los contenidos a trabajar en ciencias naturales. Para lo referido en este estudio, la elección del contenido se centró en la importancia y relevancia que denota la comprensión de la transformación de la materia orgánica para posibilitar la resolución de un problema contextual del aula escolar, no solo desde el punto de vista educativo, en la calidad del aprendizaje científico, sino lo relacional con la vida cotidiana del estudiante y su medio circundante. En esta medida Harlen y otros, (2010) proponen al profesorado algunos criterios para elegir las ideas que deben orientan la enseñanza de las ciencias, además de ser coherentes con el desarrollo del prototipo experimental de este trabajo:

- Tener poder explicativo en relación con un gran número de objetos, acontecimientos y fenómenos a los que se enfrentan los estudiantes en sus vidas durante y después de sus años escolares.
- Proporcionar una base para comprender los problemas involucrados en la toma de decisiones que afectan su salud y el bienestar de los demás, el medio ambiente y el uso de la energía
- Proporcionar satisfacción por estar en condiciones de responder o buscar respuestas al tipo de preguntas que se hacen las personas acerca de sí mismos y el mundo natural (p.21).

Entonces, se debe pensar en los estudiantes como ciudadanos del mundo que aportan de una u otra manera al medio ambiente desde sus prácticas erróneas en la disposición incorrecta de

los residuos escolares; prácticas y actitudes que se refuerzan con los datos arrojados para el caso del colegio Manuelita Sáenz, donde se plantea el presente estudio.

En esta línea, las cifras y datos mencionados anteriormente por Kaza, Lisa C, Tata, y Van Woerden (2018), sobre la producción de residuos sólidos, exponen una grave realidad que debe ser investigada; además es una oportunidad para adoptar una nueva visión de educación, que desarrolle ciudadanos críticos y conscientes de su impacto al ambiente; a través de una formación reflexiva, contextual y crítica que promueva una educación científica se aporta en la resolución de estos grandes problemas desde el aula escolar.

Por lo tanto, al traer al aula escolar un prototipo didáctico que simula un fenómeno natural como el propuesto en este documento, se promueve un espacio de formación científica que posibilita estudiar e investigar por ejemplo la transformación de la materia orgánica, a nivel físico, químico, biológico, ecosistémico y social. Ofrece una posibilidad muy amplia en la investigación e integración de contenidos de forma interdisciplinar que le ayudarán al profesorado a integrar los conocimientos que muchas veces se ven fragmentados.

Antecedentes

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una búsqueda bibliográfica que sustenta teóricamente los planteamientos expuestos en esta y se clasificó en cuatro categorías conceptuales así: la primera categoría se centra en el enfoque de las ciencias basada en la indagación (ECBI), la segunda categoría se refiere a las habilidades científicas escolares específicamente la observación y la clasificación; la tercera categoría es entorno a la

descomposición de la materia orgánica y la cuarta categoría se relaciona con los prototipos didácticos experimentales.

Enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI)

La educación científica basada en la investigación ha sido promovida a nivel mundial como una forma innovadora de enseñanza de las ciencias y como una forma de generar un involucramiento de los estudiantes tanto en el diseño como en la realización de las propias investigaciones científicas. Se han realizados varios estudios sobre este modelo de enseñanza y, en su mayoría, son aplicadas en estudiantes de educación básica primaria.

Para empezar, el estudio realizado por Delclaux (2011) tiene como propósito presentar los resultados de una evaluación de estrategias locales para apoyar a los docentes en la enseñanza de las ciencias basadas en la indagación (IBSE), por sus siglas en inglés, en estudiantes de colegios de primaria en Francia. El principal objetivo de esa investigación fue determinar cuál fue la eficiencia del modelo de enseñanza y cuáles fueron los aspectos que se implementaron en clase. El instrumento de evaluación del estudio fue una observación de clase previamente desarrollada por el grupo de trabajo interdisciplinario de educación nacional *La main à la pâte* (Charpak, Léna, y Quéré, 2005). Los principales resultados del estudio muestran que el elemento más exitoso se refería a la enseñanza de conceptos y materiales. Por su parte, el aspecto más crítico fue el desarrollo de escritura en las sesiones de enseñanza.

Ahora bien, con relación a los desafíos que se dan el marco pedagógico de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, el estudio realizado por VanUum y Verhoeff (2016), tiene como propósito entender cuáles son los principales retos. La metodología del estudio es de

carácter cualitativo y, a través de entrevistas semiestructuradas y observaciones de clase se concluyó que los profesores de escuelas públicas de educación primaria en Estados Unidos pueden superar los desafíos y guiar a los estudiantes con éxito a través del proceso de indagación de dominio conceptual, social, epistemológico y procesal de todo el conocimiento científico e investigativo. Las conclusiones del estudio sugieren más investigaciones en el marco y el desarrollo de futuras investigaciones sobre el desarrollo de la pedagogía para que los profesores de educación primaria puedan guiar a los estudiantes a través de distintas fases de investigación abierta.

La mayoría de las investigaciones sobre la enseñanza de la ciencia basada en la indagación ha sido mayoritariamente desarrollada en Estados Unidos. Por su parte, en Países Bajos, se realizó el estudio de Alake-Tuenter, Biemans, Tobi, y Mulder (2013), en el cual se indagó por el papel de los docentes en la enseñanza. La metodología del estudio es de tipo cualitativo y para el método se les preguntó a 33 expertos sobre las competencias de la enseñanza de las ciencias basadas en la indagación. Concretamente, se indagó por el conocimiento de la materia o el conocimiento del contenido, el conocimiento del contenido pedagógico, la actitud y las categorías de competencias conectadas. Las principales conclusiones del estudio sugieren que es importante brindarles a los profesores distintas herramientas para integrar todo el desarrollo de las competencias con respecto a las competencias mencionadas previamente, durante toda su carrera profesional.

Paralelamente, con relación a la educación de los docentes, el estudio de Otto, Everett, Moyer, y Zitzewitz (2012) analizó el impacto que tienen los cursos de enseñanza de las ciencias basada en indagación que están diseñados para profesores de educación primaria a través de una

prueba de educación estatal. La metodología del estudio consistió en un análisis ex ante y ex post de la prueba. Inicialmente, los investigadores realizaron la prueba de certificación de 1003 estudiantes en total. La primera cohorte consistió en 424 estudiantes que tomaron la prueba antes de ver los cursos reformados. La segunda cohorte consistió en 579 estudiantes que tomaron la prueba después de la implementación completa de los cursos reformados. Los principales resultados del estudio, se encontró que es fundamental que los estudiantes que se preparan para ser docentes tengan acceso a curso de enseñanza de ciencias a través de la indagación, ya que estos estudiantes tuvieron un puntaje significativamente mayor en la prueba.

Con relación a la educación docente, el estudio de Varma, Volkman, y Hanuscin (2009) tiene como propósito presentar los resultados de una evaluación de las estrategias de apoyo a los docentes en el momento de implementar la enseñanza de las ciencias basada en la indagación en escuelas de educación primaria en Francia. El objetivo del estudio fue determinar cuáles aspectos específicamente del modelo francés de ECBI se implementaron en las aulas de clase y cuál fue la eficiencia de la estrategia de apoyo para cada docente. Los instrumentos de la metodología fueron observaciones de clase. Los principales resultados del estudio muestran que es necesario formas largas y continuas de apoyo a los docentes. Además, los resultados muestran las principales ventajas y desventajas del apoyo brindado. Sin embargo, no se han implementado todas las prácticas sugeridas para la enseñanza de las ciencias basadas en la indagación.

Otros estudios han medido el impacto de un programa de desarrollo profesional. Ejemplo de esto es el estudio titulado *The impact of a professional development program integrating informal science education on early childhood teachers' self-efficacy and beliefs about inquiry-based science teaching* (Duran, Ballone, y Beltyuoka, 2019). Este estudio tuvo como propósito

medir el impacto del programa del desarrollo profesional llamado ASTER II sobre la auto eficiencia y las percepciones de los docentes sobre la enseñanza científica basada en la indagación e investigación. La metodología fue cuantitativa y los resultados indicaron que los profesores fueron impactados significativamente por el programa de desarrollo profesional.

Habilidades Científicas

La exploración del mundo natural es una cuestión de la infancia que debe promoverse en la escuela, puesto que es indispensable para acceder y desenvolverse en la vida cotidiana, inclusive reconociendo sus consecuencias en los ámbitos social, económico y ambiental. Por ello, Furman (2016) señala que la educación en ciencias debe dirigir sus esfuerzos hacia las habilidades necesarias para generar pensamiento científico teniendo en cuenta los “procesos cognitivos y socioemocionales, como la apertura y la objetividad, la curiosidad y la capacidad de asombro, la flexibilidad y el escepticismo, y la capacidad de colaborar y crear con otros” (p.17).

Así mismo, cuando los niños investigan sobre los fenómenos a través de variadas estrategias pedagógicas no solo están aprendiendo sobre un tema o contenido, sino que desarrollan habilidades cognitivas que son esenciales para la comprensión de las ciencias y en general necesarias en el proceso educativo. (Worth, 2015), por su parte, afirma que la enseñanza de la ciencia en la escuela provee una variedad de posibilidades para la comprensión del mundo que rodea a los niños, sin embargo, dicha enseñanza requiere estar provista de la experiencia directa con elementos y actividades que promuevan sus habilidades científicas, las cuales son esenciales para su desarrollo cognitivo. No obstante, el desarrollo de estas habilidades necesita estar en armonía con otros aspectos del individuo.

Por otra parte, (Osorio , 2014) en su tesis, investigó “las semejanzas y diferencias en el desarrollo de habilidades científicas (clasificación, planificación y formulación de hipótesis” en

estudiantes de los grados primero a quinto que participaron en una estrategia denominada Pequeños científicos. La investigación determinó que los estudiantes tuvieron mejor desempeño en la habilidad de clasificación, sin llegar a los niveles avanzados; de otra parte, este estudio también encontró que las niñas en el grado quinto fueron quienes presentaron mejor desempeño. Por ello, la investigación referida sugiere profundizar en las diferencias en los resultados, así como en las estrategias didácticas que favorezcan el desarrollo de habilidades científicas.

Según (Di Mauro, Furman, y Bravo, 2015), quienes investigaron las habilidades de interpretación de datos y de diseño experimental en estudiantes de grado cuarto de primaria en los niveles ausente, medio y avanzado, encontraron que los resultados obtenidos reflejaron un “bajo nivel de desarrollo”. Así mismo, la investigación mencionada destacó la importancia de dar continuidad a estrategias didácticas basadas en diagnósticos iniciales de las habilidades que permitan trazar una metodología acorde a las necesidades educativas, y que luego faciliten su profundización a niveles más complejos.

En otro estudio en el ámbito latinoamericano también se demuestra la importancia de adoptar estrategias de enseñanza diferentes a las tradicionales en la educación pública para permitir el desarrollo de habilidades científicas. En dicho estudio, se llevó a cabo con estudiantes de alta vulnerabilidad social en una escuela pública una intervención pedagógica basada en el trabajo colaborativo; los resultados de la aplicación de la pedagogía “Enlazando” fueron favorables para el desarrollo de habilidades científicas de orden superior, manejo del método científico, apropiación de contenidos del área, trabajo colaborativo que permite la disminución del fracaso escolar y el fortalecimiento de otras habilidades necesarias en el aprendizaje. (Lavin, 2014).

Mesa (2011), en su informe sobre un Modelo metodológico para desarrollar las habilidades investigativas de los estudiantes de la Básica, Media y Media Técnica de la I.E. Presbítero. Antonio José Bernal Londoño de Medellín, construyó y planteó un instrumento para evaluar habilidades investigativas. Concluyó que las habilidades con puntuaciones elevadas fueron las concernientes con el conocimiento empírico analítico como, interpretar, organizar, evaluar, crear, curiosar y las de menor puntaje fueron las del conocimiento histórico hermenéutico como, razonar, analizar, deducir, sistematizar, integrar, sintetizar, coordinar y valorar.

Osman, (2012), por su parte, afirma que la enseñanza de la ciencia en la escuela provee una variedad de posibilidades para la comprensión del mundo que rodea a los niños, sin embargo, dicha enseñanza requiere estar provista de la experiencia directa con elementos y actividades que promuevan sus habilidades científicas, las cuales son esenciales para su desarrollo cognitivo. No obstante, el desarrollo de estas habilidades necesita estar en armonía con otros aspectos del individuo.

Compostaje

En el ejercicio de rastreo de investigaciones realizadas sobre el proceso de compostaje en la escuela, se encontraron pocos estudios que abarcaran dicha categoría desde la ejecución del maestro en el aula, siendo la mayoría de los estudios realizados por parte de disciplinas distintas a la pedagogía, por lo cual se hace necesario investigar desde lo educativo la importancia de este proceso como parte del ejercicio de potenciación de las habilidades científicas y la conciencia en torno al cuidado del medio ambiente.

Dentro de las investigaciones encontradas referente al desarrollo del compostaje en la escuela se evidencia que algunas de estas abarcan dicho proceso como parte de la buena disposición de los residuos orgánicos producidos en la institución, así como plantean las formas adecuadas de realizarlo o los instrumentos más eficientes para el proceso de compost, otras abarcan únicamente la separación de residuos sin llegar al proceso de uso de estos en beneficio del proceso de cuidado del medio ambiente en las instituciones educativas.

Ejemplo de ello es la investigación realizada por Escobar (2018), la cual tenía como finalidad determinar el nivel de conocimiento sobre la organización de los residuos orgánicos e inorgánicos en estudiantes del 4to grado del Colegio Adventista, Puno (Perú), cuya metodología fue de carácter descriptivo y de diseño exploratorio.

En lo concerniente a la muestra, estuvo conformada por los estudiantes que cursaron el cuarto grado del nivel primario en el Colegio Adventista que ascienden a 46 estudiantes. En la investigación se arribó a la siguiente conclusión: El nivel de conocimientos sobre la organización de los residuos orgánicos e inorgánicos en estudiantes del 4to grado del Colegio Adventista, se ubica en la escala en proceso, porque a pesar de que un porcentaje significativo de estudiantes (se ubican en la escala logro previsto y destacado con 46% en conocimientos sobre residuos orgánicos, 34% sobre residuos inorgánicos y 30% en conciencia ambiental) conocen de qué se trata la organización de residuos, la utilidad del reciclaje y el bienestar para la sociedad; el resto de estudiantes, desconoce las ventajas de la organización de los residuos orgánicos e inorgánicos.

Arenas (2017) efectuó un trabajo de investigación en donde se compararon dos sistemas diferentes de compostaje: Pacas digestoras y a cielo abierto, para establecer el más eficiente en

términos del comportamiento de algunas variables y calidad del compost. Este proyecto se realizó en cuatro fases en las cuales participo la comunidad educativa y se utilizó una metodología didáctica y experimental basada en el modelo socio crítico.

En la parte pedagógica, se organizaron diferentes visitas con los estudiantes al espacio donde se encuentran los sistemas de compostaje, reconociendo sus características y su utilidad en la siembra. Se realizó una reunión con los docentes de Ciencias Naturales para que implementaran, en cada uno de los grados, algunos elementos conceptuales del compostaje en general y específicamente de los dos sistemas escogidos en el Centro Educativo.

El investigador concluyó que el sistema de compostaje en pacas digestoras es más eficiente para la obtención de abono orgánico en términos de conversión de los residuos orgánicos y de menor impacto ambiental negativo además el compostaje en pacas digestoras es ideal para producir compost en instituciones educativas y zonas residenciales, debido a que no genera malos olores, ni permite la reproducción de vectores transmisores de enfermedades.

Sabogal, L. M. T., y Ospina, Y. L. (2016) en su investigación que tenía como objetivo desarrollar competencias científicas investigativas en los estudiantes del Colegio Canapro, a través de la aplicación de una secuencia de actividades relacionadas con el manejo y disposición de los residuos orgánicos y su transformación en biocompostaje, cuya metodología fue cualitativa de corte cuasiexperimental, concluyeron que actualmente deben incluirse procesos que integren la dimensión ambiental a través problemáticas, como por ejemplo, el manejo y disposición de los residuos sólidos orgánicos: un material sin ningún valor económico aparente que es necesario recoger y transformar en compostaje, como una posible alternativa.

Exponen además que este trabajo permite transformar los entornos de aprendizaje ya que la elaboración de bio-compostaje como parte de la secuencia de actividades, favorece el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos y se convierte en un escenario de aprendizaje que permite a los estudiantes desarrollar actitudes, proponer soluciones y ser agentes participativos dentro de su proceso de formación.

Por otra parte Brito, H., Jara, J., Cornejo, S., y Machado, M. J (2015), en su investigación que tenía como objetivo el dimensionar y construir un reactor Batch prototipo para la obtención de compost con residuos orgánicos que se producidos en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, expusieron como se efectuaron experimentos en prototipos hechos con materiales metálicos y plásticos 30 y 200 L respectivamente, en donde se simularon condiciones de aislamiento que aceleren el tiempo aproximado de degradación de un proceso normal dado en una pila de compostaje, para lo cual se tomó en cuenta las variables de operación que se controlaron durante el proceso lo cual permitió la construcción de un reactor cuyas características permitieron mantener un ambiente idóneo para el proceso de compostaje, y luego se procedió a la validación del mismo mediante la elaboración de compost, con los mismos parámetros mencionados en experimentos anteriores, lo cual, ha indicado que el reactor funciona de manera adecuada, ya que su rendimiento es de 76,47% y la eficiencia del proceso se ha optimizado un 30%, por lo que será de un amplio uso en la institución, para posteriores ensayos.

Esta investigación no se centró en el impacto para la comunidad educativa del uso de este prototipo para el proceso de compostaje ni su influencia en el acto educativo, no obstante, resalta la importancia de la innovación de herramientas que permitan hacer eficiente el compostaje.

Saldivar, O., de Jesús, H., Enciso Arrazola, A. O., & Saucedo Preciado, P. A. (2014), realizaron una investigación cuyo objetivo fue demostrar como a través de la realización de una composta, los alumnos de preescolar logran aprender sobre la importancia de cuidar el medio ambiente, así como todo aquello que se puede crear jugando con los residuos; para lograr lo mencionado anteriormente se diseñaron actividades para concientizar a los niños sobre la importancia de cuidar las plantas.

A continuación, iniciaron con la elaboración de una composta. De igual forma, los alumnos de preescolar elaboraron materiales como macetas decoradas, haciendo uso de latas, con la intención de reciclar y cuidar el medio ambiente. Con esto, se logró mostrar que la mejor forma de aprender es mediante la práctica, comprobada en el trabajo realizado con los niños de preescolar.

Las conclusiones de este grupo de proyecto fueron mostrar a las personas como el hecho de realizar una composta casera, motiva a los niños a querer cuidar el medio ambiente, ya que el hecho de conocer cómo obtener los ingredientes y los beneficios que tiene la composta, logra concientizar a los niños sobre los daños que sufre el medio ambiente.

Prototipos didácticos experimentales en la enseñanza de las ciencias

En el ejercicio de rastreo de las investigaciones que se han elaborado en torno a la realización y aplicación de prototipos didácticos experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales, se encontró pocas que abarcaran esta estrategia didáctica como medio de potenciación de la enseñanza en el aula, por lo cual se evidencia la importancia de abarcar este tipo de estrategias en las instituciones educativas ya que favorecen el pensamiento científico

permitiendo que sea vivencial. A continuación, se referencian algunas investigaciones halladas que abordan esta categoría y reafirman la primicia de la importancia del uso de prototipos experimentales en el aula.

