



ACUERDO NO. 1998 CON FECHA DEL 07 DE JUNIO DE 2016 DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

“Instrucción de fitorremediación con estrategias pedagógicas y huertos para desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales ambientales a estudiantes de primaria”

TESIS PARA: **DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

PRESENTA(N): **MSc. EDGAR RINCÓN VILLAMIZAR**

DIRECTOR(A) DE TESIS: **DRA. MARTHA TRINIDAD ARIAS PEÑARANDA.**

24 de febrero del 2022. Aguascalientes, México

ASUNTO: Carta de liberación de tesis.

Aguascalientes, Ags., 23 de septiembre de 2022

LIC. ROGELIO MARTÍNEZ BRIONES
UNIVERSIDAD CUAUHTÉMOC PLANTEL AGUASCALIENTES
RECTOR GENERAL

P R E S E N T E

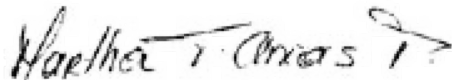
Por medio de la presente, me permito informar a Usted que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado:

“Instrucción de fitorremediación con estrategias pedagógicas y huertos para desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales ambientales a estudiantes de primaria”

Elaborado por la **Mtro Edgar Rincón Villamizar**, considerando que cubre los requisitos para poder ser presentado como trabajo recepcional para obtener el grado de **Doctor en Ciencias de la Educación**.

Agradeciendo de antemano la atención que se sirva a dar la presente, quedo a sus apreciables órdenes.

ATENTAMENTE



Dra. Martha Trinidad Arias Peñaranda
Director de tesis

A Quien Corresponda
Presente

Asunto: Responsiva de integridad académica

Yo, **Edgar Rincón Villamizar**, con matrícula no. **MDCO18889**, egresado del programa **Doctorado en Educación** de la Universidad Cuauhtémoc, plantel Aguascalientes, identificado con CC, N.º **88.197.681** Cúcuta, Colombia, pretendo titularme con el trabajo de tesis titulado: ***“Instrucción de fitorremediación con estrategias pedagógicas y huertos para desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales ambientales a estudiantes de primaria”***

Por la presente Declaro que:

- 1.- Este trabajo de tesis, es de mi autoría.
- 2.- He respetado el Manual de Publicación APA para las citas, referencias de las fuentes consultadas. Por tanto, sus contenidos no han sido plagiados, ni ha sido publicado total ni parcialmente en fuente alguna. Además, las referencias utilizadas para el análisis de la información de este Trabajo de titulación están disponibles para su revisión en caso de que se requiera.
- 3.- El Trabajo de tesis, no ha sido auto-plagiado, es decir, no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional y se han contemplado las correcciones del Comité Tutorial.
- 4.- Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de tesis, constituirán aporte a la realidad investigada.
- 5.- De identificarse fraude, datos falsos, plagio información sin citar autores, autoplagio, piratería o falsificación, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Cuauhtémoc, plantel Aguascalientes, Instituto de Educación de Aguascalientes, la Secretaria de Educación Pública, Ministerio de Educación Nacional y/o las autoridades legales correspondientes.
6. Autorizo publicar mi tesis en el repositorio de Educación a Distancia de la Universidad Cuauhtémoc, plantel Aguascalientes.



(Edgar Rincón Villamizar)

(bioqedgar@hotmail.com y celular 3115420376)

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	XIII
DEDICATORIA	XV
RESUMEN.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.1 Planteamiento del Problema.....	7
<i>1.1.1 Contextualización</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2 Definición del Problema.....</i>	<i>15</i>
1.2 Pregunta de Investigación.....	23
<i>1.2.1 Pregunta General de Investigación</i>	<i>23</i>
<i>1.2.2 Preguntas Específicas de Investigación.....</i>	<i>23</i>
1.3 Justificación.....	23
<i>1.3.1 Conveniencia.....</i>	<i>25</i>
<i>1.3.2 Relevancia Social.....</i>	<i>26</i>
<i>1.3.3 Implicaciones Prácticas.....</i>	<i>26</i>
<i>1.3.4 Utilidad Metodológica.....</i>	<i>27</i>

1.3.5 Utilidad Teórica.....	28
1.4 Supuesto Teórico.....	29
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	31
2.1 Análisis Conceptual de las Teorías Educativas Aplicadas.....	32
2.2 Análisis Conceptual de la Fitorremediación	33
2.2.1 Usos de la Fitorremediación	37
2.2.1.1 La Fitoextracción.....	38
2.2.1.2 La Fitoestabilización	39
2.2.1.3 La Fitovolatilización	39
2.2.1.4 La Fitodegradación.....	39
2.2.1.5 La Rizofiltración	40
2.2.1.6 Mecanismos de Fitorremediación con Plantas Útiles en Huertos Escolares	40
2.2.2 Recurso Educativo con Huertos Escolares para Enseñar la Fitorremediación.....	42
2.2.3 Implicación Escolar en la Enseñanza de la Fitorremediación Usando Huertos como Recurso Educativo Natural.....	42
2.3 Análisis Conceptual en el Uso de Estrategias Pedagógicas.....	43
2.3.1 Disciplinas Científicas	47
2.3.2 Proyección Docente-Estudiante.....	48

2.4 Análisis Conceptual en la Estimación del Aprendizaje.....	49
2.4.1 <i>Asocia-Analiza conceptos y propiedades.....</i>	49
2.5 Análisis Conceptual de Técnicas, Instrumentos y Análisis de Datos Cualitativo	50
2.5.1 <i>Software para Análisis de Información</i>	52
2.5.1.1 <i>Software QDA Miner Lite v2.08.....</i>	53
2.5.1.1.1 <i>Pasos para Crear un Documento en QDA Miner Lite.</i>	54
2.5.1.2 <i>Software Análisis Formal de Conceptos.</i>	55
2.5.1.2.1 <i>Contexto Formal.....</i>	56
2.5.1.2.2 <i>Retículo de Conceptos.</i>	59
2.5.1.2.3 <i>Aplicaciones del FCA.</i>	62
2.6 Marco Referencial	63
CAPÍTULO III. MÉTODO	69
3.1 Objetivos.....	70
3.1.1 <i>Objetivo General.....</i>	70
3.1.2 <i>Objetivo Específicos.....</i>	70
3.2 Diseño del Método	71
3.2.1 <i>Diseño</i>	71
3.2.2 <i>Alcance del Estudio.....</i>	73
3.3 Participantes.....	74