En la investigación realizada por Llantén, G. L., y Quintero, M. M. (2016) que tenía como objetivo proponer un prototipo experimental (microscopio estereoscópico) como recurso didáctico para la enseñanza de la educación básica, cuya metodología fue de carácter cualitativo, con enfoque exploratorio y descriptivo, mediante la realización de un estudio de caso, concluyeron que se logra evidenciar que el microscopio estereoscópico sirvió como un recurso didáctico relevante en la enseñanza experimental de la biología, ya que apoyó y facilitó el proceso de enseñanza y aprendizaje, promoviendo aprendizajes que aportan a la formación de los estudiantes en temas de importancia global como es la contaminación atmosférica.

De igual forma, se resalta la versatilidad del prototipo experimental para la enseñanza de diversos contenidos que involucren procesos de observación de muestras naturales, ya que proporciona una visión tridimensional a partir del componente óptico del instrumento para enseñar contenidos científicos asociados a las realidades sociales y experiencias cotidianas de los estudiantes.

Por otra parte, Brito, H., Jara, J., Cornejo, S., y Machado, M. J (2015), en su investigación que tenía como objetivo el dimensionar y construir un reactor Batch prototipo para la obtención de compost con residuos orgánicos que se producidos en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, expusieron como se efectuaron experimentos en prototipos hechos con materiales metálicos y plásticos 30 y 200 L respectivamente, en donde se simularon

condiciones de aislamiento que aceleren el tiempo aproximado de degradación de un proceso normal dado en una pila de compostaje.

En esta medida se tomaron en cuenta las variables de operación que se controlaron durante el proceso lo cual permitió la construcción de un reactor cuyas características permitieron mantener un ambiente idóneo para el proceso de compostaje, y luego se procedió a la validación del mismo mediante la elaboración de compost, con los mismos parámetros mencionados en experimentos anteriores, lo cual, ha indicado que el reactor funciona de manera adecuada, ya que su rendimiento es de 76,47% y la eficiencia del proceso se ha optimizado un 30%, por lo que será de un amplio uso en la institución, para posteriores ensayos. Esta investigación no se centró en el impacto para la comunidad educativa del uso de este prototipo para el proceso de compostaje ni su influencia en el acto educativo, pero si la importancia de la innovación de herramientas que permitan hacer eficiente el compostaje.

En la investigación realizada por Duarte, J. E., Gutiérrez, G. J., y Morales, F. H. F. (2007), que tenía como objetivo desarrollar un prototipo didáctico como herramienta pedagógica para la enseñanza del concepto de inducción electromagnética. En la metodología propuesta para la aplicación del material desarrollado se enfatizó en el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje significativo y el aprendizaje cognitivo, donde los estudiantes manipulan el fenómeno físico y deducen los conceptos involucrados, mientras que el docente se convierte en el orientador del proceso.

Los investigadores manifiestan que en la enseñanza de las ciencias y la tecnología es importante el empleo de prácticas pedagógicas que aprovechen la creatividad de los estudiantes, a la vez que los motivan a profundizar los conceptos subyacentes.

En este sentido, sugieren la utilización de material didáctico que permita la interacción del estudiante con los principios involucrados y sus respectivas aplicaciones. Como resultado del proceso de diseño y fabricación se obtuvo un prototipo compacto, de bajo costo y fácil de operar, que sirve para ilustrar el principio de funcionamiento de un generador eléctrico. Con este prototipo también es posible profundizar conceptos propios de los circuitos eléctricos, a través de la medición de parámetros como la corriente y tensión generadas.

Método

Diseño Metodológico

El presente estudio es una investigación cuantitativa con un alcance de tipo exploratorio - descriptivo; en este apartado se plasma el análisis del nivel de desempeño de las habilidades científicas (observación y clasificación) y la comprensión en el proceso de descomposición de la materia orgánica, en un grupo de 120 estudiantes de una institución de educación pública de la ciudad de Bogotá.

Procedimiento

Para esta investigación se realizó contacto inicial con las directivas del plantel educativo donde se dio a conocer el objetivo de la investigación y se solicitó autorización para reunirse con los padres y madres de familia de los estudiantes a quienes se les explicó de manera detallada el objetivo de la investigación y el alcance de esta. En una reunión programada se les entregó el documento de consentimiento informado para que se permitiera a los estudiantes ser parte del estudio.

Posterior a la autorización del consentimiento informado por parte de los acudientes, se procedió a programar las sesiones de aplicación del instrumento, teniendo en cuenta los criterios de inclusión descritos más adelante. En las sesiones programadas con los grupos se les presentó un cuestionario en medio digital (Google forms) para ser contestado por ellos.

Para este proceso investigativo se empleó un diseño exploratorio y descriptivo (Hernández, 2014). Por tanto, se quiso explorar sobre el fenómeno natural de la descomposición de la materia orgánica, tema que ha sido muy poco estudiado en el nivel de educación básica primaria; y de otro lado, la elaboración de un cuestionario que permitiera caracterizar las habilidades científicas de observación y clasificación, y, por consiguiente, se diera lugar al diseño de un prototipo experimental único en su tipo, en un proceso que se llevó a cabo en las siguientes fases:

1. De un lado, la fase exploratoria consistió en el diseño y aplicación de un cuestionario estructurado sobre las habilidades de observación y clasificación relacionadas con el proceso de la descomposición de la materia orgánica en una situación de aprendizaje de la vida cotidiana.

2. Posteriormente, la fase descriptiva expone la caracterización de las habilidades científicas a partir de los datos obtenidos en la etapa de exploración o diagnóstico. Dicha caracterización permitió obtener elementos conceptuales para el diseño y construcción de un prototipo experimental de la descomposición de la materia orgánica.

3. A partir de los resultados obtenidos en los cuestionarios, se continuó con los análisis descriptivos que permitieron dar elementos para la construcción del dispositivo didáctico experimental.

4. Finalmente, a partir del diseño del prototipo, se exponen algunas observaciones en cuanto a su capacidad para desarrollar habilidades científicas, teniendo en cuenta las características propias de este dispositivo didáctico. También se sugiere una propuesta pedagógica para su posible implementación con respecto al desarrollo de las habilidades científicas.

Características de la Muestra

Se realizó muestreo no probabilístico intencional. A continuación, se presentan los criterios de inclusión y los criterios de exclusión que fueron tenidos en cuenta al momento de realizar la selección de los sujetos participantes:

Criterios de Inclusión

1. Estudiantes del grado tercero y cuarto de educación básica primaria desde los 8 hasta los 12 años.
2. Libre participación en la realización de las pruebas.
3. Autorización de padre, madre y/o acudiente de los estudiantes (consentimiento firmado).

Criterios de Exclusión:

1. Niños y niñas con necesidades educativas permanentes (Discapacidad Cognitiva).

De acuerdo con los criterios expuestos anteriormente, de un grupo de 140 estudiantes de grado tercero y cuarto de primaria del colegio Manuelita Sáenz, ubicado en la localidad San

Cristóbal, se escogió una muestra de 120 estudiantes con previo consentimiento informado de los padres y madres de familia. Sus familias están clasificadas dentro de los niveles uno y dos del Sistema de Selección de Beneficiarios Para Programas Sociales (SISBEN). De los estudiantes seleccionados son 57 niñas y 63 son niños para un total de 120 estudiantes

Instrumento

Como ya se mencionó, la enseñanza de la ciencia basada en la indagación (ECBI), está enfocada en la comprensión y el desarrollo de habilidades científicas, en nuestro caso habilidades científicas escolares. Por ello se diseñó un instrumento que relaciona la comprensión de la descomposición de la materia orgánica con el desarrollo de dos habilidades científicas como la observación y la clasificación, que son fundamentales en el proceso de indagación.

Cuestionario o Prueba Habilidades Científicas

Se elaboró un cuestionario de 25 preguntas, para permitir establecer el nivel de desempeño en la comprensión y las habilidades científicas de observación y clasificación, en torno a la conceptualización del proceso de la descomposición de la materia orgánica utilizando una herramienta virtual como Google Forms que permite recopilar información de los estudiantes a través de un cuestionario personalizado. [Ver anexo 1.](#)

La información se recopila y se conecta automáticamente a una hoja de cálculo. La hoja de cálculo se completa con las respuestas del cuestionario, este es un cuestionario de selección múltiple, con una opción de respuesta correcta, pero garantizando que los tres distractores restantes sean cercanos y plausibles, pero no correctos, de modo que el estudiante no pueda atinar por descarte, sino que lo haga realmente acudiendo a lo que sabe y observa.

Se plantean cuatro respuestas dirigidas a caracterizar en qué nivel de desempeño está la comprensión del fenómeno y el desarrollo de habilidades científicas, además se desarrolla una rúbrica sobre cinco criterios de evaluación para el desarrollo de las habilidades científicas de observación y clasificación. Se plantean 25 ítems de los cuales 10 ítems son específicos sobre la habilidad de observación, 7 ítems son específicos para la habilidad de clasificación y 8 ítems son específicos sobre la comprensión del fenómeno en referencia.

Como refieren Reyes y García (2014), sobre la definición y características de la habilidad de observación, se diseña la siguiente rubrica con cinco criterios de desempeño. Ver tabla 1.

Tabla 1. Niveles de desempeño Habilidades científicas

Habilidad: Observación	
Nivel	
1 Muy bajo	Realiza una identificación errónea entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica
2 Bajo	Identifica las diferencias obvias entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica
3 Intermedio	identifica las diferencias no obvias entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica
4 Alto	Identifica las similitudes no obvias entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica
5 Muy alto	Realiza una identificación de las características relevantes en el proceso de la descomposición de la materia orgánica

Con respecto a la habilidad de observación, se toma como referencia la definición y características aportadas por Pasek y Matos, (2007), para su correspondiente elaboración de una rubrica con cinco criterios de desempeño. Ver tabla 2.

Tabla 2. Niveles de desempeño Habilidades científica de clasificación

Habilidad: Clasificación	
Nivel	

1	Muy bajo	Agrupar de forma errónea objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica
2	Bajo	Agrupar de forma correcta objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica
3	Intermedio	Agrupar según sus características comunes objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica
4	Alto	Organizar según sus características no comunes objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica
5	Muy alto	Clasificar los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica según su estructura física y/o fisiológica.

De la misma manera, la tabla 3, describe la clasificación de las preguntas teniendo en cuenta las relaciones entre los componentes disciplinares (Atómico, Celular, Organísmico, Ecosistémico), las variables más importantes del proceso específico de la descomposición de la materia orgánica (temperatura, humedad, oxígeno, microorganismos), y las dos habilidades científicas de la observación y clasificación.

De este modo, el cuestionario presenta varias preguntas de diferentes niveles de complejidad en cuanto a conceptualización y comprensión del fenómeno de la descomposición de la materia orgánica. Las preguntas 1 y 2, se refieren al componente disciplinar atómico, sobre la materia orgánica, con un objetivo conceptual y de comprensión en la habilidad de observación. Las preguntas 3 y 4, hacen parte del componente celular; la pregunta 4 hace referencia específica a la habilidad de observación de la temperatura. La pregunta 5 es sobre el componente celular, en cuanto a la habilidad de observación. La pregunta 6, es del componente ecosistémico y corresponde a la habilidad de observación. La pregunta 7 por su parte, es del componente ecosistémico y estima la habilidad de clasificación con respecto a los microorganismos.

La pregunta 8 corresponde al componente ecosistémico y es tipo conceptual. La pregunta 9 es una pregunta conceptual sobre la humedad y se ubica en el componente ecosistémico. La

pregunta 10, hace parte del componente ecosistémico, estima la habilidad de observación de los microorganismos. Con respecto a la pregunta 11, esta hace parte del componente orgánico sobre la conceptualización y comprensión de la energía. La pregunta 12 corresponde al componente ecosistémico, que evalúa la conceptualización y comprensión sobre la variable de la energía.

De otro lado, la pregunta 13 evalúa el componente celular, sobre la variable temperatura en la habilidad de observación. La pregunta 14, corresponde al componente celular y es de tipo conceptual y de comprensión sobre el pH y la temperatura. La pregunta 15, evalúa la habilidad de clasificación sobre el componente celular y la variable energía. La pregunta 16, evalúa la habilidad de observación sobre el componente orgánico y la variable humedad. El ítem 17 es de tipo conceptual y de comprensión sobre el componente orgánico de la variable, micro orgánico.

La pregunta 18, evalúa la habilidad de clasificación sobre el componente orgánico, en la variable microorganismos. La pregunta 19, se refiere a la habilidad de observación sobre el componente ecosistémico y la variable humedad. La pregunta 20, corresponde a la habilidad de observación del componente ecosistémico de la variable humedad. La pregunta 21 es parte del componente orgánico y evalúa la habilidad de clasificación. La pregunta 22 corresponde al componente orgánico, de la variable energía y evalúa la habilidad de clasificación.

La pregunta 23, por su parte, evalúa la habilidad de clasificación en el componente ecosistémico y la variable energía. La pregunta 24 es una pregunta de tipo conceptual y de comprensión sobre el componente ecosistémico. Finalmente, la pregunta 25, evalúa la conceptualización y comprensión sobre el componente orgánico de la variable oxígeno.

De la anterior descripción, se encuentra que 10 preguntas corresponden a la habilidad de observación; 7 preguntas del cuestionario evalúan la habilidad de clasificación y las 8 preguntas restantes, hacen parte la conceptualización y comprensión del fenómeno de la descomposición de la materia orgánica.

Así mismo, en esta tabla 3, se presentan las preguntas correspondientes a cada habilidad científica y cuáles son las preguntas específicas de comprensión del fenómeno en estudio, que se corroboran mediante una marca de verificación o chequeo (chulo).

Tabla 3. Relaciones entre los componentes disciplinares, variables y habilidades científicas.

No	Componente	Materia	variables	Preguntas		
				Conceptual/ comprensión	Habilidades	
					Observacion	Clasificacion
1	Atómico	m orgánica		x	v	x
2	Atómico	m inorgánica		x	v	x
3	Celular	m orgánica		x	v	x
4	Celular	m orgánica	Temperatura	x	v	x
5	Celular	m orgánica		x	v	x
6	Ecosistémico	m orgánica		x	x	v
7	Ecosistémico	m orgánica	microorganismos	x	v	x
8	Ecosistémico	m orgánica		v	x	x
9	Ecosistémico	m orgánica	Humedad	v	x	x
10	Ecosistémico	m orgánica	microorganismos	x	x	v
11	Organismico	m orgánica	Energía	v	x	x
12	Ecosistémico	m orgánica	microorganismos	v	x	x
13	Celular	m orgánica	Temperatura	x	v	x
14	Celular	m inorgánica	pH-tem	v		x
15	Celular	m orgánica	Energía	x		v
16	Organismico	m inorgánica	Humedad	x	v	
17	Ecosistémico	m orgánica	microorganismos	v		
18	Ecosistémico	m orgánica	microorganismos	x		v
19	Ecosistémico	m inorgánica	Humedad	x	v	
20	Ecosistémico	m orgánica	Humedad	x	v	
21	Organismico	m orgánica		x		v
22	Organismico	m inorgánica	Energía	x		v
23	Ecosistémico	m orgánica	Energía	x		v
24	Ecosistémico	m orgánica	microorganismos	v		
25	Organismico	m inorgánica	oxígeno	v		

Plan de Análisis Cuantitativo

Para el presente trabajo se pretende realizar tres tipos de análisis al cuestionario aplicado a los estudiantes así:

Análisis Descriptivos: Básicamente para las opciones categóricas (Opciones de respuesta en cada pregunta) que presenta las frecuencias y porcentajes además de las numéricas como el promedio, desviación estándar, mínimo y máximo (3 puntajes: global, observación y clasificación, comprensión); y la descripción de la muestra por sexo y edad.

Análisis psicométricos del cuestionario de habilidades científicas de observación y clasificación, así como de la comprensión del fenómeno en referencia a confiabilidad, dificultad (porcentaje de acierto) y discriminación (correlación ítem-prueba).

Análisis de distribución global de las habilidades: Para el nivel de desempeño con respecto al puntaje global obtenido en el cuestionario, se presenta la distribución de los estudiantes por nivel de habilidades científicas.

Resultados

Resultados Descriptivos por pregunta

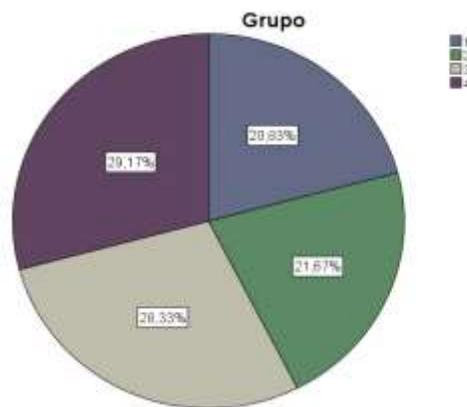
A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos de las variables de este estudio; para el siguiente análisis se contó con un total de 120 estudiantes.

Los 120 estudiantes pertenecen a dos grupos de grado tercero y dos grupos de grado cuarto y se distribuyen como lo presenta la gráfica 1. La distribución es aproximadamente equitativa, teniendo a la mayoría de los estudiantes en el grupo 4 y a la minoría en el grupo 1. Es

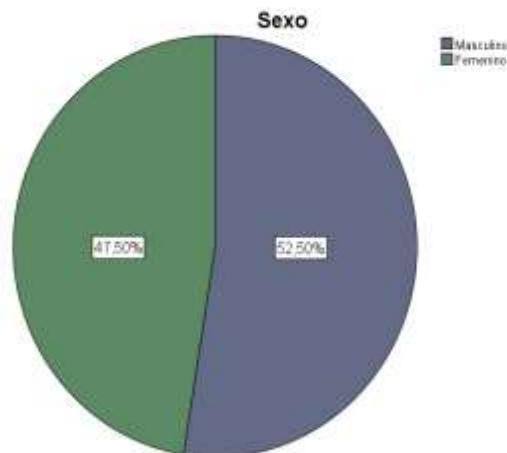
importante mencionar que los estudiantes están clasificados en los grupos por su edad, de manera ascendente, de tal manera que los estudiantes del grupo 1 y 2 tienen entre 8 y 9 años, los estudiantes del grupo 3 y 4 entre 10 y 12 años.

En la gráfica 2 se presenta la agrupación por sexo, donde el 52,5% de los estudiantes pertenecen al sexo masculino y el 47,5% al sexo femenino.

Gráfica 1. Distribución de participantes por grupo.

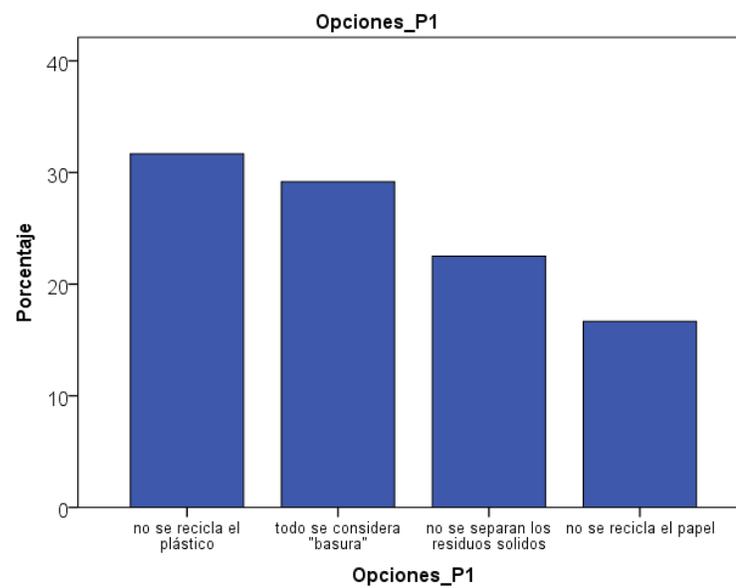


Gráfica 2. Distribución de participantes por sexo.