3.4 Escenario	76
3.5 Instrumento de Recolección de Información	77
3.6 Procedimiento	80
3.7 Operacionalización de las Categorías de Estudio	82
3.8 Análisis de Datos.....	83
<i>3.8.1 Información Inicial Recopilada Usando la Entrevista y la Aplicación del QDA Miner</i>	86
<i>3.8.2 Información Recopilada de la Lista de Chequeo de Desempeño y de Producto.....</i>	87
<i>3.8.3 Análisis Formal de Conceptos</i>	88
3.8.3.1 Contexto 1. Información del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos que Corresponden al Desarrollo o no de Habilidades Cognitivas y Constructivas en Relación con los Criterio de Desempeño y Producto en Fitorremediación y Estrategias Pedagógicas.....	89
3.8.3.2 Contexto 2. Información del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos que Corresponden al Desarrollo o no de Habilidades Actitudinales en Relación con los Criterios de Desempeño y Producto en la Estimación del Aprendizaje Mediante la Triangulación de Información	89
3.9. Consideraciones Éticas.....	90
CAPÍTULO IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	92
4.1 Resultados de la Recopilación de Información Inicial de la Entrevista y la Aplicación	

del QDA Miner 2.08.....	93
4.1.1 <i>Resultados San Gerardo</i>	94
4.1.2 <i>Resultados Gilma Casado.....</i>	96
4.1.3 <i>Resultados Sede Principal</i>	98
4.14 <i>Respuestas de algunas preguntas utilizadas en la entrevista</i>	99
4.2 Resultados de la Observación y Evaluación del Desarrollo de las Habilidades Cognitivas, Constructivas y Actitudinales de Aprendizaje Ambiental	103
4.2.1 <i>Resultados con Base en la Aplicación del Análisis Formal de Conceptos.....</i>	103
4.2.1.1 Contexto 1. Resultados del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres sedes y los Atributos que Corresponden al Desarrollo o no de Habilidades Cognitivas y Constructivas en Relación con los Criterios de Desempeño y de Producto en Fitorremediación y Estrategias Pedagógicas.....	104
4.2.1.2 Contexto 2. Resultados del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos al Desarrollo o no de Habilidades Actitudinales en Relación con los Criterios de desempeño y de Producto en la Estimación del Aprendizaje Mediante la Triangulación de Información.....	109
CAPÍTULO V DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	117
5.1 Discusión de Resultados	118
5.1.1 <i>Discusión Basada en los Resultados de la Recopilación de Información Inicial de la Entrevista y Aplicación del QDA Miner 2.08</i>	118

<i>5.1.2 Discusión de los Resultados de la Observación y Evaluación del Desarrollo de las Habilidades Cognitivas, Constructivas y Actitudinales de Aprendizaje Ambiental y Aplicación del Análisis Formal de Conceptos.</i>	<i>125</i>
5.1.2.1 Contexto 1. Discusión de Resultados del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos que Corresponden al Desarrollo o no de Habilidades Cognitivas y Constructivas en Relación con los Criterios de Desempeño y de Producto en Fitorremediación y Estrategias Pedagógicas.	125
5.1.2.2 Contexto 2. Discusión de los Resultados del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos al Desarrollo o no de Habilidades Actitudinales en Relación con los Criterios de desempeño y de Producto en la Estimación del Aprendizaje Mediante la Triangulación de Información.	129
5.2 Conclusiones.....	139
REFERENCIAS	145
APÉNDICES.....	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción esquemática del problema de investigación	14
Figura 2. Representación esquemática de la definición del problema de investigación	22
Figura 3. Representación esquemática de la justificación de la investigación	24
Figura 4. Representación esquemática de la descripción conceptual de la investigación	36
Figura 5. Descripción del esquema paso a paso para uso del QDA Miner	55
Figura 6. Retículo de conceptos generados del contexto de la tabla 1	61
Figura 7. Relación subconcepto-súperconcepto del retículo de conceptos de la figura 6	62
Figura 8. Conformación de los 15 grupos focales representados como población participante para la investigación	766
Figura 9. Descripción de técnicas e instrumentos y validación utilizados para la aplicación pedagógica de la fitorremediación	80
Figura 10. Descripción del análisis de información antes y después de desarrollar las actividades pedagógicas para enseñar la fitorremediación	85
Figura 11. Resultados de distribución de palabras claves obtenidos de los grupos focales de primero a quinto grado de primaria de la sede San Gerardo en el año 2019	94
Figura 12. Resultados de distribución de palabras claves obtenidos de los grupos focales de primero a quinto grado de primaria de la sede Gilma Casado en el año 2019	96
Figura 13. Resultados de distribución de palabras claves obtenidos de los grupos focales de primero a quinto grado de primaria de la sede Principal en el año 2019	98
Figura 14. Otros resultados obtenidos de la entrevista a los grupos focales en estudio de las sedes Principal, Gilma Casado y San Gerardo	103
Figura 15. Retículo de conceptos que corresponden a los resultados de evaluación de desempeño y producto en fitorremediación (FT) y estrategias pedagógicas (EP)	105

Figura 16. Esquema que representa el subconcepto y súperconcepto del concepto A y B	107
Figura 17. Representación esquemática de los conceptos C, D y E seleccionando las agrupaciones del subconcepto y súperconcepto	109
Figura 18. Retículo de conceptos que corresponden a los resultados de evaluación de la estimación del aprendizaje (EP)	111
Figura 19. Representación esquemática del concepto G y H seleccionando las agrupaciones del subconcepto y súperconcepto	113
Figura 20. Esquema de representación de los conceptos J y K y su relación con el concepto I	115
Figura 21. Representación gráfica de los conceptos A y B con los objetos, atributos y el posible efecto de desempeño	127
Figura 22. Diagrama de Venn con referencia a los grupos focales de las tres sedes en estudio con sus respectivas características en los conceptos C, D y E	129
Figura 23. Representación de los conceptos F y I describiendo las características, objetos y relaciones	131
Figura 24. Representación de conceptos F y G con la descripción de las características, objetos y relaciones	133
Figura 25. Representación de conceptos F y H con la descripción de las características, objetos y relaciones	135
Figura 26. Esquema que representa las relaciones de las agrupaciones contenidas en los conceptos I, J y K	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo del contexto formal	57
Tabla 2. Conceptos formales del contexto de la tabla 1	59
Tabla 3. Categorías de estudio en la implementación pedagógica para enseñar conceptos de fitorremediación en la escuela primaria	83
Tabla 4. Codificación de las categorías de estudio usando el QDA Miner 2.08	87

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Formato para la validación de la entrevista	188
Apéndice 2. Resultados de la validación de instrumentos realizada por tres expertos	193
Apéndice 3. Guía de aprendizaje 1	194
Apéndice 4. Guía de aprendizaje 2	195
Apéndice 5. Guía de aprendizaje 3	197
Apéndice 6. Ejemplos aplicados a las matemáticas y español	198
Apéndice 7. Guía de observación	200
Apéndice 8. Juegos con aplicación a la fitorremediación	201
Apéndice 9. Técnica didáctica caída de lluvia	202
Apéndice 10. Consentimiento informado y autorización de imagen	203
Apéndice 11. Evidencias fotográficas en el uso de recursos naturales como recurso educativo y la implicación escolar para instruir conceptos de fitorremediación en la escuela de primaria del ECOLBA	204
Apéndice 12. Evidencias fotográficas con proyección docente-estudiante, uso de recurso educativo, implicación escolar aplicando el enfoque de diferentes disciplinas científicas en la instrucción de conceptos de fitorremediación	205
Apéndice 13. Evidencias fotográficas evaluando por observación directa el desempeño y productos de los estudiantes del ECOLBA	206
Apéndice 14. Evidencias fotográficas en el uso de materiales de reciclaje para construir nuevas macetas y disponer de huertos.	207
Apéndice 15. Evidencias fotográficas sobre la implicación escolar, asocia-analiza en evento académico que demuestra la participación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje	208

Apéndice 16. Ponencia sobre los avances de resultados de esta investigación en el 1er Seminario Manejo Agronómico de Cultivos de la Región Nororiental y de Frontera Colombiana, realizando en la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, noviembre del 2018 **209**

Apéndice 17. Ponencia "participación y cumplimiento de estudiantes en conceptualización de fitorremediación con evidencias de aprendizaje usando el análisis formal de conceptos", realizado en Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, mayo del 2022. **210**

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis agradecimientos a quienes con su ayuda aportaron de manera significativa a la realización de este trabajo investigativo:

A la Doctora Martha Trinidad Arias, Docente Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, por su aceptación, confianza y disposición como directora para trabajar juntos en el desarrollo de mi tesis doctoral.

Al Doctor Raúl Alejandro Gutiérrez, director de investigaciones de la Universidad de Cuauhtémoc, México, por su comprensión y apoyo en la ejecución de mi trabajo en los tiempos de situaciones familiares difíciles derivadas de la época de pandemia.

A la Doctora Martha Leticia Barba, investigadora, Universidad de Cuauhtémoc, México, por su incondicional disponibilidad de ayuda para generar siempre una respuesta a mis preguntas desde el inicio de mi investigación.

A las Doctoras Nancy Quintero, Genoveva Gutiérrez y Leticia Barba por su relevante ayuda en la asesoría y validación del guion de entrevista semiestructura y lista de chequeo de desempeño y de producto.

Al Doctor Guillermo Restrepo Rubio, investigador, Max Planck Institute for Mathematics in the Sciences, Leipzig, Germany, por su disponibilidad para generar respuestas a mis preguntas en el uso de la técnica del Análisis Formal de Conceptos.

A la Dra Caroline Harvey, investigadora, University of Derby, Reino Unido, por su ayuda en la asesoría con base a preguntas relacionadas con la conexión de la naturaleza y el desarrollo de buenos comportamientos ambientales de los estudiantes.

A Jesús Ernesto Urbina Cárdenas, investigador, Universidad Francisco de Paula Santander, por su generosidad y ayuda para entender el uso de los instrumentos y técnicas para investigación cualitativa.

A la Dra Loraine Busetto, investigadora, Heidelberg University Hospital, Heidelberg, Germany, por su ayuda con las dudas que encontré en su artículo cómo usar y evaluar métodos de investigación cualitativa.

A la Dra Abby Lohr, investigadora, University of Arizona, EEUU. A quien agradezco por su disponibilidad y cordial ayuda para resolver algunas de mis preguntas en relación a sus artículos científicos sobre huertos escolares y comportamientos de los estudiantes cuando se conectan con la naturaleza.

A la Rectora, profesores y estudiantes del Colegio Eustorgio Colmenares de Cúcuta, por permitirme desarrollar mi trabajo investigativo.

DEDICATORIA

A Dios, por darme las fuerzas para superar todas las dificultades que se interpusieron en mi camino académico, por todas las bendiciones recibidas, la protección y mi vivir.

Con todo aprecio para mi madre querida Ana Jesús, hermanos; Saúl, Claudia, María y en especial a mi padre Saúl Rincón, por brindarme el anhelo de seguir siempre adelante en mis estudios pero que por designio de Dios durante esta etapa doctoral partió a la eternidad.

RESUMEN

Las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales se consideran capacidades de los estudiantes para conocer y demostrar un comportamiento ambientalmente responsable. Por tal razón, se plantea instruir conceptos de fitorremediación usando estrategias pedagógicas y huertos con actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental para desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales a estudiantes de primaria del Colegio Eustorgio Colmenares de Cúcuta, Colombia. Se utilizó un enfoque cualitativo con diseño Investigación-acción y alcance correlacional y explicativo; la población participante como muestra estructural consistió de 15 grupos focales correspondiente a cada grado de 1ro a 5to en tres sedes del Colegio, seleccionando participantes por muestreo de bola de nieve. Se utiliza la entrevista semiestructurada para recopilar información inicial y se analizan resultados con el QDA Miner 2.08; listas de chequeo se usaron para la población participante, evaluando evidencias de desempeño y producto de las actividades teórico-prácticas, valorando el desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales del aprendizaje ambiental. Los resultados se analizan triangulando la información de las tres sedes, representadas por el retículo de conceptos que se genera del análisis formal de conceptos. Los instrumentos se sometieron a validación por tres expertos. Se evidenciaron diferencias en el desarrollo de habilidades entre la población participante de cada sede y especialmente entre grados de escolaridad. Se encontró que usar huertos como recurso educativo y enseñar fitorremediación, permite al estudiante desarrollar mayor participación en temas ambientales desde el aula, adoptando posturas críticas que fortalecen las habilidades cognitivas y constructivas expresadas en comportamientos favorables al aprendizaje ambiental.

Palabras claves: Fitorremediación, alternativas de descontaminación, análisis formal de conceptos, recurso educativo, huerto escolar.

ABSTRACT

Cognitive, constructive and attitudinal skills are considered students' abilities to know and demonstrate environmentally responsible behavior. For this reason, it is proposed to instruct phytoremediation concepts using pedagogical strategies and orchards with theoretical-practical environmental learning activities to develop cognitive, constructive and attitudinal skills to primary school students from the Eustorgio Colmenares School in Cúcuta, Colombia. A qualitative approach with an action-research design and a correlational and explanatory scope was used; the participating population as a structural sample consisted of 15 focus groups corresponding to each grade from 1st to 5th in three School locations, selecting participants by snowball sampling. The semi-structured interview is used to collect initial information and the results are analyzed with the QDA Miner 2.08; checklists were used for the participating population, evaluating evidence of performance and product of the theoretical-practical activities, assessing the development of cognitive, constructive and attitudinal skills of environmental learning. The results are analyzed by triangulating the information from the three sites, represented by the concept grid that is generated from the formal analysis of concepts. The instruments underwent validation by three experts. Differences were evidenced in the development of skills among the participating population of each site and especially between grades of schooling. It was found that using orchards as an educational resource and teaching phytoremediation allows the student to develop more participatory environmental actions from the classroom, turning them into critical postures that strengthen cognitive and constructive skills expressed in behaviors favorable to environmental learning.