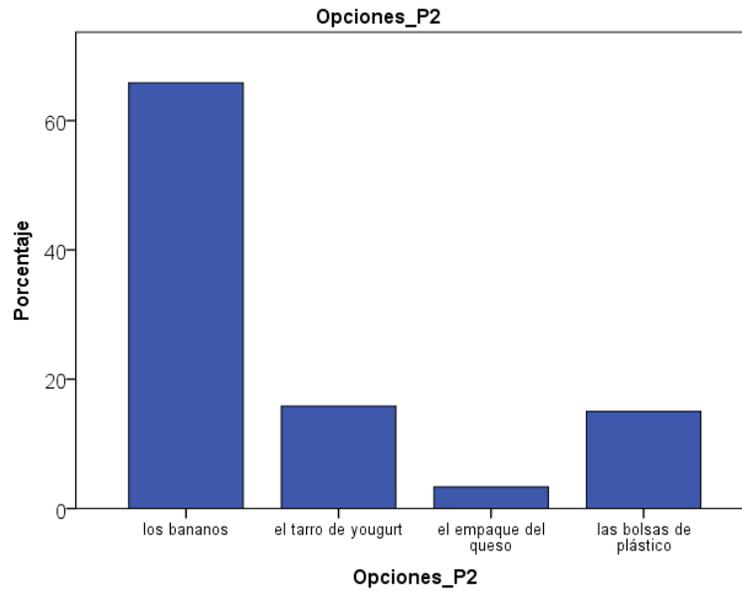
Descriptivos para la habilidad científica de observación.*Grafica 3. Distribución por opciones de la pregunta 1.*

Según el vídeo anterior, ¿Qué tipo de problema ambiental se presenta en el colegio?



Grafica 4. Distribución por opciones de la pregunta 2.

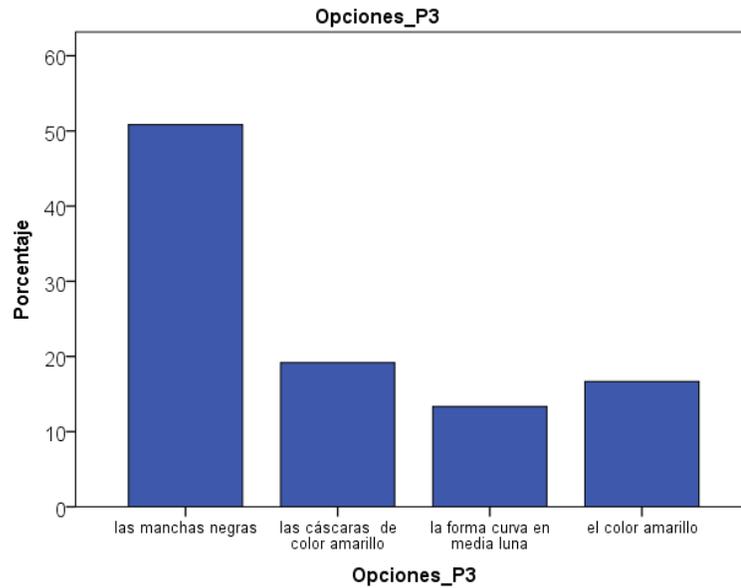
¿Cuál de los materiales que están en el bote de “basura”, se descompone más rápido que otros?



En la gráfica 5 se puede evidenciar que en la pregunta 3, alrededor de la mitad de los estudiantes respondieron de forma correcta la pregunta, siendo esta la opción “las manchas negras”; la otra mitad de los estudiantes se agrupó de forma más o menos equitativa en torno a las 3 alternativas restantes, presentándose que la opción “las cáscaras de color amarillo” y “el color amarillo”, tienen porciones bastante parecidas ya que discrepan apenas por 3 puntos porcentuales.

Grafica 5. Distribución por opciones de la pregunta 3.

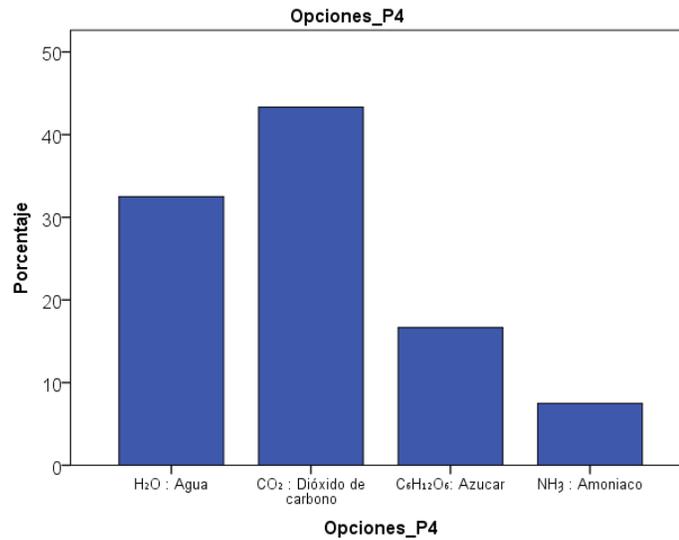
¿Qué características físicas presentan las cáscaras de los bananos, que indican el grado de madurez de esta fruta?



Para la pregunta número 4 (Gráfica 6) se observa que el 43,33% de los estudiantes respondió “CO₂: Dióxido de Carbono”, la cual es una respuesta incorrecta. Solo el 16,67% de los estudiantes respondió de manera correcta, eligiendo la opción: “C₆H₁₂O₆: azúcar”. Esto podría indicar que la pregunta fue un poco difícil.

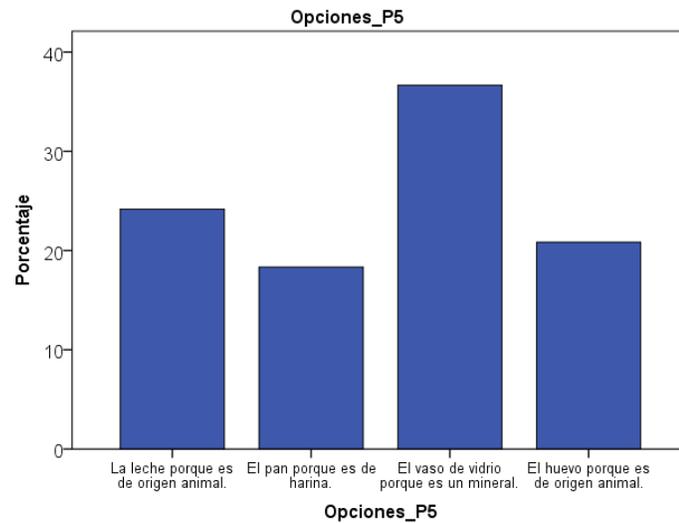
Grafica 6. Distribución por opciones de la pregunta 4.

Teniendo en cuenta la imagen y la lectura anterior, ¿cuál de las siguientes uniones de elementos es materia orgánica?



Grafica 7. Distribución por opciones de la pregunta 5.

Sabemos que la mayoría de los organismos vivos como las plantas y los animales se componen de materia orgánica. ¿Cuál de los siguientes objetos y/o productos de este desayuno que aparecen en la siguiente imagen

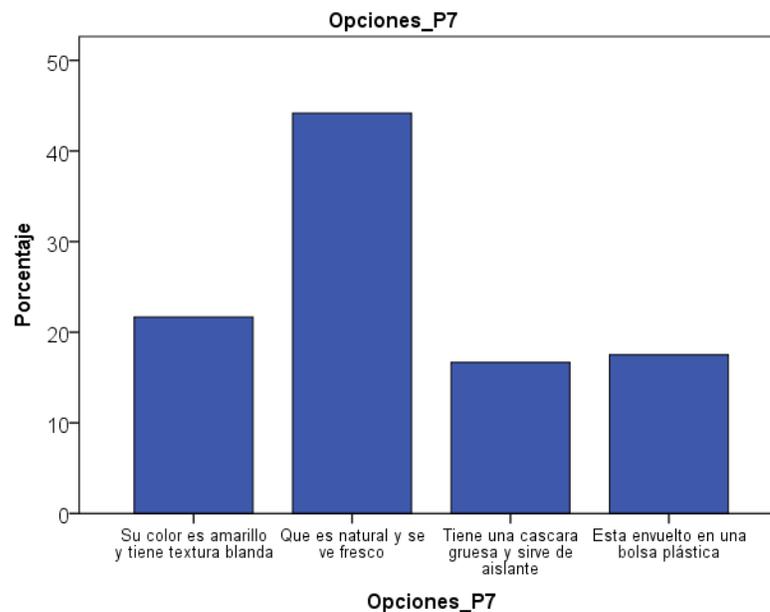


La gráfica 7 de la pregunta número 5 indica que solo un poco más de la tercera parte de los estudiantes respondió de manera correcta “el vaso de vidrio porque es un mineral”; esto quiere decir que más de la mitad de los estudiantes respondieron de forma incorrecta, donde la mayoría de los que respondieron mal, respondieron “la leche porque es de origen animal”.

En la pregunta 7, la mayoría de los estudiantes, el 83,34%, respondió de forma incorrecta (Gráfica 8). Cabe destacar que más de la mitad de los estudiantes que respondió mal, optó por la opción “que es natural y se ve fresca”; esto refleja que parece una opción incorrecta llamativa para los estudiantes. Lo anterior significa que sólo el 16,67% de los estudiantes respondió de forma correcta “Tiene una cáscara gruesa y sirve de aislante”.

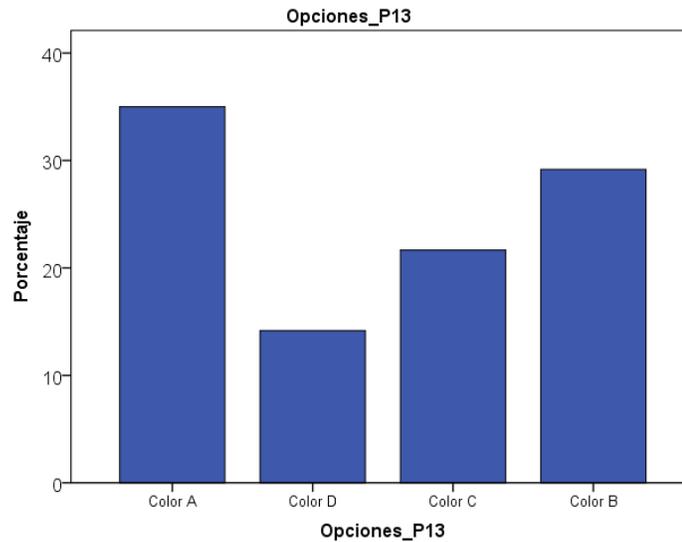
Gráfica 8. Distribución por opciones de la pregunta 7.

En la siguiente imagen se presentan algunos productos del refrigerio escolar. ¿Qué diferencia presenta el banano de los otros productos que le sirve para su protección de los microorganismos?



Grafica 9. Distribución por opciones de la pregunta 13.

Según el anterior vídeo, ¿qué color presenta el trozo de manzana 1, luego de 25 minutos de iniciada la oxidación?

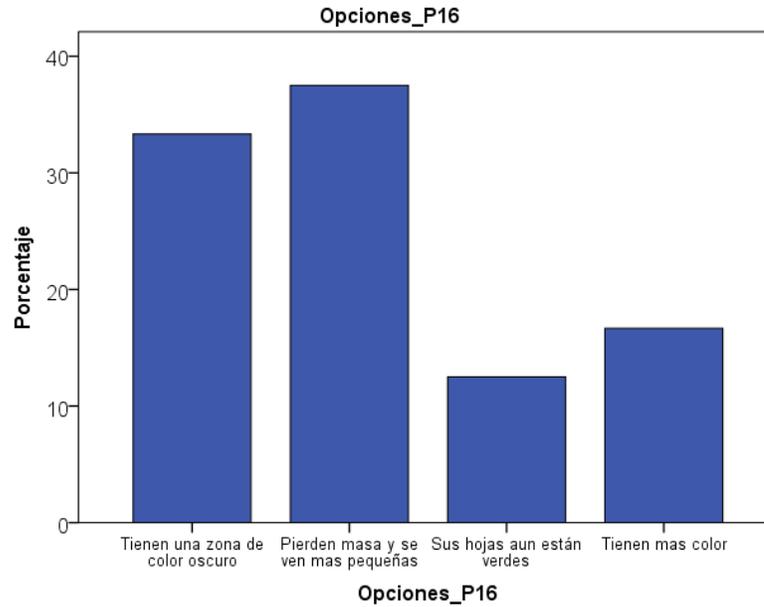


La gráfica 9 de la pregunta 13 refleja que el 35% de los estudiantes eligió el “color A”, a pesar de ser una opción incorrecta, seguido por el “color B” con porcentaje de 29,17%, correspondiente también a una posibilidad incorrecta. La respuesta correcta “color C” tuvo un 21,67% de estudiantes que la eligieron, por lo que se puede afirmar que sólo poco más de una quinta parte de los estudiantes respondieron de forma correcta.

La pregunta 16 muestra dos opciones con frecuencias altas: por un lado “Tienen una zona de color oscuro”, opción incorrecta correspondiente a la tercera parte de la gráfica (gráfica 10) y, por otro lado, “Pierden masa y se ven más pequeñas” opción correspondiente a la respuesta correcta con 37,5%.

Grafica 10. Distribución por opciones de la pregunta 16.

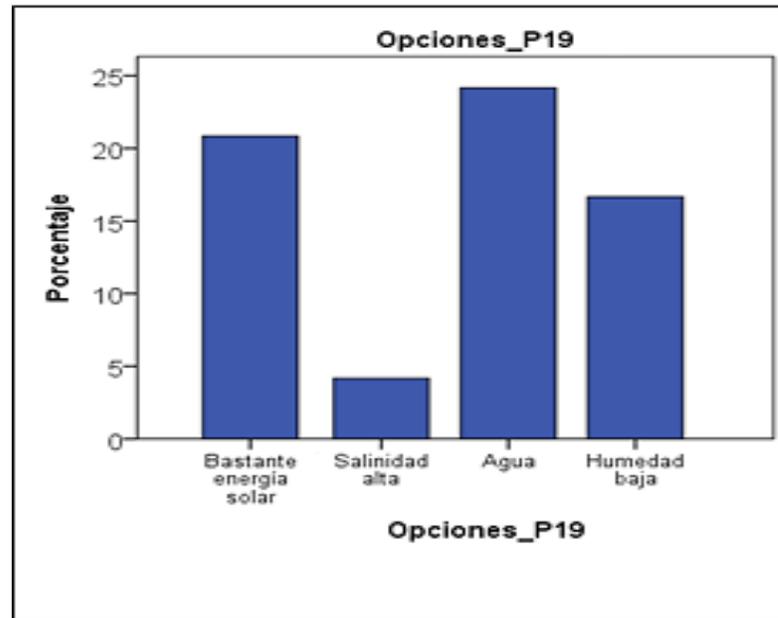
¿Qué característica presentan las fresas que están con mayor grado de descomposición?



La gráfica 11, propia de la pregunta 19, muestra que cerca de una cuarta parte de los estudiantes optó por la opción correcta “agua”, sin embargo, hay una concentración considerable en otras respuestas incorrectas como “bastante energía solar” y “la humedad”, que tienen porcentajes iguales, llegando a ser más o menos una quinta parte cada una. Cabe destacar que menos de un 5% de los estudiantes eligieron “salinidad alta”, siendo la respuesta con menor preferencia.

Grafica 11. Distribución por opciones de la pregunta 19.

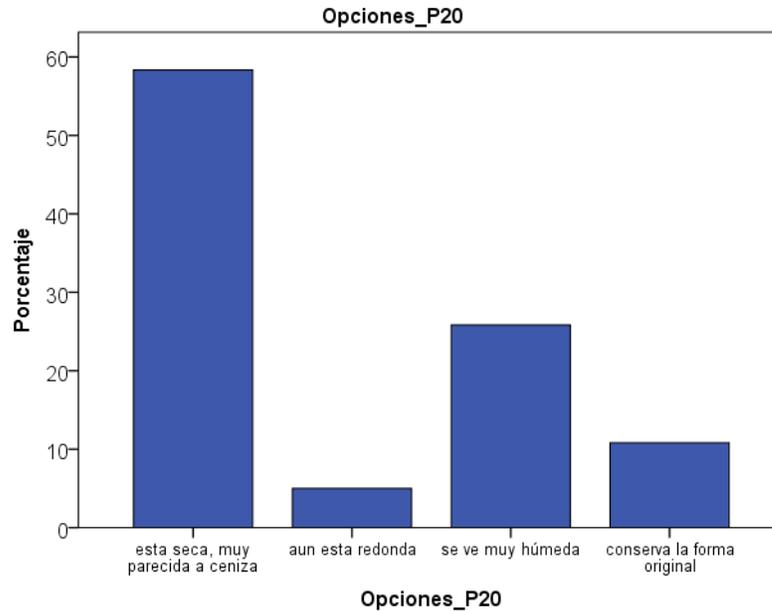
Como se puede observar en la anterior imagen, el desarrollo de microorganismos como las bacterias y hongos en el proceso de descomposición de la materia orgánica, no se da de forma adecuada en un espacio o ambiente muy seco, debido a que bacterias y hongos requieren para su reproducción la presencia de:



La gráfica 12 obtenida a partir de la información de la pregunta 20 revela que la gran mayoría de los estudiantes eligió “está seca, muy parecida a ceniza”, la opción correcta, llegando a ser casi tres quintos de sección de la gráfica; el resto se divide entre las otras tres opciones incorrectas, donde se nota que la opción “conserva la forma original”, corresponde a cerca de una décima parte de la porción y “aún está redonda” resulta ser la opción menos elegida.

Grafica 12. Distribución por opciones de la pregunta 20.

¿Qué característica principal presenta?

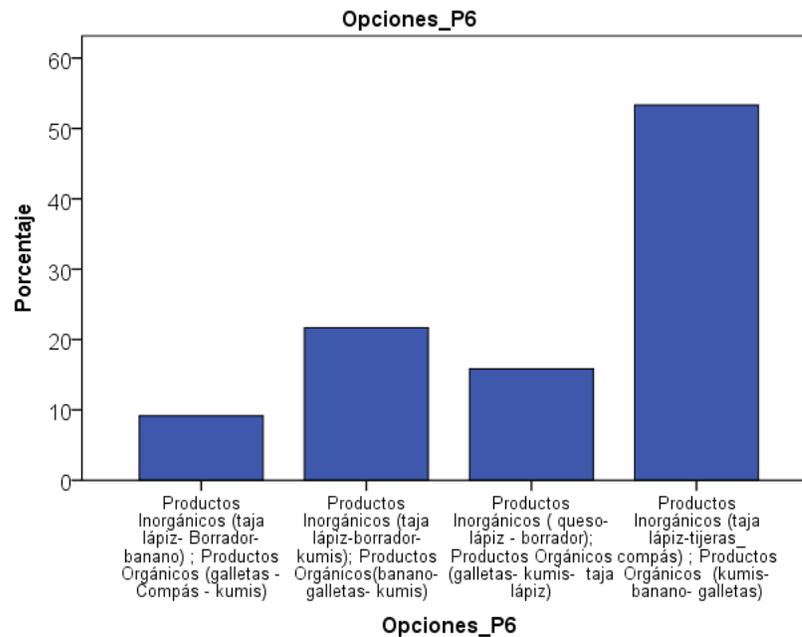


Descriptivos para la habilidad científica de clasificación.

De la gráfica 13 correspondiente a la pregunta 6, se puede decir que un poco más de la mitad de los estudiantes, 53,33%, respondió de forma correcta “Productos Inorgánicos (taja lápiz-tijeras-compás); Productos Orgánicos (kumis- banano- galletas)”. El resto de los estudiantes optó por una de las otras tres opciones incorrectas. Cabe resaltar que solo el 9,17% de los estudiantes eligió la opción “Productos Inorgánicos (tjalápiz- Borrador- banano); Productos Orgánicos (galletas -Compás - kumis)”, mientras que la opción “Productos Inorgánicos (tjalápiz-borrador- kumis); Productos Orgánicos (banano- galletas- kumis)”, tuvo un alto porcentaje llegando a 21,67%, sin sobrepasar la opción correcta.

Grafica 13. Distribución por opciones de la pregunta 6.

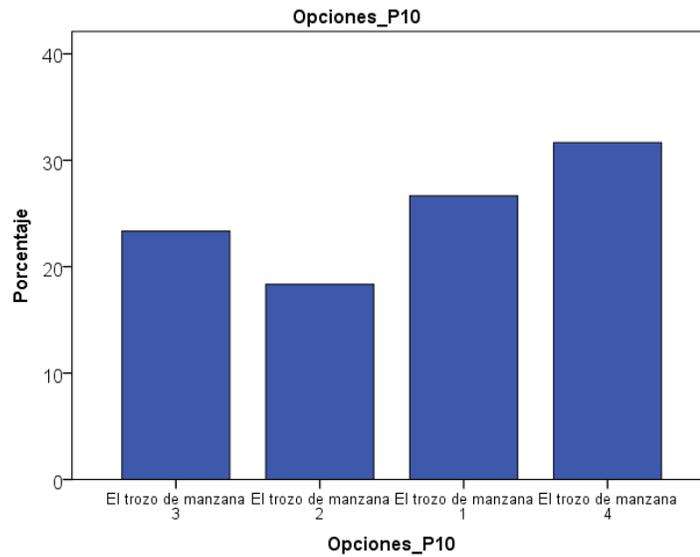
En la siguiente imagen hay productos orgánicos y productos inorgánicos. Clasifique en productos orgánicos y productos inorgánicos.



La gráfica 14 muestra que para la pregunta 10 cerca de la tercera parte de las personas respondió “el trozo de manzana 4”, correspondiente a la opción correcta; las otras opciones tuvieron altos porcentajes, siendo la segunda posibilidad más seleccionada “el trozo de manzana 1”, con un porcentaje de 26,67%. Con la observación de la gráfica se puede decir que la mayoría de los estudiantes respondió de forma incorrecta, ya que prefirieron una de las tres opciones erróneas.

Grafica 14. Distribución por opciones de la pregunta 10.

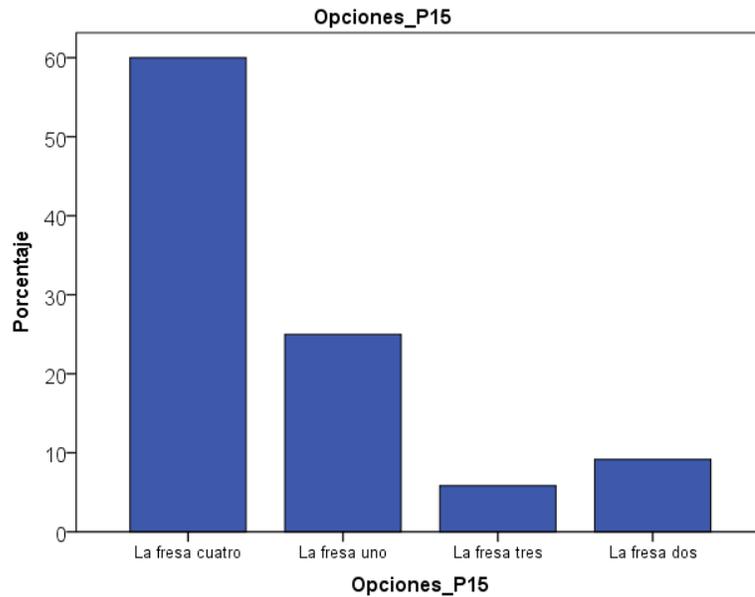
En los anteriores vídeos podemos ver el proceso de la oxidación, ¿Cuál de los trozos de manzana, se oxida menos? de 1 a 4 de izquierda a derecha →



Para la pregunta número 15, se evidencia que tres quintas partes de los estudiantes respondieron de forma correcta “la fresa cuatro” (Gráfica 15), la opción “la fresa uno” ocupó un cuarto de la porción, mientras que las otras dos opciones restantes fueron poco seleccionadas, ya que cada una de ellas tiene menos de un 10%. Por lo tanto, se puede decir que la mayoría de los estudiantes respondió de manera correcta a esta pregunta.

Grafica 15. Distribución por opciones de la pregunta 15.

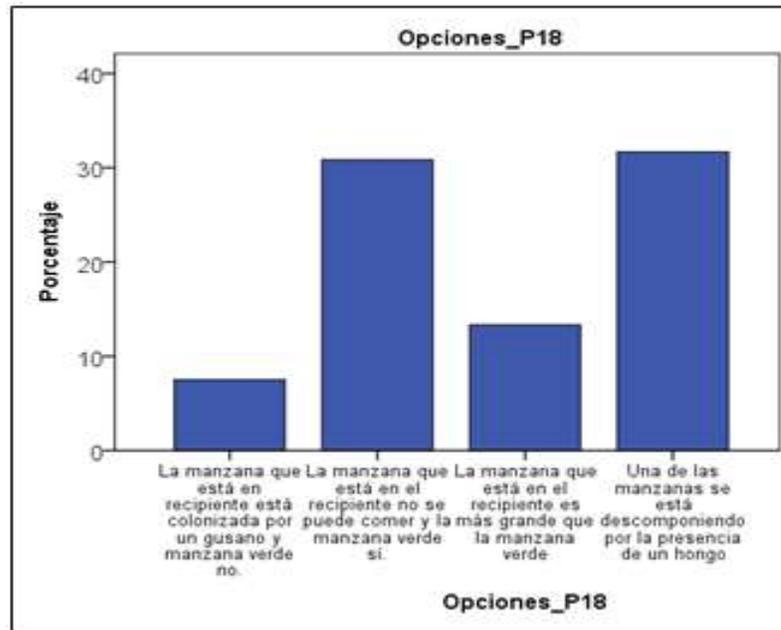
*La siguiente imagen presenta cuatro fresas con diferente grado de descomposición.
¿Cuál fresa de izquierda a derecha → es la que presenta más tejido vegetal sano?*



La pregunta 18 muestra que gran parte de los estudiantes respondieron de forma correcta “Una de las manzanas se está descomponiendo por la presencia de un hongo”, correspondiente al 31,67% del total (gráfica 16). Sin embargo, hubo una respuesta que tuvo una frecuencia muy cercana a la de la respuesta correcta, la cual corresponde con la opción “La manzana que está en el recipiente no se puede comer y la manzana verde sí”, que llegó a tener un porcentaje de 30,83%, a pesar de ser incorrecta.

Grafica 16. Distribución por opciones de la pregunta 18.

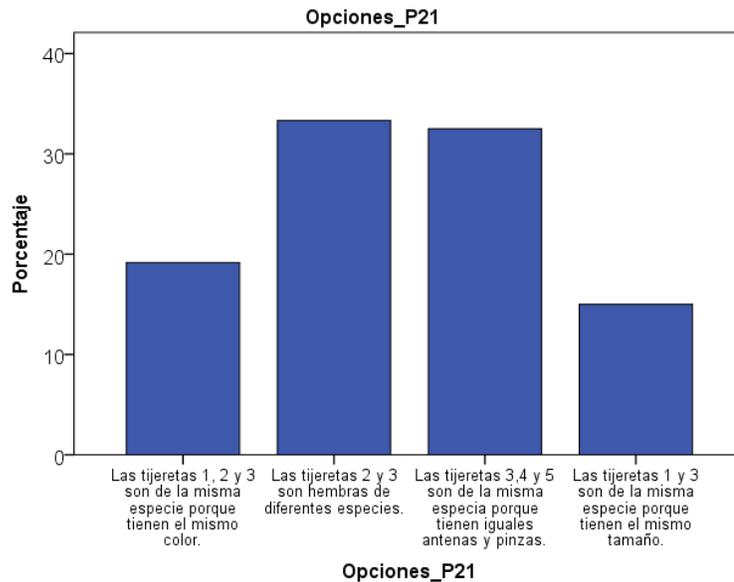
¿Cuáles son las diferencias entre estas manzanas que aparecen en la siguiente imagen?



La pregunta 21 expresa que una tercera parte de los estudiantes respondió de forma correcta: “Las tijeretas 2 y 3 son hembras de diferentes especies”. Por otro lado, la minoría de los estudiantes decidieron por “Las tijeretas 1 y 3 son de la misma especie porque tienen el mismo tamaño” una de las opciones incorrectas, correspondiente al 15% (gráfica 17). Ahora, otra de las respuestas incorrectas “las tijeretas 3, 4, y 5 son de la misma especie porque tienen iguales antenas y pinzas” fue elegida en prácticamente la misma proporción de la opción correcta, lo cual refleja que es una opción llamativa para los estudiantes.

Grafica 17. Distribución por opciones de la pregunta 21.

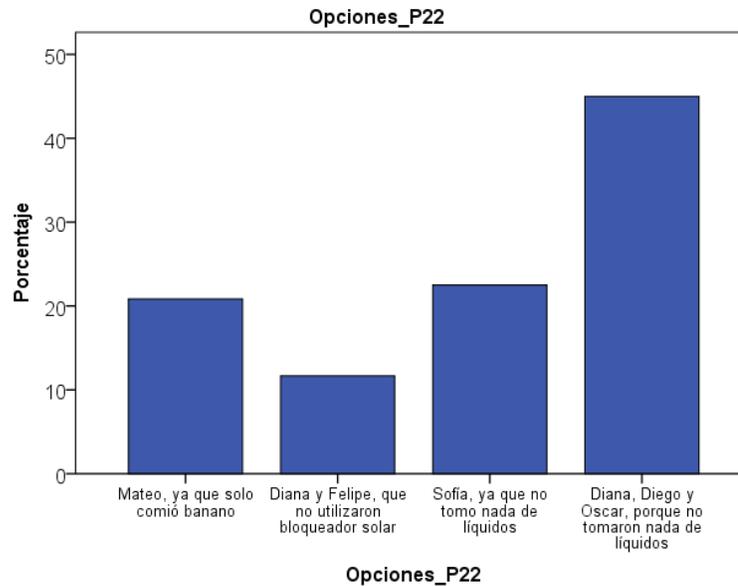
Las tijeretas son insectos del tercer nivel de consumidores en la descomposición de la materia orgánica, es decir, que ellos comen otros organismos de primer y segundo nivel de consumidores de materia orgánica.



Con la información proporcionada por la gráfica 18, relacionada con la pregunta 22, se puede decir que un poco menos de la mitad de los estudiantes respondió correctamente “Diana, Diego y Oscar, porque no tomaron nada de líquidos”. Por otro lado, cada una de las dos siguientes opciones: “Mateo, ya que solo comió banano” y “Sofía, ya que no tomó nada de líquidos”, se encuentra cercana a una quinta parte del total de los estudiantes.

Grafica 18. Distribución por opciones de la pregunta 22.

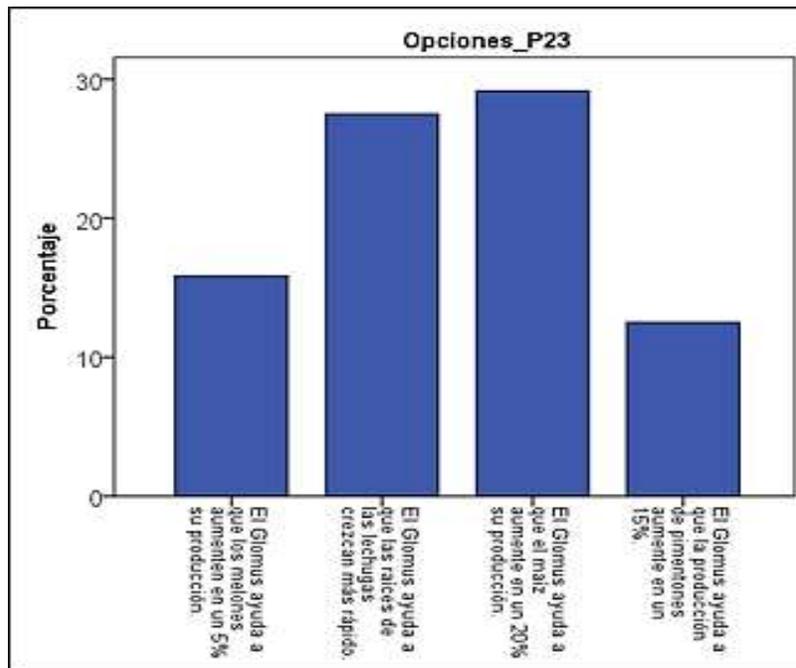
Algunos estudiantes van a correr una prueba atlética de resistencia de 7 kilómetros de distancia, unos se preparan unos minutos antes de iniciar la carrera. Los estudiantes reciben sus refrigerios escolares y y deciden consumir algún producto de su refrigerio, antes de la carrera. Según los resultados de la tabla, ¿quiénes podrían tener más probabilidad de sufrir una deshidratación severa?



La pregunta número 23 muestra que hay dos opciones con un gran porcentaje de respuesta, por un lado “El Glomus ayuda a que las raíces de las lechugas crezcan más rápido”, la cual alcanza un 27,50% de incidencia en la respuesta (gráfica 19), aunque es una de las opciones incorrectas; por otro lado se tiene “El Glomus ayuda a que el maíz aumente en un 20% su producción” respuesta elegida por 29,17% de los estudiantes de forma correcta, convirtiéndose en la opción de mayor selección.

Grafica 19. Distribución por opciones de la pregunta 23.

Los hongos no solo sirven para la degradación de la materia orgánica, sino para el desarrollo directo de las plantas. Un ejemplo, es el hongo Glomus que ayuda a que las raíces de las plantas toman los nutrientes del suelo con mayor eficiencia. Esta especie de hongo desarrolla un sistema de raíces más voluminoso y equilibrado, mejorando el nivel de absorción de agua y el crecimiento de las plantas. Según la siguiente gráfica es correcto decir que:

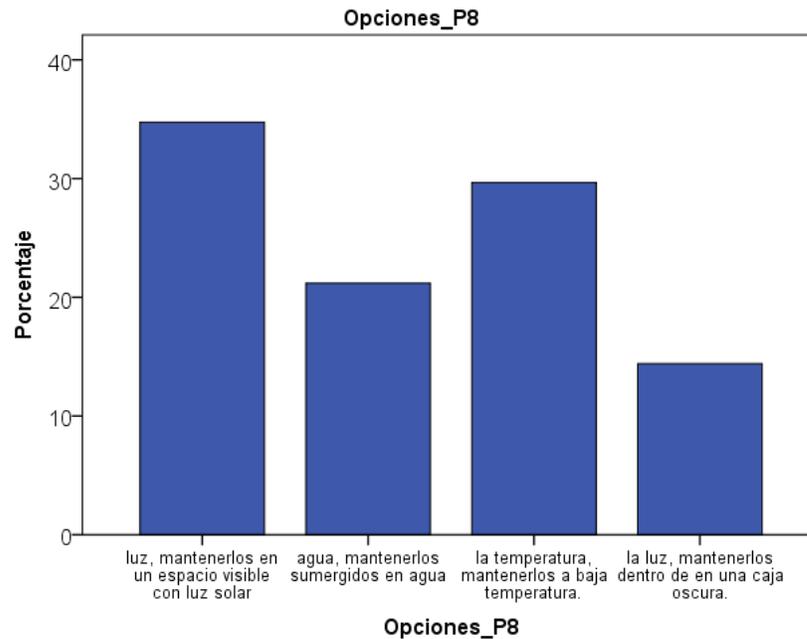


Descriptivos para la Dimensión Conceptual

La gráfica 20 obtenida a partir de la pregunta 8 muestra que la mayoría de los estudiantes responde “luz, mantenerlos en un espacio visible con luz solar”, una de las opciones incorrectas. La siguiente opción más frecuente es “la temperatura, mantenerlos a baja temperatura”, correspondiente a la opción correcta. Esto quiere decir que más de dos terceras partes de los estudiantes respondieron de forma incorrecta y poco más de una tercera parte respondió de forma correcta.

Grafica 20. Distribución por opciones de la pregunta 8.

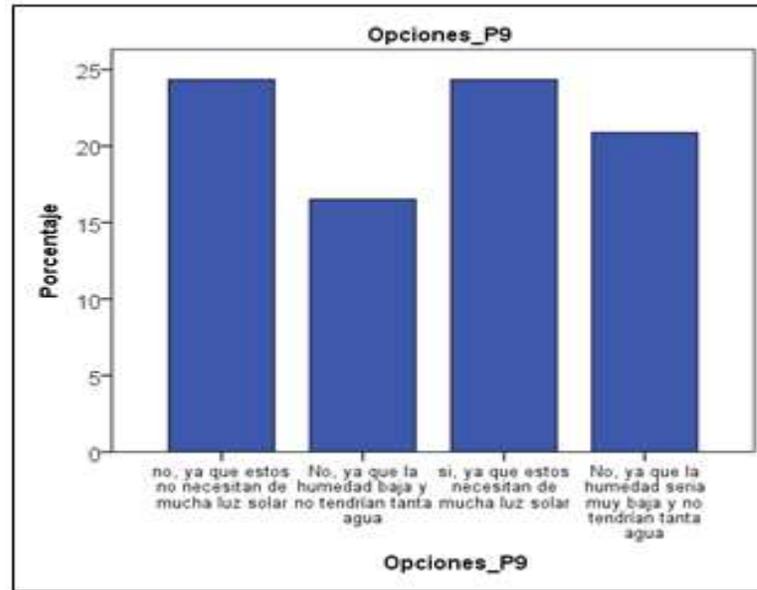
Si a los anteriores alimentos del refrigerio escolar se les retira su envoltura, sea sintética o natural; y se dejan expuestos al aire, ¿Qué deberíamos cambiar para que no se contaminen de microorganismos?



Para la pregunta número 9, se encuentra que todas las cinco opciones de respuesta tienen porcentajes de elección mayores al 10% (Gráfica 21). En la gráfica se nota que el 20,87% de los estudiantes respondieron de forma correcta “No, ya que la humedad sería muy baja y no tendrían tanta agua”, correspondiente a una quinta parte de los estudiantes aproximadamente, con lo que se puede afirmar que el 79,13% de los estudiantes respondió de forma incorrecta.

Grafica 21. Distribución por opciones de la pregunta 9.

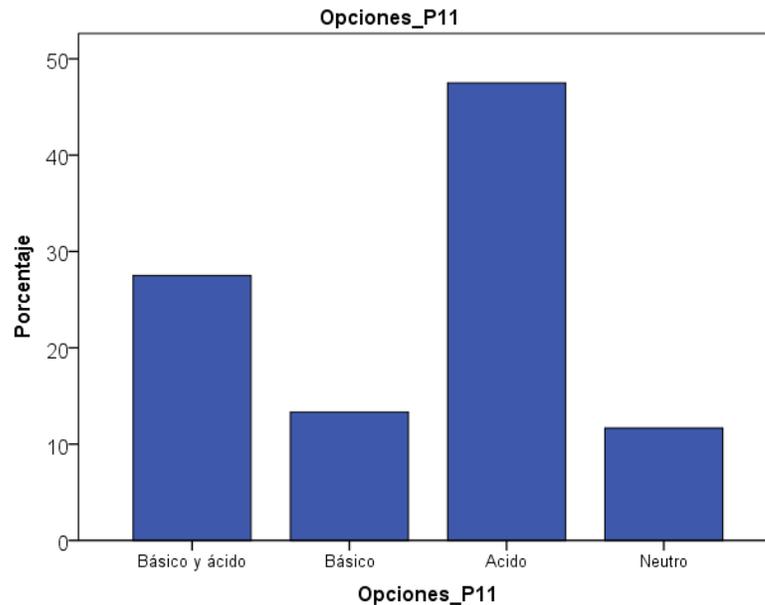
Si los alimentos del refrigerio escolar se mantienen expuestos a mucha luz solar. ¿Los microorganismos presentes en los alimentos vivirán?