Keywords: Phytoremediation, decontamination alternatives, formal analysis of concepts, educational resource, school garden.

INTRODUCCIÓN

Las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales en el aprendizaje ambiental, permiten al individuo responder de manera responsable al medio ambiente (Gonsalves *et al.*, 2020). El tema central de este trabajo representa estas habilidades como un factor importante que los estudiantes de primaria deben desarrollar para reconocer los problemas del entorno, participar en actividades de educación ambiental y generar acciones conductuales ambientalmente amigables. Por ello, es interesante preguntar ¿cómo pueden los estudiantes de primaria desarrollar estas habilidades?, pues bien, el uso de huertos escolares es un recurso importante para la realización de actividades teórico-prácticas que, con estrategias pedagógicas, pueden servir para incorporar conceptos de descontaminación como lo es la fitorremediación.

Los huertos escolares a veces son insuficientes en los espacios físicos de las instituciones educativas (Kuru *et al.*, 2020). Una institución sin huertos, impide la oportunidad de conectar a los docentes-estudiantes con la naturaleza y desarrollar actividades de aprendizaje ambiental que ayuden a sensibilizar el comportamiento humano (Dale *et al.*, 2020). La conexión con los huertos escolares a través de experiencias teórico-prácticas, conducen el aprovechamiento de los espacios físicos naturales por parte de los estudiantes para mejorar sus habilidades constructivas y actitudinales, fortaleciendo su participación y accionar en conductas de respeto hacia el medio ambiente (Chawla, 2020).

El uso de los espacios naturales en el entorno escolar, ha demostrado ser útil como recurso educativo para implementar actividades académicas teóricas y experimentales, fomentando la sensibilización de los estudiantes al momento de enseñar conceptos ambientales (Fisher-Maltese *et al.*, 2018). Sin embargo, en el colegio Eustorgio Colmenares de Cúcuta, la insuficiente cantidad

de plantas en su espacio físico, la cercanía a industrias y la falta de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los estudiantes, inviabilizan el desarrollo de competencias ambientales y los hace vulnerable por tener un entorno escolar contaminante. Por esta razón, es importante que los docentes motiven a los estudiantes a desarrollar habilidades cognitivas adquiriendo conocimiento para reconocer problemas ambientales y, habilidades constructivas y actitudinales que ayuden a transformar el pensamiento en acciones reflexivas y conductuales aceptables para valorar la naturaleza (Misra, 2021).

Desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de aprendizaje ambiental son hoy una prioridad global, lo que lleva a la educación a ser parte de la sensibilización de los estudiantes al reflexionar sobre cómo remediar los problemas ambientales y explorar alternativas para proteger el medio ambiente (Christodoulou & Korfiatis, 2019). Esto implica una búsqueda de alternativas para estimar cuáles pueden ser más accesibles y de bajo costo, para remediar el ambiente contaminado y reducir el problema (Misra & Misra, 2019). Una alternativa viable, de bajo costo, fácil de usar y accesible comercialmente es la fitorremediación, que mediante el uso de plantas puede ser utilizada de manera interesante en la dotación de huertos en las instituciones escolares (Kumar *et al.*, 2021).

Muchos autores han estudiado el uso de los huertos para incentivar a los estudiantes a desarrollar habilidades cognitivas y comportamentales en educación ambiental (Chaparro-Mesa & Torres-Niño, 2020; Ramírez-Ordóñez *et al.*, 2021). Sin embargo, no existe un estudio que use los huertos escolares como un recurso educativo para que los docentes de primaria puedan instruir a sus estudiantes en conceptos de fitorremediación. En este estudio los conceptos son expuestos con estrategias pedagógicas en actividades teórico-prácticas, que enseñan a los niños, por ejemplo, que el tamaño de las hojas y raíces de las plantas influyen en la absorción y biotransformación de

contaminantes (Moola *et al.*, 2021; Redondo-Bermúdez *et al.*, 2021), generando una habilidad cognitiva que los lleve a participar en la conservación de los huertos y en un comportamiento respetuoso con la naturaleza.

Otros conceptos para desarrollar habilidades cognitivas y comportamentales en los estudiantes son posibles mediante estrategias que incluyen el uso de interrogantes (Gilmour, *et al.*, 2018; Ubilla & Yohannessen, 2017). También se puede incluir la conceptualización de mecanismos para reducir contaminantes del entorno escolar, potenciando el desarrollo de las habilidades cognitivas en los estudiantes a través de la comprensión de los problemas ambientales (Norwood *et al.*, 2019). Otra manera de incorporar conceptos en los estudiantes se basa en funciones de las hojas de las plantas, usando argumentos como barrera de contaminantes atmosféricos, reducción del ruido y usos estéticos (Bandehali *et al.*, 2021; Jhanji & Dhatt, 2021), lo que permite a los estudiantes experimentar actividades teórico-prácticas que los orienten a desarrollar habilidades conductuales más sostenibles hacia el medio ambiente.

Los conceptos novedosos incorporados en la educación primaria, permiten que los estudiantes adquieran un vocabulario más extenso y potencien sus habilidades cognitivas (Moreno *et al.*, 2019), lo que les permite expresar argumentos frente a muchos problemas ambientales que ocurren desde el entorno de un huerto escolar. Sin embargo, a través de actividades únicamente de educación teórica no es fácil acceder a nuevos conceptos (Sánchez-García & Gómez-Aguilar, 2017), ya que la información no se mantiene en la mente y es necesario complementarla con actividades prácticas y experimentales. Así, nuevos conceptos como la fitorremediación se incorporan con actividades teórico-prácticas, para orientar a los estudiantes en el desarrollo de ideas que se transmiten en acciones constructivas y aplicadas a las realidades de los entornos escolares (Selçuk y Yilmaz, 2020).

Este trabajo se enmarca en la línea de didáctica y evaluación educativa del programa de Doctorado en Ciencias de la Educación y se ubica en el contexto del colegio Eustorgio Colmenares de la ciudad de Cúcuta, Colombia. La población participante como muestra estructural, está conformada por quince grupos focales que corresponden a los grados 1ro a 5to de primaria en las sedes Principal, San Gerardo y Gilma Casado y seleccionados por muestreo de bola de nieve. El diseño del trabajo utilizó una investigación cualitativa de tipo investigación-acción, importante para instruir conceptos de fitorremediación usando huertos y estrategias pedagógicas para que los estudiantes desarrollen habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales, dinamizando conocimientos creativos para experimentar, analizar y valorar los recursos naturales.