La pregunta 11 muestra que casi la mitad de los participantes dio una respuesta correcta “ácido” (Gráfica 22), esta cantidad tiene una diferencia bastante evidente en relación con las otras opciones; se refleja que la segunda respuesta más frecuente fue “básico y ácido”, la cual fue elegida por un poco más de un cuarto de los estudiantes.

Grafica 22. Distribución por opciones de la pregunta 11.

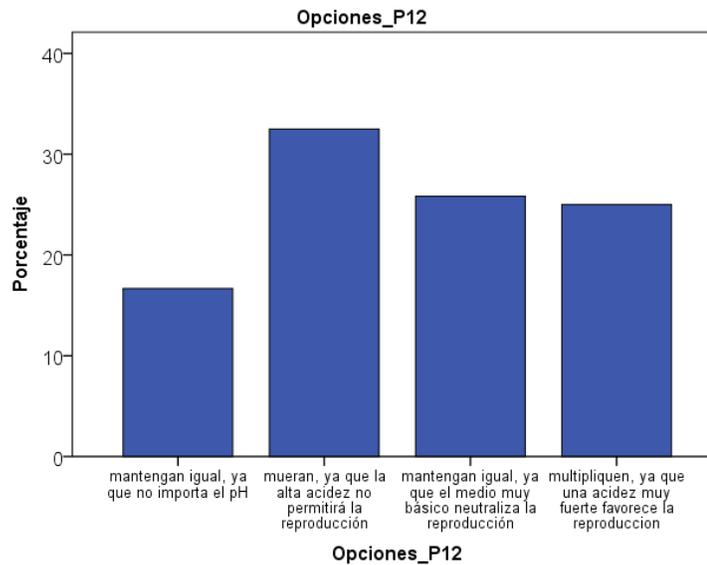
Una de las sustancias que se utilizó en el anterior vídeo fue el zumo de limón, este contiene una sustancia de color verde que tiene un pH:



La pregunta número 12 presenta indica que el 32,50% de los estudiantes respondió de forma correcta “mueran, ya que la alta acidez no permitirá la reproducción” (Gráfica 23), dos de las respuestas incorrectas tienen prácticamente una cuarta parte de la muestra, y una tiene poco menos de un quinto de fracción. Por lo que se puede decir que, aunque la opción correcta es la más elegida, las otras opciones incorrectas se mantienen con frecuencias bastante altas.

Grafica 23. Distribución por opciones de la pregunta 12.

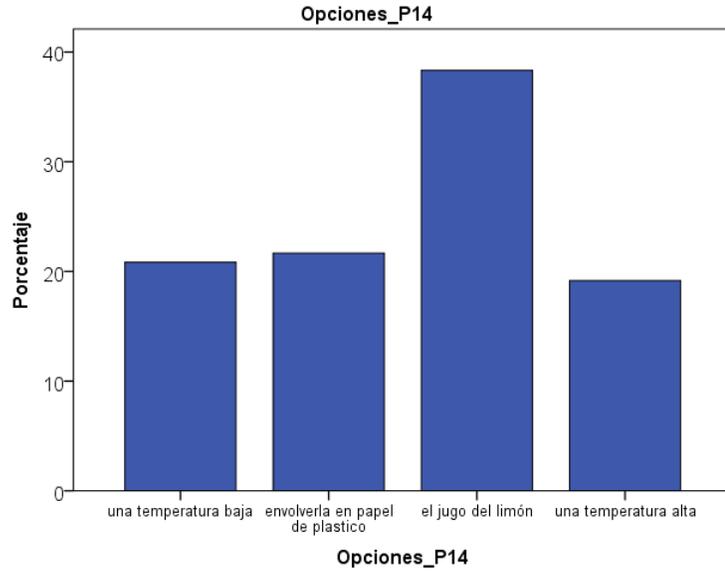
Si mides el pH de una muestra de materia orgánica en descomposición y este pH te da muy ácido (2.0) lo más probable es que los organismos allí presentes se:



La gráfica 24, correspondiente a la pregunta 14, permite analizar que la opción más seleccionada es “el jugo de limón”, correspondiente a una de las respuestas incorrectas. Adicional a lo anterior, se puede afirmar que la respuesta correcta “una temperatura baja”, solo fue elegida por alrededor de una quinta parte de los estudiantes, la mayoría optó por opciones incorrectas.

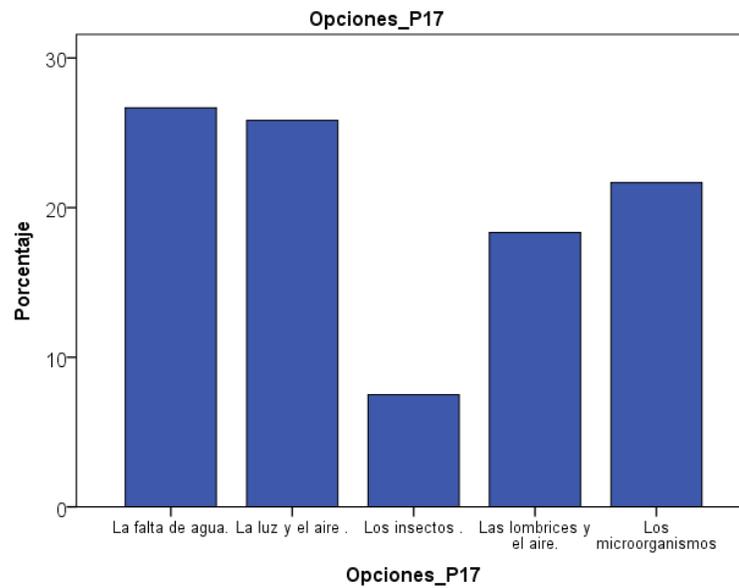
Grafica 24. Distribución por opciones de la pregunta 14.

¿Cuál de estas variables no permite que la manzana se oscurezca tan rápido?



Grafica 25. Distribución por opciones de la pregunta 17.

¿Qué factores ayudan a descomponer las frutas en la primera semana?

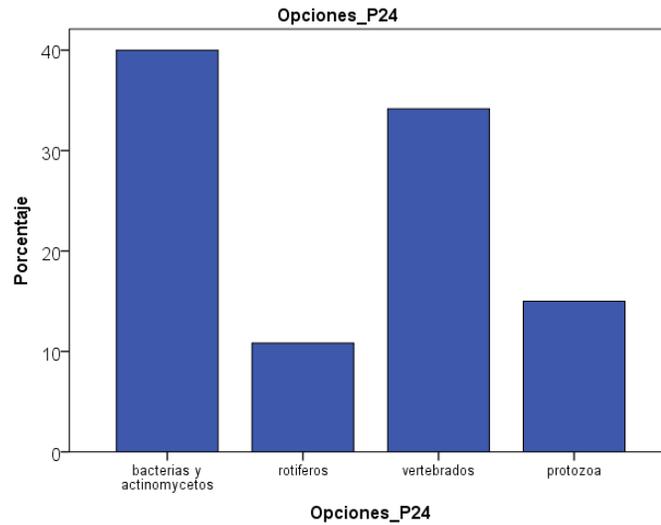


La gráfica 25 correspondiente a la pregunta 17 permite ver que poco más de una quinta parte de los estudiantes respondieron de forma correcta “los microorganismos”, siendo un porcentaje bajo respecto a dos de las opciones incorrectas “la falta de agua” y “la luz y el aire”, que tienen un valor porcentual muy cercano o ligeramente superior al 25%, por lo que juntas conforman más de la mitad de todos los estudiantes. De esta manera, las otras dos opciones de respuesta incorrecta tienen porcentajes de selección menores al de la opción correcta.

La gráfica 26 asociada a la pregunta 24 revela que entre las cuatro opciones posibles hay dos que se quedan muy por debajo respecto al porcentaje de elección de los estudiantes: “protozoo” y “rotíferos”, llegando a ser igual e inferior a un 15%, respectivamente. Mientras que hay dos posibilidades que tienen alta presencia entre las respuestas de los estudiantes: “vertebrados” representando alrededor de una tercera parte de la fracción, pero se queda atrás respecto a “bacterias y actinomicetos”, correspondiente a la opción correcta, con dos quintas partes de porción, llegando a ser la respuesta más seleccionada.

Grafica 26. Distribución por opciones de la pregunta 24.

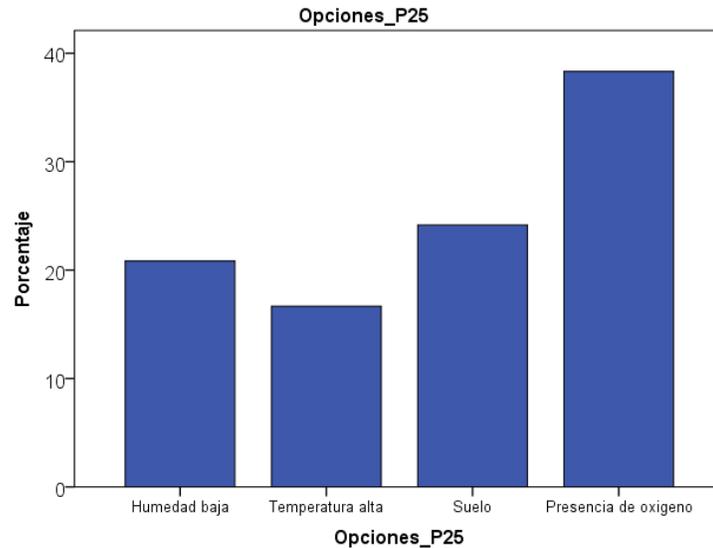
¿Cuáles son los organismos vivos que inician directamente con la descomposición de la materia orgánica, como en el caso de una fruta?



En la pregunta 25 se evidencia que la opción de mayor selección es la respuesta correcta a la pregunta: “presencia de oxígeno” (gráfica 27), con un 38,33%. El porcentaje restante de estudiantes se distribuye entre las tres opciones incorrectas, en una de ellas se ve “temperatura alta”, que, a pesar de ser la opción menos preferida, tiene porcentaje igual al 16.67%.

Grafica 27. Distribución por opciones de la pregunta 25.

Para el caso de la reproducción exitosa de hongos y bacterias, se necesita la presencia de:



Validez y confiabilidad del cuestionario.

Para la elaboración del cuestionario de habilidades científicas de observación, clasificación y comprensión del fenómeno de la descomposición de la materia orgánica, se tuvo en cuenta que un instrumento utilizado para recoger datos requiere cumplir con los criterios de confiabilidad y validez descritos por Hernández (2010). Por ello, en este apartado se presentan los análisis psicométricos que permiten evaluar parámetros como la dificultad, la discriminación y la confiabilidad de la prueba de habilidades científicas. La validez y confiabilidad del cuestionario usado en esta investigación es crucial para explorar las habilidades y poder garantizar que se cuenta con mediciones confiables para realizar los análisis posteriores.

Por un lado, la dificultad de un ítem se calcula por medio de la razón entre los estudiantes que responden de manera correcta el ítem y el total de estudiantes que responde el ítem

(González, Carvajal & Viveros, 2016). Por otro lado, la discriminación de un ítem se calcula como la correlación o nivel de asociación entre el puntaje de la respuesta al ítem y el puntaje en la prueba total; en ese sentido, puede tomar valores entre -1 y 1, de tal manera que ítems con mayores valores presentan una mayor discriminación (González, Carvajal & Viveros, 2016).

De esta manera, se puede afirmar que ítems con valores más altos de dificultad son ítems que fueron respondidos de manera correcta por un mayor número de estudiantes, lo cual indicaría que son ítems más fáciles, comparados con ítems que tengan valores más bajos en el parámetro, los cuales serían respondidos de manera correcta por un menor número de estudiantes. Ahora, un ítem con un valor de discriminación alto estaría reflejando que estudiantes que suelen tener puntajes más altos en la prueba total, es decir, estudiantes con mayores niveles de habilidades científicas en este caso, estarían teniendo mayores aciertos en el ítem, en comparación con los estudiantes que tienen niveles más bajos de las habilidades científicas.

Por último, la confiabilidad es medida por medio de un indicador denominado Alfa de Cronbach, el cual refleja la consistencia interna que presentan los ítems que pertenecen a un mismo instrumento y que pretenden medir un mismo atributo o constructo (Brown, 2000) en este caso, las competencias científicas como un todo, o en cada una de las subdimensiones del instrumento. El Alfa de Cronbach es un indicador que normalmente toma un valor entre 0 y 1 y valores más cercanos a 1 indican una mayor confiabilidad. Valores cercanos o superiores a 0.7 reflejan niveles de confiabilidad aceptables (Oviedo & Campo-Arias, 2005).

La siguiente tabla presenta las alfas de Cronbach de la prueba global de habilidades científicas como un todo, y de cada una de las tres dimensiones que componen la prueba.

Tabla 4. Alfa de Cronbach general y por dimensión de la prueba.

Prueba/Dimensión	Número de Ítems	Alfa de Cronbach
Global	25	0.464
Dimensión Observación	10	0.242
Dimensión Clasificación	7	0,286
Dimensión Conceptual	8	-0.033

Como se puede analizar en la tabla 4, en general los valores son bastante bajos, inferiores a 0,7, el valor mínimo aceptable. De hecho, se puede observar que el Alfa de Cronbach de la dimensión conceptual incluso llega a ser negativo, cercano a 0, lo cual está muy alejado de lo esperado o deseable en términos psicométricos. A continuación, se presentan los valores de dificultad, discriminación y alfa de Cronbach eliminando el ítem, con el objetivo de ver si la exclusión de alguno de los ítems favorece el aumento del Alfa de Cronbach.

La tabla 5 presenta los valores de los tres parámetros teniendo en cuenta todos los ítems de la prueba. Analizando la información respecto a la dificultad, se puede afirmar que, por un lado, los cinco ítems más fáciles de la prueba son: 2, 3, 6, 15 y 20, mientras que, por otro lado, los cinco ítems más difíciles de la prueba son: 4, 7 y 9, 13 y 14.

Ahora, respecto a la información de la discriminación, la mayoría de los ítems está tomando valores positivos inferiores a 0.2. De esta manera, los seis ítems que presentan una mayor discriminación, en este caso con un valor mayor a 0.2, son los siguientes: 3, 5, 6, 15, 20 y 21. Por otro lado, cuatro ítems aunque con valores cercanos a 0, alcanzan a presentar valores negativos de discriminación, lo cual estaría evidenciado ítems problemáticos porque indicaría

que los estudiantes con mayores niveles de habilidades científicas (puntajes globales más altos) estarían teniendo menos aciertos en estos ítems, comparados con estudiantes de menores puntajes globales. Estos cuatro ítems son: 4, 7, 8 y 25.

Tabla 5. Parámetros psicométricos para la prueba global de habilidades científicas (25 ítems).

Ítem	Dificultad	Discriminación	Alfa eliminando el ítem
P1	0,23	0,142	0,450
P2	0,66	0,198	0,439
P3	0,51	0,220	0,434
P4	0,17	-0,157	0,493
P5	0,37	0,270	0,425
P6	0,53	0,224	0,434
P7	0,17	-0,079	0,482
P8	0,29	-0,017	0,478
P9	0,20	0,169	0,446
P10	0,32	0,044	0,467
P11	0,48	0,017	0,474
P12	0,33	0,066	0,464
P13	0,22	0,069	0,462
P14	0,21	0,136	0,452
P15	0,60	0,229	0,433
P16	0,38	0,195	0,440

P17	0,22	0,069	0,462
P18	0,32	0,123	0,453
P19	0,24	0,144	0,450
P20	0,58	0,260	0,427
P21	0,33	0,229	0,434
P22	0,45	0,370	0,404
P23	0,29	0,124	0,453
P24	0,40	0,006	0,475
P25	0,38	-0,038	0,483

Por último, con relación a la variación que presentaría el alfa de Cronbach si se excluye el ítem, en la columna se presentan en negrita los valores que aumentan significativamente y alcanzan a ser mayores a 0,47. En total, seis ítems al ser excluidos permiten aumentar este indicador de la consistencia interna. Estos seis ítems son: 4, 7, 8, 11, 24 y 25. Se puede notar que coincide con varios de los ítems más difíciles y con valores de discriminación negativa.

Las tablas 6, 7 y 8 presentan los valores de los tres parámetros considerando sólo los ítems que pertenecen a cada una de las tres dimensiones de la prueba: Observación, Clasificación y Conceptual.

Tabla 6. Parámetros psicométricos para la habilidad científica de la observación, (10 ítems).

Ítem	Dificultad	Discriminación	Alfa eliminando el ítem
P1	0,23	0,040	0,245

P2	0,66	0,173	0,172
P3	0,51	0,206	0,148
P4	0,17	-0,193	0,336
P5	0,37	0,123	0,201
P7	0,17	-0,043	0,277
P13	0,22	0,125	0,203
P16	0,38	0,053	0,240
P19	0,24	0,078	0,226
P20	0,58	0,223	0,138

Tabla 7. Parámetros psicométricos para la habilidad científica de la clasificación, (7 ítems).

Ítem	Dificultad	Discriminación	Alfa eliminando el ítem
P6	0,53	0,187	0,207
P10	0,32	-0,075	0,371
P15	0,60	0,166	0,222
P18	0,32	0,166	0,224
P21	0,33	0,130	0,248
P22	0,45	0,195	0,201
P23	0,29	0,064	0,288

Tabla 8. Parámetros psicométricos para la dimensión Conceptual de la prueba de habilidades científicas (8 ítems).

Ítem	Dificultad	Discriminación	Alfa eliminando el ítem
P8	0,29	-0,035	-,007a
P9	0,20	0,123	-,140a
P11	0,48	0,023	-,064a
P12	0,33	-0,027	-,013a
P14	0,21	-0,072	0,019
P17	0,22	-0,039	-,006a
P24	0,40	-0,054	0,014
P25	0,38	0,009	-,049a

Es evidente que en cada una de las tres anteriores tablas las variaciones del alfa de Cronbach se mantienen bastante lejos de 0,7, por lo cual se decide no calcular puntajes para los subdimensiones, ya que no cuentan con un nivel de confiabilidad aceptable. Sobre el puntaje global, se decide explorar nuevamente una escala son 19 ítems, eliminando los 6 ítems que afectan de manera negativa el alfa de Cronbach.

El alfa de Cronbach global calculado con 19 ítems es igual a 0.57. La tabla 9 presenta los valores de dificultad, discriminación y variación del alfa de Cronbach eliminando el ítem para los 19 ítems.

Tabla 9. Parámetros psicométricos para la prueba global de habilidades científicas, eliminando 6 ítems (Quedan 19 ítems).

Ítem	Dificultad	Discriminación	Alfa eliminando el ítem
P1	0,23	0,132	0,563
P2	0,66	0,271	0,541
P3	0,51	0,242	0,546
P5	0,37	0,242	0,546
P6	0,53	0,231	0,548
P9	0,20	0,200	0,554
P10	0,32	0,062	0,575
P12	0,33	0,066	0,575
P13	0,22	0,100	0,568
P14	0,21	0,142	0,562
P15	0,60	0,243	0,546
P16	0,38	0,189	0,555
P17	0,22	0,129	0,564
P18	0,32	0,144	0,562
P19	0,24	0,148	0,561
P20	0,58	0,303	0,535
P21	0,33	0,242	0,546
P22	0,45	0,352	0,526
P23	0,29	0,135	0,563

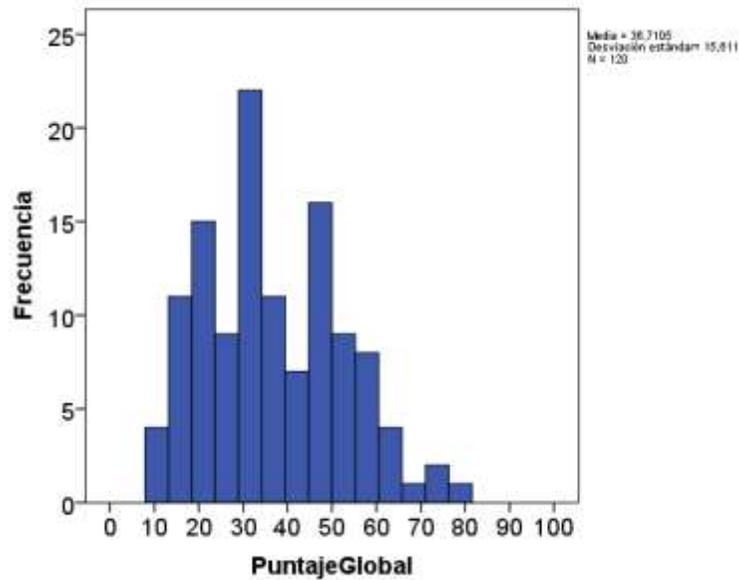
En este punto del análisis, se puede observar que con la exclusión de algunos ítems el alfa de Cronbach aumenta, luego el último valor obtenido (0.57) es el mayor valor posible que se puede alcanzar con esta versión de la prueba. Teniendo en cuenta que es la primera versión de un instrumento con características similares y planteado para evaluar habilidades científicas para estudiantes de básica primaria, en un contexto de un colegio público de la ciudad de Bogotá, es importante destacar el trabajo realizado en el diseño, desarrollo y aplicación de la prueba, por lo que, a pesar de no alcanzar un valor mayor a 0,7 se decide continuar con el cálculo de un puntaje global para la prueba, el cual refleja el nivel de las habilidades científicas de los estudiantes; en términos generales.

Para calcular el puntaje se siguió la siguiente fórmula:

$$\frac{\textit{Sumatoria de las respuestas correctas}}{\textit{Número total de ítems}} * 100$$

La siguiente gráfica presenta la distribución de los puntajes globales de las habilidades científicas de todos los estudiantes de la muestra. Se evidencia que una porción grande de los estudiantes se concentra en valores cercanos a 31, los valores mínimos están cerca de 10 y los valores mayores están cerca de 79.

Grafica 28. Histograma del Puntaje Global de las habilidades Científicas.



Análisis Por nivel de Competencias Científicas

Con el objetivo de utilizar los puntajes globales de las habilidades científicas y agrupar a los estudiantes por niveles de desempeño en estas, se calcularon cinco niveles, teniendo en cuenta los quintiles del puntaje global. La tabla 10 y 11 presentan los cinco niveles, cuáles son los valores del puntaje global que corresponden a cada uno de los niveles y cada habilidad científica específica, junto con la distribución en frecuencias y porcentajes de los estudiantes a lo largo de los diferentes niveles. Se puede destacar que la mayoría de los estudiantes se ubica en un Nivel Bajo, mientras que ninguno de los estudiantes de la muestra alcanza un Nivel Muy Alto.

Tabla 10. Distribución de los estudiantes por Nivel de Habilidad Científica de Observación.

Niveles	Puntajes	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Nivel Muy Bajo	De 0 a 20	13	10,8	10,8
Nivel Bajo	De 20,1 a 40	56	46,6	57,4
Nivel Intermedio	De 40,1 a 60	42	35,1	92,5
Nivel Alto	De 60,1 a 80	9	7,5	100,0
Nivel Muy Alto	De 80,1 a 100	0	0,0	100,0
Total		120	100,0	

Tabla 11. Distribución de los estudiantes por Nivel de Habilidad Científica de Clasificación.

Niveles	Puntajes	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Nivel Muy Bajo	De 0 a 20	17	14,2	14,2
Nivel Bajo	De 20,1 a 40	58	48,3	62,5
Nivel Intermedio	De 40,1 a 60	38	31,7	94,2
Nivel Alto	De 60,1 a 80	7	5,8	100,0
Nivel Muy Alto	De 80,1 a 100	0	0,0	100,0
Total		120	100,0	

Caracterización y análisis de las habilidades

Para esta caracterización se tuvo en cuenta los aportes de (Sánchez Upegui, 2010; Strauss y Corbin, 2002), quienes refieren este proceso como un estudio de corte descriptivo exploratorio que consiste en la búsqueda de datos cuantitativos obtenidos a través de un instrumento estructurado, con el objetivo de acercarse al conocimiento y comprensión de un fenómeno natural, sus características, entre otros aspectos que hagan parte del objeto de estudio en particular; por ello, a partir de la aplicación del cuestionario descrito anteriormente, se obtuvieron datos que, de una forma estructurada, brindaron información clave que caracteriza las habilidades de observación y clasificación y son punto de partida para la construcción del prototipo didáctico experimental.

Por lo tanto, en este apartado se discuten los resultados expuestos anteriormente, que permiten lograr el objetivo central de esta investigación, referido a la construcción de un prototipo experimental de compostaje a partir de la caracterización de las habilidades científicas.

En primer lugar, se analizan los resultados sobre el tema disciplinar de la descomposición de la materia orgánica, posteriormente se examinan los hallazgos entorno a las habilidades científicas de observación y clasificación para identificar sus características y luego se expone el diseño y características principales del prototipo experimental.

Caracterización de la Comprensión del proceso de la descomposición de la materia orgánica

En el análisis estadístico realizado sobre el conjunto de preguntas específicas que evalúan la habilidad de observación y la comprensión del fenómeno; encontramos que la pregunta no. 13

fue la de mayor dificultad de resolución donde el 78.4% de los estudiantes evidencian problemas de identificar y comprender de forma general el proceso de oxidación; así mismo para la pregunta no. 1 el 77.6% de los estudiantes presentaron dificultad de identificar la mala gestión de los residuos orgánicos como un problema ambiental que se da dentro del aula de clase; para la pregunta no. 19 el 75.8% de los estudiantes mostraron dificultad en establecer la relación existente entre una variable fundamental para los microorganismos como lo es la humedad alta; entorno a la pregunta no. 5 el 63.3% de los estudiantes tienen dificultad en establecer la diferencia entre materia orgánica e inorgánica; para la pregunta no. 16 el 62.5% de los estudiantes presenta dificultades al establecer las características de la materia orgánica en descomposición; para la pregunta no. 3 el 49.2% de los estudiantes desconoce cuáles son las características principales de la materia orgánica de una fruta; para la pregunta no. 20 el 41.6% de los estudiantes no conoce las características generales de un hongo microscópico; y finalmente para la pregunta no. 2 el 34.1% de los estudiantes desconoce la diferencia entre un material orgánico y otro tipo de materiales que arrojan al bote de basura.

Por otra parte, del conjunto de preguntas específicas que evalúan la habilidad de clasificación y la comprensión del fenómeno en cuestión (compostaje); encontramos que la pregunta no. 23 fue la de mayor dificultad donde el 70.8% de los estudiantes no comprenden la importancia de los hongos en los procesos biológicos; para la pregunta no. 18 el 68.3% de los estudiantes desconoce el desarrollo de los microorganismos en las etapas iniciales de la descomposición de una fruta; para la pregunta no. 10 el 68.3% de los estudiantes no entiende la importancia de la temperatura como una variable física que influye en el proceso de descomposición; en la pregunta no. 21 el 66.7% de los estudiantes no comprenden sobre la variabilidad de especies que puede estar presente en una red trófica; para la pregunta no. 22 el

55% de los estudiantes tienen dificultad en establecer la importancia del agua para el sostenimiento de los sistemas vivos; en la pregunta no. 6 el 46.7% de los estudiantes tienen dificultad en establecer las características entre algunos productos orgánicos e inorgánicos; y finalmente en la pregunta no. 15 el 40% de los estudiantes presenta dificultades en comprender el proceso de descomposición de las células de un tejido vegetal.

Lo anteriormente expuesto nos indica que para las preguntas referentes a las habilidades científicas de la observación y la clasificación, la mayoría de los estudiantes presentan dificultades en la comprensión del proceso de la descomposición de la materia orgánica; entendiendo que la comprensión implica reconocer, seleccionar, codificar e interpretar significativamente la información (Quesada, García y Jiménez, 2003).

Además, los resultados nos indican que hay una relación entre la comprensión y el desarrollo de las habilidades científicas, es decir existe una interdependencia entre la comprensión y las habilidades científicas como lo reconoce (Wynne, Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica, 2013).

Por otra parte, estos resultados son concordantes con los encontrados por Escobar (2018) en su estudio que indican que el nivel de conocimientos sobre la organización de los residuos orgánicos e inorgánicos se ubica en la escala en proceso.

Por otra parte, como lo concluye Torres y Ladino (2016) el tratamiento disciplinar enfocado al tema de los residuos orgánicos, a favor del pensamiento científico favorece en los estudiantes desarrollar actitudes, proponer soluciones y ser agentes participativos dentro de su proceso de formación.

También se precisó la escogencia del tema disciplinar a ser desarrollado no como algo a favor del entretenimiento de los estudiantes, sino que por el contrario surgiera de un análisis escolar, para hacerlo más cercano y que tuviera incidencia directa con la resolución de un problema del aula que en términos generales escala a un problema ambiental más complejo, pero que puede tener una resolución efectiva desde la utilización de un compostador en un contexto escolar (Arenas, 2013).

Caracterización de las habilidades científicas de observación

En cuanto a la habilidad científica de observación, el 10,8% de los estudiantes tienen un nivel de desempeño muy bajo y se caracteriza por realizar una identificación errónea entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica; así mismo se encontró que, el 46,6% de los estudiantes tienen un nivel de desempeño bajo que se caracteriza por realizar una identificación de las diferencias obvias entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica; también se pudo establecer que el 35,1% de los estudiantes tienen un nivel de desempeño intermedio que se caracteriza por realizar una identificación de las diferencias no obvias entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica; igualmente se encontró que el 7,5% de los estudiantes tienen nivel de desempeño alto que se caracteriza por realizar una identificación de las similitudes no obvias entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica; por otra parte se encontró que el 0,0% de los estudiantes tienen un nivel de desempeño muy alto, es decir que ninguno realiza una identificación de las características relevantes en el proceso de la descomposición de la materia orgánica.

Finalmente, se puede establecer que, aunque un 35,1% de los estudiantes están en un nivel intermedio y un 7,5% en un nivel alto; es significativo y amplio el porcentaje 57,4% de los estudiantes que presentan deficiencias en la habilidad de observación, presentando un tipo de observaciones con características básicas (Reyes y García, 2014).

Caracterización de las habilidades científicas de clasificación

En tanto, en relación a la habilidad de clasificación, se observó, que el 14,2% de los estudiantes tienen un nivel de desempeño muy bajo y se caracteriza por que agrupan de forma errónea objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica; así mismo se encontró que, el 48,3% de los estudiantes tienen un nivel de desempeño bajo que se caracteriza por agrupar de forma correcta objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica; también se pudo establecer que el 31,7% de los estudiantes tienen un nivel de desempeño intermedio ya que agrupan según las características comunes de objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica; igualmente se encontró que el 5,8% de los estudiantes tienen nivel de desempeño alto ya que organizan según sus características no comunes objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica; por otra parte se encontró que el 0,0% de los estudiantes tienen un nivel de desempeño muy alto, es decir que ninguno realiza una clasificación detallada de los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica según su estructura física y/o fisiológica.

Entre tanto, se puede establecer que la mayoría de los estudiantes 62,5% presentan deficiencias en la habilidad de clasificación con desempeños básicos, mostrando unas características elementales (Pasek y Matos, 2007).

Los resultados anteriormente mencionados, señalan que los estudiantes están rezagados en presentar un pensamiento científico ya que este se asocia con la comprensión de los fenómenos naturales (Escobedo, 2001) y el desarrollo de habilidades científicas del conjunto de elementos del pensamiento científico (Tierrablanca, 2009).

Por otra parte, los resultados muestran que las prácticas educativas con un enfoque tradicional entorno a las ciencias naturales no permiten el desarrollo de la comprensión de los fenómenos naturales ni las habilidades científicas desde los primeros años de escolaridad (Zimmerman, 2007).

Así mismo lo concluye de su investigación Cordon (2018) quien afirma que una de las causas que dificulta que los estudiantes aprendan los procedimientos científicos, tienen relación con la insuficiente formación que han recibido sobre los procesos de la ciencia.

Por otro lado, se encuentra que los resultados obtenidos para la habilidad de clasificación difieren de los mostrados por Osorio (2014) en su estudio ya que indica que los estudiantes tuvieron mejor desempeño en la habilidad referida, lo cual sugiere una profundización en las diferencias encontradas.

Posiblemente en este sentido, entre los elementos que inciden en los bajos desempeños de las habilidades científicas de los estudiantes, hay una relación entre la ejecución de prácticas educativas tradicionales y una escasa formación científica del profesorado que imparte el área de ciencias, siendo esto concordante con el estudio realizado por Rodríguez, Comendeiro y Pérez (2009) donde concluyen que la existencia de un bajo nivel de desarrollo de las habilidades

científico-investigativas en un grupo de profesores evaluados determina el proceso de los estudiantes.

De acuerdo a lo anterior, se debe establecer un nuevo rol mediador del docente, en donde se exige una permanente actualización y dominio de los contenidos a tratar para alcanzar competencias que les permitan incorporar los aportes de los estudiantes, incluyendo errores, a la línea programada para el desarrollo de la clase (INCEC, 2017).

Por su parte, Osman (2012) afirma que la enseñanza de la ciencia en la escuela provee una variedad de posibilidades para la comprensión del mundo que rodea a los niños, sin embargo, dicha enseñanza requiere estar provista de la experiencia directa con elementos y actividades que promuevan sus habilidades científicas, las cuales son esenciales para su desarrollo cognitivo.

Creación del dispositivo didáctico experimental.

En este apartado se presentan las fases que dieron lugar al diseño y elaboración del prototipo didáctico experimental de la descomposición de la materia orgánica.

Fase 1. Relación entre la caracterización de las habilidades y la creación del dispositivo didáctico.

En este apartado se identifican los aspectos críticos de la caracterización de las habilidades de observación, clasificación y comprensión del fenómeno de la descomposición de la materia orgánica como elementos que pueden fortalecerse a través del boceto, diseño y elaboración del prototipo didáctico experimental.

Habilidad de observación: se realizan observaciones deficientes y con poco refinamiento en los detalles, ya que se hacen identificaciones erróneas de objetos, organismos y/o procesos, no se distinguen diferencias obvias y no obvias, no se encuentran los detalles para la identificación de las similitudes no obvias y no se lleva a cabo la identificación de las características relevantes en el proceso de la descomposición de la materia orgánica.

Habilidad de clasificación: se hace un proceso de clasificación defectuoso y muy básico en donde se agrupan de forma errónea objetos, organismos y/o procesos, no se realiza un buen proceso de agrupación según características y detalles observados, no se hace una agrupación según las características comunes, no hay un tipo de organización según sus características no comunes y no se realiza una clasificación detallada de los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica según su estructura física y/o fisiológica.

Comprensión del fenómeno: se presentan dificultades en reconocer, seleccionar, codificar e interpretar significativamente la información específica del proceso de la descomposición de la materia orgánica.

Fase 2. Boceto del dispositivo didáctico experimental.

En este apartado se expone, el proceso de creación del dispositivo didáctico experimental, teniendo en cuenta la caracterización de las habilidades anteriormente mencionadas de las habilidades científicas, donde se establecen las especificaciones y funciones del prototipo, iniciando por el diseño de un boceto origen más completo, junto a la tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias que expresa Chamizo (2009):

- Modelo (prototipo) material experimental (Pérez, 2005).

- Modelo didáctico, pensando en la transposición didáctica (Chevallard 1997).
- Modelo sobre un fenómeno.

Para el caso específico de este estudio, se implementó la ruta metodológica de diseño y construcción de prototipos, propuesta por Conejero, Martínez, Ayala y Fernández (2012) quienes proponen la siguiente secuencia metodológica de realización de un prototipo:

- Tipo – Boceto – Modelo - Prototipo

Pensando en una posible solución, se pensó en acercar los fenómenos naturales al aula de clase, para que de primera mano sean los estudiantes quienes interactúen y participen activamente posibilitando el desarrollo de habilidades científicas y mejore la comprensión de los fenómenos estudiados con la ayuda de prototipos didácticos experimentales y actividades con enfoque indagatorio; estos son los detonantes conceptuales; es decir, dan forma a una primer idea-concepto del prototipo.

A partir de esta idea-concepto se tiene un tipo, es decir una primera idea o concepto del prototipo; que va en concordancia al problema ambiental generado en las aulas escolares sobre la gestión de los residuos orgánicos y es representado en unos primeros bocetos:

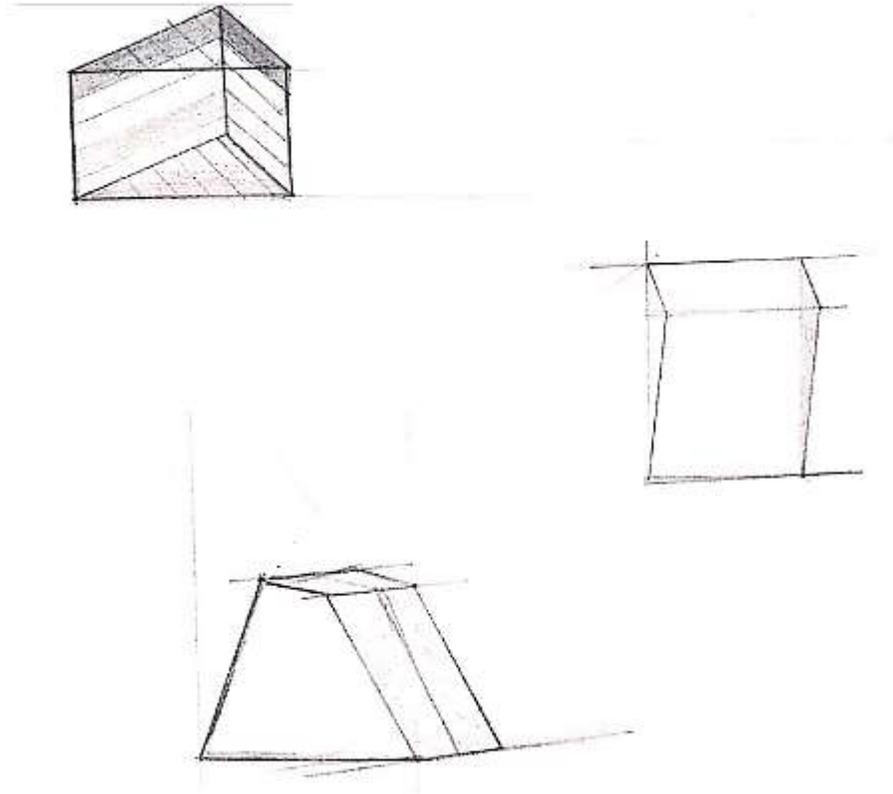


Figura 1. Primer boceto dispositivo

En estos primeros bocetos se ve una configuración similar en proporciones y modos de empleo del espacio, aquí ya se piensa en unos primeros rasgos básicos de utilidad como la base y las dimensiones prácticas para trabajar por niños de edades escolares.

Ahora se configura un solo boceto sobre características similares de los diseños anteriormente, pero ajustando lo necesario en forma con el fin de optimizar espacio.

A este boceto base del prototipo, se le incorpora la base conceptual de las características de las habilidades científicas de observación y clasificación, junto a los análisis de la

comprensión del proceso de la descomposición de la materia orgánica encontrados en los análisis de esta investigación; se establecen los criterios en la representación del concepto y los elementos del boceto se ajustan con unos cambios en el diseño que relacione estas nuevas características conceptuales para ser incorporadas como las características más importantes que debe poseer el prototipo.