Esta investigación se estructura en cuatro capítulos, en el primero se presenta el planteamiento del problema, donde se formula la problemática por la falta de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los estudiantes del Eustorgio Colmenares para resolver problemas de su entorno escolar natural y acciones conductuales de respeto a la naturaleza. Se consideran las posibles soluciones como justificación, describiendo los medios educativos viables para la solución o mitigación del problema. El segundo capítulo expone un marco teórico que describe la conceptualización, parte referencial de la fitorremediación y el uso de estrategias pedagógicas como temas principales para aportar y estimar mediante algunos estudios la solución a problemas de falta de desarrollo cognitivo, constructivo y actitudinal para resolver problemas ambientales, a partir del uso de huertos escolares como recurso educativo.

El capítulo tres describe el método de análisis que se trabaja desde una investigación cualitativa mediante un diseño de investigación-acción con el uso de técnicas como la entrevista semiestructurada y los instrumentos de lista de chequeo y producto, así como también la aplicación de la técnica del Análisis Formal de Conceptos, útil para explorar asociaciones de conceptos

representados por objetos (población participante) y atributos (desarrolla o no habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales). El capítulo cuarto contiene la información de los resultados y la discusión que se establece a partir de los hallazgos encontrados mediante la aplicación del análisis de datos, donde se estima la importancia de acudir a los recursos educativos por medio del uso de plantas, como herramientas relevantes para mejorar la enseñanza en los estudiantes y permitir desarrollar en ellos las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de aprendizaje ambiental.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se plantea la preocupación que existe en la actualidad en las instituciones de educación primaria, por los deficientes conocimientos, incapacidades procedimentales y comportamentales que muestran los estudiantes en sus habilidades para resolver problemas ambientales y proteger la naturaleza. El planteamiento consiste en describir la importancia de la interacción en el proceso de enseñanza y aprendizaje entre docentes y estudiantes, para promover una cultura ambiental que desarrolle en los estudiantes nuevos conocimientos de alternativas de descontaminación, enfocando conceptos modernos como la fitorremediación y con el uso de estrategias pedagógicas y huertos como recursos naturales, puedan realizar experiencias teórico-prácticas constructivas hacia posturas críticas sobre los problemas ambientales del entorno escolar. Con base en lo anterior, se presentan los antecedentes del problema documentado a nivel internacional, nacional y local, se define el problema y se realiza justificación desde la conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, metodológicas, utilidad teórica y supuesto teórico.

1.1 Planteamiento del Problema

Fortalecer las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los estudiantes en temas ambientales es una prioridad importante desde la educación primaria. El fortalecimiento de estas habilidades no siempre se logra a través de la implementación de actividades didácticas teóricas, por lo que es necesario contar con un complemento práctico, donde los estudiantes experimenten situaciones que los lleven a reflexionar, participar y actuar desde su propio entorno escolar, por ejemplo; realizando actividades que conecten con la naturaleza mediante la utilización de huertos, estrategias pedagógicas y la incorporación de conceptos de descontaminación ambiental como la fitorremediación. El desarrollo de estas habilidades involucra aspectos cognitivos que llevan al estudiante a adquirir nuevos conocimientos, aspectos constructivos que lo

llevan a ser más participativo en acciones ambientales y aspectos actitudinales que generan cambios de conducta más favorables para valorar el medio ambiente (Chawla, 2020; Misra, 2021).

1.1.1 Contextualización

Se estima que desde inicios del siglo XX se ha establecido múltiples preocupaciones por el irreflexivo comportamiento de los niños en relación con el cuidado y respeto hacia la naturaleza (Xalilova & Niyazova, 2021). Para solucionar estas inquietudes se han establecido políticas globales, involucrando a los docentes en la implementación de una educación basada en la interpretación cognitiva de los problemas ambientales (Siczek & Engel, 2019) y políticas institucionales, para que los estudiantes reconozcan las situaciones del entorno y puedan transformar sus conductas en acciones comprensibles sobre temas de trascendencia mundial usando aprendizajes desde su entorno natural (Edwards-Jones *et al.*, 2018). Se sugiere que, para llevar a cabo una transformación comportamental desarrollando el pensamiento crítico de los estudiantes, es necesario influir su participación académica en conexión con la naturaleza de su entorno escolar y así construir individuos capaces de ser competentes para resolver problemas ambientales y promover cuidados para proteger la naturaleza (Dale *et al.*, 2020; R. Qizi & M. Qizi, 2021).

Debido a que docentes y estudiantes intercambian conocimientos y experiencias asociando la naturaleza a través del proceso de enseñanza y aprendizaje, sus percepciones y acciones constructivas contribuyen a fortalecer los valores individuales y sociales de los niños (Ruzikulovna, 2021). Este intercambio de conocimientos tiene en cuenta los derechos fundamentales de política de educación ambiental, estimando las posturas de algunos autores que reflejan la importancia de cumplirlos para vivir en un ambiente sano y mostrar respeto por los recursos naturales (Pérez *et al.*, 2021; Šorytė & Pakalniškienė, 2019; Sukma *et al.*, 2020). Estos derechos se aplican en el

proceso de formación académica, donde los directivos de escuelas se comprometen con los docentes a difundir la información para que el niño construya su vida con sensibilidad ambiental (Corzo & Castañeda, 2017), es decir, que le permita desarrollar valores ambientales desde su contexto escolar.

Los problemas de actitud ambiental derivan del débil desarrollo que se argumenta y valora las habilidades de acción desde la formación de los niños (Thor & Karlsudd, 2020), por lo tanto, estos problemas deben estar centrados en políticas globales de educación ambiental, teniendo en cuenta las recomendaciones de Organizaciones Internacionales como Naciones Unidas (ONU), que aconsejan incorporar pedagogías innovadoras para el desarrollo sostenible, estableciendo competencias que proporcionen la mejora del pensamiento crítico en los niños (Arora & Mishra, 2019; Taimur & Sattar, 2020). Merma-Molina *et al.* (2022), toman el concepto del pensamiento crítico según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), como una habilidad que los niños pueden desarrollar, asociándolos a cambios positivos en el comportamiento y procedimientos de trabajo colaborativo y responsabilidad social más sostenibles. No obstante, aunque la UNESCO ha estado trabajando para superar este problema, Barrable, (2019), considera que todavía es necesario vincular la educación con una pedagogía eficaz, que incluya el entorno natural, para que los niños puedan responder de manera constructiva y comportamental a los problemas ambientales

Sugerencias de políticas ambientales a Colombia por organizaciones como ONU, UNESCO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), han permitido vincular normativas que permiten desarrollar condiciones de mejoramiento al medio ambiente y dar solución a los problemas del entorno mediante acciones educativas (Mejía-Cáceres *et al.*, 2021). Actualmente, algunos autores han desarrollado estudios que sintetizan conocimientos sobre

políticas y prácticas interdisciplinarias, que se utilizan para comprender aspectos como conservar el equilibrio de especies vegetales en el entorno denominado sostenibilidad ambiental global y los beneficios para fomentar comportamientos positivos a través de un aprendizaje experimental utilizando los huertos del entorno escolar (Mastrángelo *et al.*, 2019; Papadopoulou *et al.*, 2020). Para tener conocimientos globales que aborden los problemas ambientales desde un contexto escolar, el PNUMA y la UNESCO, han desarrollado políticas involucradas en programas de ética y educación ambiental que transversalizan los problemas del entorno experimentando desde la vida escolar (Dorn, 2020).