Fase 3. Modelización y Características del dispositivo didáctico experimental.

En cuanto a las propiedades específicas se establece que el prototipo tiene seis secciones para trabajar por grupos de estudiantes y fomentar el trabajo colaborativo, además de una sección principal que es donde se lleva a cabo el proceso con más confiabilidad de la toma, registro y control de las variables para optimizar el proceso de la descomposición de materia orgánica; y que sirve como referente para los ajustes que deben hacer los grupos de estudiantes para optimizar sus procesos que llevan a cabo en cada sección para la obtención de un material particulado de excelente calidad (compost). En este proceso de comparar y ajustar su proceso de compostaje surgen muchas preguntas que ellos mismos deben contestar a través de la indagación y recopilación de evidencias, registrando datos y variables que se les presenta tanto en sus propias secciones del prototipo como la sección principal del prototipo.

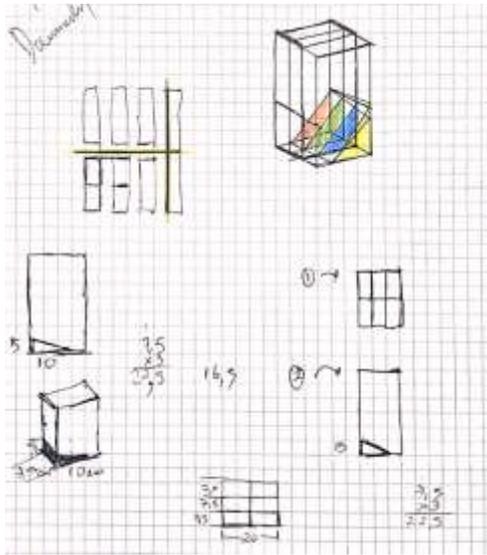


Figura 2. Boceto Principal dispositivo didáctico

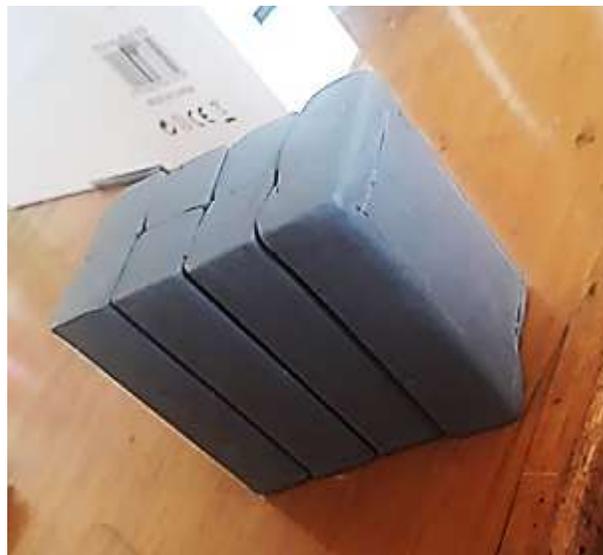


Figura 3. Modelo Tridimensional de un prototipo de dispositivo.

Aquí se presenta el boceto principal y el modelo tridimensional, donde se puede ver las secciones de los estudiantes y la sección principal de control del proceso. Las secciones

secundarias o de los estudiantes, presentan las siguientes dimensiones: 7,5 cm de ancho (A), 10 cm de largo (L) y 30 cm de alto (a).

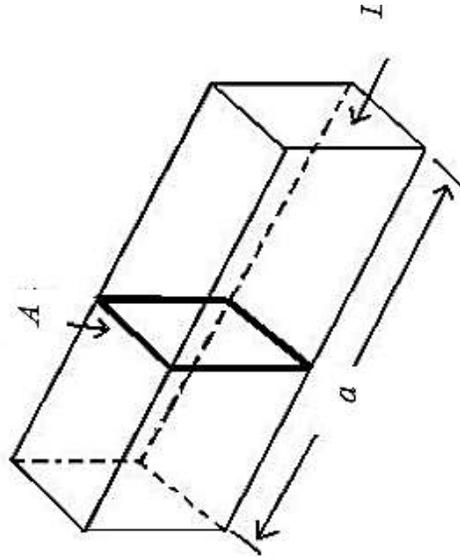


Figura 4. Plano Sección Secundaria del prototipo de dispositivo1

El material del prototipo es fundamental ya que debe permitir evidenciar el fenómeno en concreto, poniendo a prueba las habilidades científicas en cuestión por los estudiantes y su comprensión del tema disciplinar referido. Este material es el polimetilmetacrilato conocido como acrílico que posee varias características apropiadas para trabajar con material en descomposición, entre ellas están: transparencia de alrededor del 93 %, alta resistencia al impacto, resistente a la intemperie y a los rayos ultravioleta, excelente aislante térmico y acústico, ligero, de dureza similar a la del aluminio, no produce ningún gas tóxico al arder por lo que se puede considerar un producto muy seguro.

El diseño en forma de caja rectangular con un material transparente permitirá hacer observaciones detalladas y relevantes, así como identificar, agrupar, organizar, clasificar,

reconocer, seleccionar, codificar e interpretar toda la información que durante el proceso de la descomposición de la materia orgánica se vaya generando.

Tiene el volumen y la capacidad adecuada para almacenar una gran cantidad de material orgánico que depositaran los estudiantes para ir estudiando el fenómeno.

Por otra parte, presenta una ventanilla principal que permite el depósito del material dentro de la caja, una ventanilla secundaria para regular la entrada y salida de gases generados y necesarios en el proceso.

Otra ventanilla de salida del material ya transformado en abono orgánico o compost, un depósito para líquido lixiviado con un agujero de salida.

Una rejilla perforada para permitir el paso del lixiviado con una inclinación adecuada para facilitar el depósito del compost.

También se debe tener los elementos de bioseguridad para proteger la integridad de los estudiantes, ya que se manipula material vegetal que se descompone, en donde se reproducen microorganismos potencialmente patógenos, para ello entonces se piensa en una caja semi-hermética.

Por otra parte, la sección principal tiene el doble de las dimensiones de una caja secundaria, y además de todas las características ya enunciadas, se le incorporo un sistema electrónico Arduino.

Estas características las podemos ver en las siguientes fotografías del prototipo realizado:



Figura 5. Fotografía del prototipo del dispositivo didáctico.



Figura 6. Fotografía Sección Secundaria del prototipo de dispositivo didáctico experimental. Se observa material orgánico en descomposición y la medición de la temperatura con termómetro de punzón.

Fase 4. Diseño electrónico del prototipo de dispositivo didáctico

La idea principal del sistema electrónico es registrar las variables de humedad ambiente, temperatura ambiente, humedad del suelo y niveles de CO_2 este último presentó errores de lectura e inconvenientes en la programación por lo que no fue implementado en el prototipo; además de tomar el registro de las variables ya nombradas, se optó por visualizarlas en una pantalla LCD y guardarlas para ser usadas posteriormente. Se decidió que los datos almacenados también se pudieran consultar mediante el uso de una aplicación de celular, por lo que se hizo necesario implementar un módulo de comunicación Bluetooth, de esta forma se enviarán vía inalámbrica los datos registrados. Todo el sistema será controlado por una placa Arduino ATmega2560 y alimentado mediante un adaptador de 12V.

Sensor humedad y temperatura ambiente.

Para tomar el registro de la humedad y temperatura ambientales del prototipo se utilizó el sensor **DHT-11** que a diferencia de otros sensores como el **LM35** es que su pin de comunicación es digital evitando de esta manera señales como ruido que alteren la lectura. Se utiliza la versión con PCB (printed circuit board) placa de circuito impreso de sus siglas en ingles ya que aporta una resistencia pull-up de 5 k Ω y un LED que nos avisa de su funcionamiento. El modelo de **DHT11** dispone de 3 pines, la toma de tierra GND, para los datos DATA y para la alimentación VCC (de 3,5V a 5V). Para la programación del sensor se hace uso de la librería de Adafruit para sensores de la serie DHTXX, esta librería implementa el protocolo para la comunicación.

Sensor humedad del suelo

La toma de humedad de suelo se realiza con el sensor **YT-69** debido a su bajo costo y sencilla implementación ya que este sensor mide la cantidad de humedad en el suelo que lo rodea usando dos electrodos que pasan corriente a través del suelo obteniendo una nivel de resistencia, si hay mayor presencia de agua la tierra conducirá con mayor facilidad la electricidad, lo que se traducirá como menor resistencia, mientras que en suelo seco la tierra será un conductor pobre de la electricidad traducido como mayor resistencia. Este sensor se usó junto un módulo **YL-38** que se compone principalmente por un comparador **LM393**, un led de encendido y otro led de activación digital, además de sus seis pines de conexión dos a un extremo que serán los conectores al **YL-69** estos dos no tienen polaridad, al otro extremo estarán los pines de tierra GND, la alimentación VCC (de 3,3V a 5V) y datos uno para el dato análogo (A0) y otro para dato digital (D0).

El dato digital que el módulo ofrece, indica un umbral de temperatura que se establece configurando el valor de voltaje mediante el **trimmer** (resistencia variable) en el comprador del módulo, para indicar que el sensor llega a este umbral utiliza un segundo LED en la placa **YL-38**. La programación del sensor únicamente es la lectura del dato análogo enviado por el módulo, usando cualquier entrada análoga de la placa Arduino.

Se recomienda para evitar la corrosión de las terminales del **YL-69**, alimentar el módulo únicamente al realizar la lectura de los datos.

LCD (Liquid Crystal Display)

Para la visualización de los datos se usa una pantalla de cristal líquido 16x2 que dispone de dos filas con un total de dieciséis caracteres por fila. Consta de 16 pines configurados de la siguiente forma:

- **VSS:** se conecta a tierra (GND)
- **VDD:** Alimentación +5v
- **Vee:** Pin de contraste, regulado con un potenciómetro de 10K conectado a Vdd.
- **RS:** Corresponde al pin de selección de registro de control de datos, Cuando RS es 0 el dato presente en el bus pertenece a un registro de control/instrucción. y cuando RS es 1 el dato presente en el bus de datos pertenece a un registro de datos o un carácter. Este último se conectó al pin (22) del Arduino ATmega2560
- **RW:** Corresponde al pin de Escritura si es 0 o de Lectura si es 1. Nos permite escribir un dato en la pantalla o leer un dato desde la pantalla. Se conecta a GND para poder colocar caracteres en la pantalla.

- E: Corresponde al pin Enable o de habilitación. Si E es 0 quiere decir que el LCD no está activado para recibir datos, si E es 1 se encuentra activo y podemos escribir o leer desde el LCD. Se conecta al pin (23) del Arduino ATmega2560.
- **Bus de datos:** El Bus de datos bidireccional comprende desde los pines D0 a D7. Para realizar la comunicación con el LCD podemos hacerlo utilizando los 8 bits del bus de datos (D0 a D7) o empleando los 4 bits más significativos del bus de datos (D4 a D7). Estos se conectaron respectivamente a los pines del 24 al 27 en el Arduino ATmega2560.
- **Luz de fondo:** Pines de conexión opcional que dan luz de fondo a la pantalla se conectaron pin (15) a Vdd y pin (16) a GND.

Para la programación del LCD se incluye la librería LiquidCrystal.h que genera todos los comandos de control para facilitar la programación.

Aplicación móvil - App

Aplicaciones:

Arduino:

Esta aplicación se desarrolla con el fin de controlar una placa ARDUINO AT MEGA 2560 la cual registrara los valores de los sensores de humedad (aire y tierra), temperatura, gases como metano, CO₂, oxígeno, entre otros.

La aplicación es controlada por una serie de comandos que son registrados por un receptor Bluetooth HT-05 conectado a los pines 10 (RX), 11 (TX), VCC (5V) y GND. Estos

comandos permiten realizar dos tipos de tratamiento sobre los datos. Los comandos permiten realizar las siguientes tareas:

- Registro de los datos a una memoria SD conectada al ARDUINO.
- Transferencia de los registros al dispositivo móvil conectado.
- Transferencia en VIVO de los datos.

Todos los registros son guardados en una tarjeta MicroSD usando un módulo SD conectado por medio de los pines 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (CS), VCC (5V) y GND.

Android:

Esta aplicación se diseñó para conectarse al ARDUINO, descargar los datos y/o visualizarlos en VIVO, además de esto puede verse un historial con los registros pasados almacenados en el dispositivo.

Tecnologías

Arduino:

IDE: Arduino 1.8.10

Lenguaje de programación: C

Librerías utilizadas:

DHT

LiquidCrystal

Android:

IDE: Android Estudio

Lenguaje de programación: Kotlin

Librerías:

Material design

Uso: Interfaz (menús, botones, etc.)

Versión: 1.0.0

MPAndroidChart:

Uso: Generación de las tablas y gráficos.

Versión: 3.1.0



Figura 7. Fotografía Sección Principal; calibración de sensores

Colaboradores en el diseño y desarrollo del dispositivo didáctico experimental.

En el proceso de diseño y desarrollo de producto (prototipo) se ven implicados profesionales de diferentes disciplinas con bagajes, conocimientos y objetivos distintos que expresan sus pensamientos mediante terminología profesional diferente, Burton (1991).

El diseño original se hizo a través de borradores en lápiz y papel, que fue dando forma a un primer elemento producto del equipo creativo conformado por un ingeniero de sistemas de la Universidad de los Andes, un licenciado en Electrónica de la Universidad Pedagógica Nacional y un Licenciado en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional; el equipo creativo fue dando elementos de diseño sobre la base de una investigación previa sobre el fenómeno natural (descomposición de la materia orgánica) que se quería representar en un prototipo experimental.

El diseño del prototipo planteó un desafío complejo en su elaboración concreta y específica de un fenómeno natural, ya que debían tener en cuenta múltiples variables y dificultades técnicas de desarrollo para ser viable como elemento educativo (didáctico experimental), además de pensar en minimizar los costos de producción.

Relación entre la caracterización de las habilidades científicas y la creación del dispositivo didáctico.

Identificadas las características que presenta la mayoría de los estudiantes en referencia a las habilidades científicas de observación y clasificación y definidas las especificaciones y funciones del prototipo antes mencionadas, se presenta a continuación algunas observaciones para posibilitar el desarrollo de las habilidades científicas en referencia.

Desarrollo de la Habilidad de observación a partir del uso del dispositivo didáctico.

Para el desarrollo de esta habilidad científica se pretende que los estudiantes mediante el empleo de todos sus sentidos puedan colocar atención en los detalles, realicen distinciones entre lo relevante y lo irrelevante de las características entre los objetos, materiales, organismos y procesos implicados en el fenómeno de la descomposición de la materia orgánica. Es decir, que los estudiantes realicen una identificación correcta de las similitudes no obvias, así como la identificación de las características relevantes en el proceso de la descomposición de la materia orgánica.

Para ello, desde la misma forma rectangular y sus dimensiones del dispositivo, así como el material del cual fue diseñado y sus especificaciones técnicas se pensaron para generar procesos de indagación; por otro lado, la forma rectangular del prototipo se permite que los estudiantes trabajen específicamente unidades de medida de las magnitudes fundamentales como (longitud, masa, tiempo, temperatura). Entre otras ventajas del uso del dispositivo didáctico elaborado con las características señaladas se encuentran:

- Los estudiantes en grupos pueden realizar mediciones (metro o regla) de las dimensiones de la sección secundaria que les corresponde y obtener a través de sus observaciones y cálculos matemáticos los datos de la longitud, superficie, volumen y capacidad; aquí los estudiantes emplean sus sentidos y realizan registro de datos e información.
- Realizar el registro de la masa (gramos) de la materia orgánica en tablas de datos para que obtenga no solamente este dato anteriormente mencionado, sino también las características físicas de la fruta que van a depositar dentro del dispositivo; aquí deben hacer uso de un instrumento como la (Balanza granataria o gramera) que les

indica la masa que depositan ; a través de las observación en detalle de las características, distinciones, similitudes y diferencias entre las diferentes frutas que se les da en el refrigerio escolar.

- Una opción válida es el empleo de este dato obtenido de la masa de la fruta, para hacer una distinción entre masa y peso; aclarando los conceptos mediante el empleo de ejercicios prácticos de utilización de la gramera. Aquí nuevamente se pone de manifiesto el empleo de las matemáticas como elemento importante en los procesos de indagación en ciencias naturales.
- Otro tipo de experiencia práctica es la comprensión de las figuras geométricas básicas (triángulo, cuadrado, rectángulo, círculo) partiendo de la forma rectangular del dispositivo, así como la definición y conceptualización de ángulo geométrico.
- Otra experiencia práctica de tipo indagatorio que posibilita el despliegue de la habilidad de observación es la percepción de los diferentes tipos de olores que emiten las frutas, estos pueden ser registrados en tablas de datos al inicio y final del proceso de descomposición.
- Una vez depositada la materia orgánica dentro de las secciones del prototipo, esta ocupa un volumen inicial y luego durante el proceso de transformación, esta sufre una reducción del volumen ocupado dentro del dispositivo. Aquí nuevamente se podrán realizar y registrar datos de las observaciones en detalle, que evidencie y potencie esta habilidad.
- Diferencias entre materia orgánica e inorgánica.
- Durante el proceso de transformación de la materia orgánica, se presentan una serie de acontecimientos físicos, químicos, biológicos y ecológicos en diferentes etapas y

determinados tiempos que se podrán evidenciar mediante la observación y registro de datos en detalle, como lo son:

- Pérdida de masa.
- Reducción de volumen.
- Deshidratación, que es la pérdida de agua del material orgánico y producción de una sustancia denominada lixiviado.
- pH de la materia orgánica y del líquido lixiviado.
- Humedad del suelo y atmosférica.
- Temperatura de la materia orgánica y atmosférica.
- Presencia de microorganismos como hongos y bacterias que inician el proceso de descomposición de la materia orgánica.
- Niveles de oxígeno, dióxido de carbono, metano, nitrógeno.
- Obtención de material transformado como abono orgánico.

Desarrollo de la habilidad de clasificación a través del uso del dispositivo didáctico

Para el desarrollo de esta habilidad científica se pretende que los estudiantes mediante el empleo de todos sus sentidos puedan colocar atención en los detalles, organizar información y datos en grupos con características comunes, así como contribuir a la elaboración de categorías, conceptos y patrones. En otras palabras, que los estudiantes realicen una observación rigurosa que posibilite la organización de los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica según su estructura física y/o fisiológica. En síntesis, que el estudiante pueda clasificar los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica según su estructura física y/o fisiológica.

Para ello desde la misma forma rectangular y sus dimensiones, así como el material del cual fue diseñado y sus especificaciones técnicas se pensaron para generar procesos de indagación, es así como además se originó un sistema electrónico Arduino y una App que permiten la visualización de muchas de las variables obtenidas a través de los sensores que son registrados mediante una pantalla LSD y una aplicación para celular con sistema operativo móvil o SO móvil Android.

Esta actividad permite el despliegue de una observación en detalle de las variables antes mencionadas, para la organización rigurosa de la información y datos en conjuntos con características comunes, agrupando y clasificando según categorías. Entre variables que se pueden identificar mediante el uso del dispositivo didáctico para el desarrollo de la habilidad de clasificación se observan las siguientes:

- Una práctica experimental que permite evidenciar el despliegue de la habilidad científica de clasificar es, realizar el registro de observaciones de las diferentes frutas del refrigerio escolar que son depositadas en el dispositivo y organizarlas por conjuntos de características comunes y no comunes.
- Otras prácticas experimentales que permiten evidenciar el despliegue de la habilidad científica de clasificar son aquellas en donde se realicen observaciones en detalle de las distintas variables del proceso de descomposición de la materia orgánica y el estudiante pueda organizar según características y distinciones encontradas en los registros de estas variables y obteniendo estos datos poder elaborar una comparación y relación entre ellas en el tiempo (las variables del

proceso de descomposición cambian a través del tiempo) para luego clasificar y ordenar esta información de forma estructurada; entre estas están:

- pH de la materia orgánica y del líquido lixiviado.
- Humedad del suelo y atmosférica.
- Temperatura de la materia orgánica y atmosférica.
- Presencia de microorganismos como hongos y bacterias que inician el proceso de descomposición de la materia orgánica.
- Niveles de oxígeno, dióxido de carbono, metano, nitrógeno.
- Obtención de material transformado como abono orgánico.