La Constitución Política de Colombia de 1991, establece el derecho a garantizar un ambiente sano y la conservación de los recursos naturales, fomentando la participación desde la educación. La inclusión normativa denominada Ley 115 que se promulgó en 1994, determinó los lineamientos de la educación ambiental, para que desde las instituciones educativas los estudiantes logren tener participación activa y compromisos de valores ambientales en la solución de los problemas del entorno (Mejía-Cáceres *et al.*, 2021). Luego, desde la implementación de la Ley 1549 de 2012, se reglamentó la importancia de incorporar desde las instituciones escolares y con enfoques interdisciplinarios, estrategias educativas que incluyan la formación de personas con carácter crítico y reflexivo sobre los problemas del entorno.

Basado en las diferentes normativas, el sistema de educación nacional ha establecido programas como los Proyectos ambientales escolares (PRAES) y Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental (PROCEDA), con la finalidad de implementar nuevos conocimientos desde la educación, mediante soluciones a los problemas ambientales locales que generen conciencia en las personas sobre la conservación del medio ambiente y la búsqueda de alternativas tecnológicas para reducir los problemas (Edsand & Broich, 2020). Así mismo, la Organización para la

Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), ha emitido una definición para el término de conocimiento, donde muestra su relevancia en que el estudiante debe tener la capacidad de comprender nuevos conceptos y asumir posturas que generen soluciones a los problemas ambientales que lo rodean (Niemann & Martens, 2018). Ahora bien, para reflexionar sobre los problemas ambientales desde el sector educativo y promover conocimientos basados en la construcción y actitudes ambientales en escuelas de primaria, Sukma *et al.*, (2020), consideran importante que los docentes integren los aprendizajes mediante el desarrollo de modelos, medios y materiales educativos viables para la formación.

En los estudiantes del ECOLBA se perciben habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales inadecuadas sobre situaciones ambientales, posiblemente derivado de la falta de materiales vegetales en los entornos escolares, el poco uso de estrategias pedagógicas de enfoque ambiental, deficiente instrucción de conceptos con alternativas de descontaminación como la fitorremediación, poca conexión con la naturaleza y participación para elaborar y conservar huertos, entre otras. La poca orientación pedagógica con conexión a la naturaleza y la carencia de plantas en un entorno escolar, limitan las condiciones de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, para que puedan generar conocimiento a través del uso de la naturaleza y actitudes viables para solucionar problemas ambientales (Kuo *et al.*, 2019; Wells *et al.*, 2015). Las limitaciones para establecer una enseñanza y aprendizaje ambiental adecuada a los estudiantes, se debe a la deficiente implementación de prácticas en la educación primaria que experimenten situaciones del contexto ambiental con el uso de huertos, impidiendo que los niños participen de acciones educativas para mejorar la comprensión de los problemas ambientales (Collado *et al.*, 2020).

Para Rezende *et al.* (2018) y Ceballos (2017), consideran la importancia de los huertos

como recursos educativos, para desarrollar actividades de aprendizaje que impliquen la formación de contenidos teóricos y prácticos con aspectos interdisciplinarios de enfoque ambiental. Es por ello que los estudiantes del ECOLBA carecen de habilidades en el conocimiento ambiental y no participan en actividades educativas que reflexionen sobre los problemas ambientales y generen posibles soluciones. Esta situación lleva a que los estudiantes no cuenten con instrucciones del docente con enfoques experimentales controlados y adecuados, donde incluyan los impactos ambientales basados en reflexiones que sensibilizan el comportamiento de los niños a través de actividades que lo conecten con la naturaleza (Lohr, *et al.*, 2021; Wells *et al.*, 2015).

Algunas limitaciones para desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales favorables en el ECOLBA a través de una instrucción de conceptos de fitorremediación y actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental son: No contar con una planificación educativa viable, económica y fácil de usar como alternativa para promover la descontaminación, o actividades con estrategias pedagógicas que incluyan la participación docentes-estudiantes en la construcción y conservación de huertos. Así mismo, existen otras razones que se relacionan con las dificultades mencionadas anteriormente, como por ejemplo, en las sedes Gilma Casado y en San Gerardo, el uso del servicio de agua para riego de las plantas es limitado y no cuentan con personal que conserve los huertos del entorno escolar. Para Duncan *et al.* (2016), los huertos pueden convertirse en laboratorios escolares útiles para actividades teórico - prácticas, pero implementarlos en escuelas públicas es complejo, porque no cuentan con recursos económicos internos para sostener el personal de mantenimiento y conservación de las plantas, lo que lleva al requerimiento de presupuestos mediante la estructuración de políticas de educación.

Algunos de las preocupaciones asociadas a la educación infantil sobre el uso escolar de la naturaleza en actividades teórico – prácticas son: La insuficiente sensibilización sobre los

problemas del entorno y la falta de modelos y medios de aprendizaje experimental (Leal-Filho *et al.*, 2018). Una de las dificultades para llevar a cabo un aprendizaje experimental es, por ejemplo, no utilizar estrategias teórico-prácticas de manera pedagógica, brindando a los niños un medio para expresar sus opiniones con posturas críticas y constructivas sobre los problemas ambientales a través de actividades educativas con representaciones gráficas (Yeşilyurt *et al.*, 2020). Es decir, resulta un problema para fomentar la educación ambiental hacia la niñez con actividades de aprendizaje experimental, cuando los educadores no tienen un compromiso reflexivo y procedimental para generar nuevos conocimientos en los individuos (Leal-Filho *et al.*, 2018).