Propuesta pedagógica para el desarrollo de las habilidades de observación y clasificación a través del dispositivo didáctico experimental.

A partir de las observaciones y ventajas que se atribuyen al uso del dispositivo didáctico experimental o prototipo para desarrollar habilidades científicas de observación y clasificación se propone una propuesta pedagógica con la elaboración de una guía de prácticas experimentales para el desarrollo de las habilidades. [Ver anexo 2.](#)

Dicha propuesta pedagógica se denominada “Indagando. Habilidades científicas”, consiste en una guía, que presenta el marco metodológico de este trabajo investigativo, es decir, actividades con enfoque indagatorio (ECBI). Se compone de dos módulos con sus correspondientes actividades prácticas y practicas experimentales a saber:

-El módulo 1, corresponde a los organismos presentes en la descomposición de la materia orgánica, que consta de un laboratorio que presenta instrucciones precisas para dar respuesta a la

pregunta orientadora ¿Qué tipos de organismos intervienen en la descomposición de la materia orgánica (fruta del refrigerio), y cómo se presentará una posible red trófica?

- El módulo 2, denominado “Materia en el universo”, presenta dos preguntas orientadoras: Todo lo que está presente en el universo en forma de materia, ¿lo podemos ver y tocar?, ¿En qué “formas” de la materia puede estar el agua, según tus observaciones? Para dar respuestas a estas preguntas se proponen dos actividades o experimentaciones con actividades para realizar en grupos; así mismo, se presenta una actividad para extraer datos a partir de la observación de las características del refrigerio escolar, se plantean preguntas relacionadas con el tema y se propone a los estudiantes que generen sus conclusiones en cuanto a las preguntas : ¿Qué relación tiene la presencia o no de microorganismos en la descomposición de la materia orgánica?, y, ¿Cómo afecta la temperatura y humedad en la reproducción de los microorganismos que están presentes en la descomposición de la materia orgánica?.

- Se propone una guía para comprender y conceptualizar el fenómeno de la descomposición de la materia orgánica, con su correspondiente laboratorio donde se identifica el problema ambiental de la inadecuada separación de residuos. En guía, se sigue la línea metodológica de la ECBI, donde se plantea al estudiante que proponga preguntas sobre un problema determinado y sus posibles respuestas.

- Esta propuesta también propone una guía para el desarrollo de las habilidades de observación y clasificación a partir de la identificación de las características físicas de la materia y las unidades de medida, donde los estudiantes deben realizar una serie de observaciones para diligenciar la tabla propuesta.

- Finalmente, se plantea una guía que tiene por objetivo identificar cuáles son los conocimientos conceptuales y procedimentales de los niños de grado 3 de primaria entorno a la temperatura –humedad y transformación de la materia, en concreto, la comprensión del fenómeno de la descomposición de la materia orgánica. Esta guía propone dos laboratorios sobre aspectos específicos de este proceso.

Conclusiones

En este trabajo se diseñó y construyó un prototipo experimental que lleva al aula escolar un fenómeno natural en concreto para ser estudiado y da la posibilidad de recopilar información, registros, datos, hechos y evidencias sobre variables físicas, químicas y biológicas del proceso de descomposición de la materia orgánica y permite el despliegue del pensamiento científico, las habilidades científicas de observación y clasificación y la comprensión del fenómeno en referencia.

En este trabajo se caracterizó las habilidades científicas de observación y clasificación como del conocimiento para la comprensión del fenómeno en referencia en un nivel bajo de desempeño, encontrándose que la mayoría de los estudiantes realizan observaciones erróneas y solo identifican las diferencias obvias entre los objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica como también clasifican de forma errónea agrupando de forma incorrecta objetos, organismos y/o procesos implicados en la descomposición de la materia orgánica, indicando esto que deben ser fortalecidas o potenciadas.

En este trabajo se Identificó y defino las especificaciones y funciones para el diseño de un prototipo didáctico para el desarrollo de habilidades científicas de observación y clasificación a nivel escolar de grados tercero y cuarto de educación básica primaria.

En este trabajo se diseñó y elaboro una guía de prácticas experimentales con enfoque de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) para la comprensión de la descomposición de la materia orgánica o compostaje mediante el dispositivo.

La creación de este prototipo didáctico confirma la importancia del rol del docente en este proceso en términos de su capacidad investigativa, creativa y de indagación. El diseño y

elaboración del prototipo supone una sólida apropiación y comprensión de los fenómenos que se pretenden enseñar a los estudiantes.

Limitaciones

Aunque la confiabilidad del instrumento fue baja, ya que el alfa de Cronbach global calculado con 19 ítems es igual a 0.57, este es adecuado, considerando que se trata de una primera versión del instrumento; además de ser un instrumento que mide varias dimensiones como las habilidades (observación y clasificación) y la comprensión del fenómeno en referencia.

El costo del diseño y elaboración del prototipo fue asumido totalmente por el investigador, lo cual significó una dificultad al no contar con apoyo institucional que permitiese fabricar más dispositivos para socializar esta herramienta didáctica con más estudiantes.

Prospectivas

Dentro de los elementos a seguir en el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias y desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes, es continuar las investigaciones en torno a las habilidades científicas y comprensión de fenómenos es necesario el ajuste del instrumento o cuestionario aplicado, con el fin de obtener una confiabilidad alta y así poder realizar los siguientes pasos en una investigación más robusta sobre la efectividad del prototipo experimental y la estrategia didáctica con enfoque indagatorio que se proponen en la guía de trabajo.

Por otra parte, es necesario el ajuste del prototipo, para luego someterlo a pruebas que lo validen entre docentes de ciencias, dando sus apreciaciones profesionales sobre el dispositivo y la guía de trabajo.

Finalmente es necesario el diseño de una estrategia de mejoramiento y efectividad en la gestión de los residuos orgánicos del colegio que involucre a estudiantes, madres de familia y docentes, para dar solución concreta al problema de los desechos con un prototipo de escala industrial, además de creatividad, imaginación, asombro, juego, estudio, actitud, empeño, colaboración, investigación y mucho respeto por la naturaleza y la vida.

Referencias

- Acher, A. (2014). Como facilitar la modelización científica en el aula. *TED*, 36, 63-76. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n36/n36a05.pdf>
- Adúriz, A., y Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 1. doi:10.17227/20271034
- Ainun Zainal, N., Din, R., Abd Majid, N., Nasrudin, M., & Abd, A. (2018). *Primary and Secondary School Students Perspective on. International Journal on advantage Science Engineering Information Technology*, 8(4-2), 1394-1401. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Robotic-prototype-and-module-specification-for-the-Zainal-Din/300f3622009f2a4789cb35c6f66718853b6f7964>
- Alake-Tuenter, Biemans, Tobi, & Mulder. (2013). Inquiry-based science teaching competence of primary school teachers: A Delphi study. *Teaching and Teacher Education Volume 35, October, Pages 13-24*. doi. [10.1016/j.tate.2013.04.013](https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.04.013)
- Arenas, O (2017). *Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el Centro Educativo Rural Josefa Romero, Municipio de Dabeiba* (tesis de maestría). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- Arteaga Valdés, E., Armada Arteaga, L., y Del Sol Martínez, J. L. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Revista Universidad y Sociedad [seriada en línea]*, 8 (1). pp.169-176. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>.

Brito, H., Jara, J., Cornejo, S., y Machado, M. J. (2015). *Diseño Y construcción de un reactor BATCH prototipo para la obtención de compost.*

Brown, F. (2000). *Principios de la Medición en Psicología y Educación.* México D.F.: Editorial El Manual Moderno.

Camejo R, Armando J (2006). La epistemología constructivista en el contexto de la post-modernidad. *Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 14(2) ISSN: 1578-6730. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181/18153297007>.

Carrera de Anda, L. T., & Ramírez Díaz, M. (2017). Diseño, implementación e impacto de prototipos. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2304-1 -8. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de <http://www.lajpe.org/>.

Castaño, N. (2011). De la Epistemología constructivista piagetiana, el reconocimiento de la cultura y de la diversidad para la formación en escenarios culturalmente diversos. *Revista Colombiana de Educación*, 60, 107-122. Recuperado de https://www.academia.edu/2097130/De_la_Epistemolog%C3%ADa_constructivista_piagetiana_el_reconocimiento_de_la_cultura_y_de_la_diversidad_para_la_formaci%C3%B3n_en_escenarios_culturalmente_diversos

Conejero, A., Martínez, M., Ayala, P, y Fernández, M. (2012). El diseño del modelo y prototipo. *Herramientas para la comunicación y evaluación. DESIGNIO-PRESS*, 1-7. Recuperado de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70584/Conejero%3BMart%C3%ADnez%3BAyala%20->

%20El%20dise%C3%B1o%20del%20modelo%20y%20prototipo.%20Herramientas%20para%20la%20comunicaci%C3%B3n%20y%20e....pdf?sequence=1&isAllowed=y

CONPES. (2016). *Política Nacional para la gestión integral de Residuos Sólidos*. Bogotá, D.C:

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. doi:

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf>

CONTRALORIA DE BOGOTÁ. (2018). *INFORME ESTRUCTURAL" PLAN SECTORIAL DE EDUCACION- PROGRAMA DE ALIMENTACION ESCOLAR- PAE 2016-2018*. Bogotá

D.C: Dirección de estudios y economía política. Recuperado de

<http://www.contraloriabogota.gov.co/sites/default/files/Contenido/Informes/Estructurales/>

[Educaci%C3%B3n/2012%20-](#)

[%20IT2018%20Plan%20Sectorial%20de%20Educaci%C3%B3n%20-](#)

[%20Programa%20de%20Alimentaci%C3%B3n%20Escolar%20PAE%202016-2018.pdf](#)

Charpak, Léna, & Quéré. (2005). *L'enfant et la science. L'aventure de La main à la pâte*, París :

Odile Jacob.

Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica del saber sabio al saber enseñado*. Buenos

Aires, Argentina: AIQUE Grupo Editor.

Delclaux. (2011). An evaluation of local teacher support strategies for the implementation of

inquiry-based science education in French primary schools. *International Journal of*

Primary, Elementary and Early Years Education.

Di Mauro, F., Furman, M., y Bravo, B. (2015). Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio. *REVISTA ELECTRÓNICA DE INVESTIGACIÓN*, 1-10.

Duarte, J. E., Gutierrez, G. J., y Fernández Morales, F. (2007). Desarrollo de un prototipo didáctico como alternativa. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 77-83.

Duran, ballone, & Beltyuoka. (2019). The impact of a professional development program integrating informal science education on early childhood teachers' self-efficacy and beliefs about inquiry-based science teaching. *Journal of Elementary Science Education* volume 21, pages53–70.

Escobar, D. J. A. (2018). *Nivel de conocimiento sobre la organización de residuos orgánicos e inorgánicos en los estudiantes de 4to grado del nivel primario del Colegio Adventista, Puno* (tesis pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Etherington, M. (2011). Investigative Primary Science: A Problem-based. *Australian Journal of Teacher Education*, 36(9), 36-57. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ940863.pdf>.

Everaert, C., Harlen, W., Alberts, B., & Rodger, W. (2017). *Antología sobre la indagación: Teorías y fundamentos de la enseñanza en ciencias basadas en la indagación*. México: INNOVEC.

Furman , M. (2016). *La construcción del pensamiento científico y tecnológico en niños de 3 a 8 años*. Buenos Aires: Santillana. Obtenido de oei.divulgacioncientifica

- González, C. J., Carvajal M, C., y Viveros, R. F. (2016). Coeficientes edumétricos para la validez y dificultad de un test: Propuesta. *Estudios pedagógicos Valdivia*, 42(3), 467-481.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F., México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hood, K., & Gerlovich, J. (2008). Inquiring Minds do want to know. *Readings in Science Methods* Arlington: National Science Teachers Association.15-18
- ICFES. (2018). *Informe Nacional de Resultados para Colombia*. Bogotá: ICFES. Recuperado de <https://www.icfes.gov.co/documents/20143/1529295/Informe%20nacional%20de%20resultados%20PISA%202018.pdf>
- Kaza, S, Y, Lisa C., Bhada-Tata, P., Van W, F. (2018) . What a Waste 2.0: una instantánea global de la gestión de residuos sólidos para 2050. Desarrollo Urbano; Washington, DC: Banco Mundial. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>.
- Lavin, K. (2014). Desarrollo del pensamiento científico. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación.*, 13(26), 67-80. Recuperado el 6 de 3 de 2020, de <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/34/36>
- Llantén, G. L., & Quintero, M. M. (2016). Prototipo experimental para la enseñanza de los líquenes como bioindicadores en la educación básica. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 548-555. Recuperado de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4573>

- Mesa, C. O. (2011). *Modelo metodológico para desarrollar habilidades investigativas en los estudiantes de la Básica, Media y Media técnica*. (tesis de Maestría). Universidad San Buenaventura, Medellín, Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, Formar en ciencias: Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- OCDE. (2020). *Science performance (PISA), indicator*. PARIS: OCDE. doi:10.1787/91952204
- Ortiz, R.G., y Cervantes, C. M. (2015). La formación científica en los primeros años de escolaridad. *Panorama*, 9(17), 10-23.
- Osman, K. (2012). Primary Science: Knowing about the World through Science Process Skills. *Asian Social Science*, 8(16), 1-7. doi:10.5539/ass.v8n16p1.
- Osorio , A. R. (2014). *Habilidades científicas de los niños y niñas participantes en el programa de pequeños científicos de Manizales (Tesis de Maestría)*. Universidad de Manizales. Manizales: RIDUM. Recuperado de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/1526>
- Otto, Everett, Moyer, & Zitzewitz. (2012). Using a state teacher certification test to assess an inquiry-based science education program. *International Journal of Science and Mathematics Education volume 10, pages531–552*.

- Oviedo, H. C. y Campo, A. A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580.
- Pasek, E y Matos, Y. (2007). Habilidades cognitivas básicas de investigación, presente en el desarrollo de los proyectos pedagógicos de aula. *Educare*, 11(037), 297-303
- Pérez, T. R. (2005). *Los modelos en las ciencias experimentales*, en López Austin. *El modelo de la ciencia y la cultura, cuadernos del seminario de problemas científicos y filosóficos de la UNAM*. México: Siglo XXI.
- Reyes, G. D. y García, C. Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemáticas. *Educ. Educ*, 17 (2), 271-285. Doi. 10.5294/edu.2014.17.2.4
- Rodríguez, A, Comendeiro, I y Pérez, W. (2009). Caracterización de habilidades científico-investigativas en un colectivo de profesores de química. *Panorama Cuba y salud*, 4(1), 47-55.
- Rojas E, B., Moreno I, A., y González, E.(2012). Elaboración de un prototipo didáctico para el desarrollo de competencias en jóvenes de bachillerato. *Innovación Educativa*, 12(60), 63-75. Recuperado el 24 de octubre de 2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v12n60/v12n60a5.pdf>
- Romero, M. A. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y*

- Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 286-299. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/920/92050579001.pdf>
- Sabogal, L. M. T., & Ospina, Y. L. (2016). Las secuencias de actividades en el desarrollo de competencias científicas investigativas a través del manejo de residuos sólidos orgánicos. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*.6, 1113-1119.
- Saldívar, O., de Jesús, H., Enciso Arrazola, A. O., & Saucedo Preciado, P. A. (2014) Jugando con residuos, elaboro mi composta. En Trujillo, M y López, V (Ed.), *Un mar de ideas creando olas de conocimiento* (pp. 35-39). Puebla, México: Editorial Panorama.
- Sánchez Upegüi, A., (2010). Introducción: ¿qué es caracterizar? Medellín, *Fundación Universitaria Católica del Norte*.
- Sidawi, M. (2009). Teaching science through designing technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 19, 269-287. doi:10.1007/s10798-007-9045-1.
- Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones para la enseñanza. *DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOCIALES*, 21, 91-117. Recuperado de Dialnet-DesinteresDelAlumnadoHaciaElAprendizajeDeLaCiencia-2475999.pdf
- Tierrablanca, C. (2009). Desarrollo del pensamiento científico en niños pequeños. *Revista magisterio*, (48).
- Strauss A. & Corbin J. (2002). Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Medellín: Universidad de Antioquia.

- UNESCO. (2009). Aportes para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Chile: Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://s3.amazonaws.com/archivos.agenciaeducacion.cl/documentos-web/Estudios+Internacionales/TERCE/SERCE/Aportes+Ciencias+2009.pdf>
- Uzcátegui, Y., & Betancourt, C. (2013). La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación en educación básica y media. *Revista de investigación*, 109-127. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376140393005.pdf>
- Varma, Volkman, & Hanuscin. (2009). *ersity. Preservice Elementary Teachers' Perceptions of Their Understanding of Inquiry and Inquiry-Based Science Pedagogy: Influence of an Elementary Science Education Methods Course.*
- VanUum, & Verhoeff. (2016). Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. *International Journal of Science Education*.
- Worth, K. (2015). Beyond This Issue. *STEM in Early Education and Development*, 4(2(1)), 107-124. doi: 10.15640/jehd.v4n2_1a12
- Wynne, H. (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Hatfield, Reino Unido: Association for Science Education.
- Wynne, H. (2013). *Evaluación y educación en ciencias basada en la indagación: aspectos de la política y la práctica*. Trieste, Italia: Global Network of Science Academies (IAP).

Anexos

- Instrumento o cuestionario de habilidades científicas:
<https://forms.gle/vXrwfv2G2n5FUJK57>
- Guía experiencias indagatorias – descomposición de la materia orgánica:
<https://drive.google.com/file/d/17gR2TzrcvA7T7tf9tpY5auU79D2YeGWQ/view?usp=sharing>
- Recomendaciones por parte de pares académicos sobre el cuestionario.

Par académico 1

1. La introducción cumple con los requerimientos en cuanto a explicación del objetivo, claridad en la instrucción y uso con fines académicos, sin impacto o consecuencia en su evaluación curricular.
2. Es requerido un correo electrónico para acceder al cuestionario o se tienen un enlace o dirección electrónica directa al cuestionario, Si es por correo, se debe tener en cuenta si todos los estudiantes cuentan con correo.
3. EL uso del lenguaje es adecuado para la edad de los investigados.
4. Se recomienda distribuir aleatoriamente las respuestas de cada pregunta.
5. Todas las preguntas deben contener igual cantidad de opciones de respuesta.
6. Balancear la dificultad de los ítems para que el instrumento con preguntas de dificultad alta, media y baja para que se cubra a todos los investigados.
7. En las preguntas 5 y 9 se sugiere plantear una sola problemática o contexto para cada ítem. Cada ítem debe ser independiente.
8. En la pregunta 14. Se deben evitar opciones de respuesta negativa.

9. Adjunto sugerencias para los ítems.

Par académico 2

1. Se observa problemas de puntuación en varias de las preguntas.
2. Es necesario que las personas que realizan dicha encuesta tengan un conocimiento acerca de qué es un problema ambiental, tipo de problemas, causas y efectos. Además de fases de descomposición.
3. Para mayor claridad en las observaciones, es necesario mejorar la calidad e información de las imágenes, se podría colocar información que contextualice un poco más la imagen.
4. Colocar en las fotografías de descomposición el día que lleva en descomposición, por ejemplo, fruta en descomposición día X.