Para los casos de Gilma Casado, Principal y San Gerardo, sedes del ECOLBA, no se cuenta con el desarrollo curricular de actividades de aprendizaje experimental, ni la instrucción de conocimientos alternativos de descontaminación como la fitorremediación, que proyecta, por ejemplo, el uso de árboles alrededor del entorno escolar para que sirvan de barrera y limiten el paso de material particulado contaminante. El material particulado también se denomina contaminante atmosférico y Faria *et al.*, (2020), lo definen como partículas sólidas generalmente pequeñas conformadas por polvo y otros compuestos orgánicos volátiles. Este tipo de contaminante es recibido en las tres sedes, debido a su ubicación cercana a las industrias de Ladrillos y de Curtiembres, donde según Bergstra *et al.* (2018), McCormick (2017) y Pérsico y Venator (2021), la toxicidad recibida por emisiones de industrias puede generar desatención en los individuos, disminuir el desarrollo cognitivo y reducir la capacidad para enfrentar las preocupaciones ambientales.

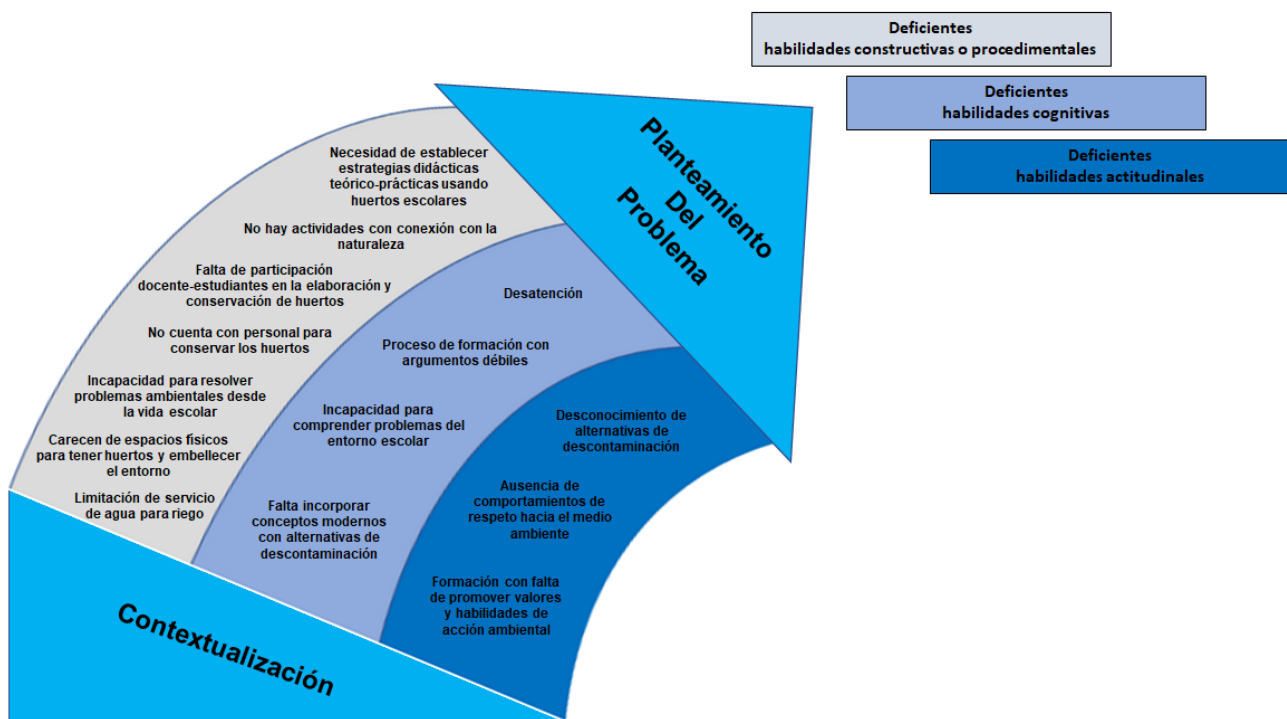
Otra preocupación en el contexto escolar de estas tres sedes de estudio del ECOLBA, es la falta de actitud que muestran los estudiantes para motivarse a construir y conservar recursos naturales dentro de su entorno. La actitud ambiental se puede definir como la conducta del

individuo o el comportamiento que utiliza para opinar y mediar su relación en la conservación de la naturaleza (Colléony *et al.*, 2019). Lo anterior indica que, los comportamientos ambientales pueden estar relacionados con la participación activa en actividades que se desarrollan en conexión con la naturaleza (Whitburn *et al.*, 2019), situación que no se presenta de manera planificada en los momentos pedagógicos de las tres sedes en estudio.

La figura 1 muestra esquemáticamente la contextualización del problema de esta investigación, donde se describen las características que inciden en el insuficiente desarrollo de las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los estudiantes del ECOLBA para resolver problemas ambientales y preservar el entorno desde el colegio.

Figura 1

Descripción esquemática del problema de investigación



Nota. Elaboración propia

1.1.2 Definición del Problema

En algunas escuelas de Grecia, se ha evidenciado que los estudiantes tienen escasas habilidades cognitivas, constructivas y de actitud frente a la preocupación por los impactos ambientales, debido a la carencia de estrategias educativas basadas en la enseñanza con uso de naturaleza como instrumento pedagógico y la poca motivación para participar en actividades de conservación del medio ambiente (Papadopoulou *et al.*, 2020). La estrategia natural, consiste en aprovechar las especies vegetales y animales que puedan ser útiles como elementos materiales para un recurso educativo, como lo permite tener desde el hábitat de un huerto escolar. Este recurso natural, se convierte en un laboratorio escolar, que permite desarrollar actividades educativas teórico – prácticas donde el estudiante y los docentes interactúan con la naturaleza para generar conocimiento, sin embargo, se requiere de un presupuesto económico para conservar los huertos, lo cual implica un factor relevante para el sostenimiento escolar (Duncan *et al.*, 2016; Lohr *et al.*, 2022).

En Suecia, el problema de la ausencia de comportamientos en los estudiantes por el respeto al medio ambiente, ha llevado al planteamiento de proyectos de jardinería, que consisten en simular un pequeño bosque dentro de las instalaciones escolares, para lo cual se gestionan recursos para su financiamiento y lograr el desarrollo de las actividades de formación de manera favorable (Almers *et al.*, 2018; Quintero-Corzo *et al.*, 2015). Este tipo de propuestas permiten que las escuelas puedan disponer de recursos naturales en su entorno escolar, de lo contrario estarían limitando la oportunidad de disfrutar de los espacios verdes que ofrece un entorno natural. Sin embargo, en muchas ocasiones, cuando no se cuentan con los recursos naturales en las escuelas, se proponen actividades extraescolares, como caminatas a parques, excursiones a bosques, entre otras, generando un esfuerzo para el docente en la planificación de las labores, donde se requieren de

acciones por el desplazamiento y costo del transporte, convirtiéndose en una dificultad para su implementación e impidiendo beneficios físicos y cognitivos para los niños (Mannion *et al.*, 2013; Oberle *et al.*, 2021).

En escuelas del Reino Unido, Noruega y la India, encontraron que algunos niños no desarrollan habilidades cognitivas ambientales adecuadamente con la enseñanza teórica, es decir, que existen argumentos débiles para dar la educación ambiental, por esta razón, experimentaron el uso práctico pedagógico reflexivo y constructivo de los recursos naturales, despertando en los niños el interés por explorar nuevas perspectivas, utilizando metodologías como el aprendizaje basado en jardines (Sageidet *et al.*, 2018). En un ámbito escolar hay varios espacios físicos que tienen la posibilidad de ser utilizados para estimular la adquisición de nuevos conocimientos, son ejemplos; el aula, el pasillo escolar, el patio, zonas verdes, el vecindario, entre otros (Buxton & Provenzo, 2012; Rudyanto & Widayanti, 2018). Otros autores en una escuela de Malasia, encontraron que la falta de interacción de los estudiantes con plantas y animales, desmejora las habilidades de razonamiento informal, impidiendo que los niños logren tomar decisiones centradas en la protección del medio ambiente (Karpudewan & Roth, 2018), Incluso en actitudes por falta de atención a las clases y poca curiosidad en el cuidado de los recursos naturales se ha encontrado cuando las instalaciones educativas están alejadas de las zonas verdes (Harvey *et al.*, 2020).

En algunas edificaciones escolares distantes a espacios naturales, los estudiantes desarrollan actitudes proambientales desfavorables, en ocasiones se genera este impacto negativo, debido a que no existe un abordaje educativo desde el contenido temático, el cual se programa y organiza con actividades que se complementan con el uso de la naturaleza (Szpytma & Szpytma, 2019). La actitud proambiental se refiere a las emociones o las acciones prácticas que desarrolla el estudiante sobre ciertos problemas ambientales y que se clasifican como intenciones favorables

o desfavorables (Galli *et al.*, 2013; Liu & Chen, 2021), es decir, indica la posición de actuar frente a un determinado entorno como ha sucedido en algunas escuelas en China. Es por ello, que existe la preocupación por reducir la incapacidad de los estudiantes para comprender los problemas del entorno escolar y mejorar la conexión con la naturaleza, reflexionando sobre el impacto ambiental del entorno escolar, sin embargo, la creciente infraestructura urbana ha disminuido las zonas verdes (Liao *et al.*, 2019).

El desconocimiento o la falta de incorporación de conceptos modernos con alternativas de descontaminación, hace que la formación no promueva valores y habilidades de acción ambiental, es por ello que, estudios realizados en escuelas de los Estados Unidos, encontraron que la instrucción académica tiene efectos positivos cuando se implementa el uso de huertos escolares como recurso educativo en la educación primaria (Burt, *et al.*, 2017; Graham *et al.*, 2005). Una manera de complementar la educación, es que los docentes tengan materiales didácticos necesarios para transferir la información a los estudiantes y desarrollen aprendizajes a través de actividades pedagógicas y competencias interdisciplinarias. En ausencia de una proyección del docente hacia el estudiante con apoyo didáctico como el uso de huertos con alternativas de descontaminación y enfoques teórico-prácticos desde diversas disciplinas científicas, será difícil impartir asignaturas como ciencias que motiven el interés científico y ambiental (Christensen & Wistoft, 2019), generando según Norwood *et al.* (2019), cambios conductuales que se traducen a largo plazo en expresiones emocionales desfavorables.

Tener un entorno escolar sin naturaleza, es limitar a docentes y estudiantes a brindar un amplio concepto de las propiedades que tienen las plantas mediante temas como la fitorremediación, donde según Bandehali *et al.* (2021) pueden ser usadas para generar un conocimiento de limpieza natural para reducir contaminantes y Whitehead (2018) como un sistema

de embellecimiento natural para motivar el desempeño de las actividades académicas. Una de las ventajas que brinda la fitorremediación es la depuración atmosférica, es por ello que algunas escuelas en Corea han utilizado huertos verticales para mejorar la calidad del aire dentro de sus aulas, sin embargo, esta implementación no ha tenido en cuenta el uso actividades pedagógicas que según Jeong *et al.* (2020), pueden ser relevantes como una estrategia útil para la educación ambiental. Proporcionar una enseñanza con argumentos débiles para reducir un problema global como es la contaminación del aire, debilita la capacidad de implicación escolar para que el estudiante pueda comprender conceptos de fitorremediación, que según Kumar *et al.* (2020), es una estrategia fácil de usar, económica y que ayuda a reducir sustancias tóxicas como compuestos orgánicos volátiles, material particulado, entre otros.

Algunas escuelas de Latinoamérica carecen de condiciones físicas adecuadas y falta de disponibilidad de espacios naturales, donde limitan la posibilidad para que los estudiantes desarrollen habilidades ambientales, por tal razón, recurren a estrategias viables como gestionar recursos económicos y naturales para ayudar a solucionar los problemas del entorno escolar (Suárez-López & Eugenio, 2018). Ante las situaciones de necesidades insatisfechas, también se genera una deficiente sensibilización ambiental, por lo que se sugiere enfrentar la realidad y promover posibles soluciones, incrementando la gestión de recursos económicos y educando a los estudiantes en valores ambientales, como se ha hecho en algunas escuelas de Venezuela (Eslava-Zapata *et al.* 2018). Los recursos económicos son necesarios para el mantenimiento del entorno escolar natural y las escuelas espacios de intercambio de experiencias y transformación de conocimientos, por lo tanto, complementan la posibilidad de promover la enseñanza y el aprendizaje basado en problemas, como estrategia a fin de reducir las deficientes actitudes sociales de los estudiantes para resolver problemas ambientales (Sierra-Severiche *et al.*, 2016; Suárez-

López & Eugenio, 2018).

La inconciencia ambiental es la incapacidad cognitiva, procedimental y actitudinal para resolver problemas ambientales, por esta razón, muchas escuelas en Colombia desarrollan estrategias educativas para fortalecer las habilidades ambientales mediante el equipamiento y el uso de plantas en huertos (Chaparro-Mesa & Torres-Niño, 2020; Ramírez-Ordóñez *et al.*, 2021). Otras escuelas han optado por abordar los problemas ambientales de contaminación y la escasa vegetación del área escolar incorporando proyectos escolares, pero la implementación es difícil debido a problemas como la falta de apoyo institucional y la mala gestión de los recursos económicos (García-Barrero, 2019; Trujillo-Losada *et al.*, 2019). Los esfuerzos de los directivos de instituciones educativas y docentes por proponer el uso de plantas en el entorno escolar y la utilización de estrategias didácticas, han dado lugar a estudios en diferentes escuelas del país (Carreo-Arango & González-Rodríguez, 2016; Martínez & Jiménez, 2020), encontrando que los entornos escolares urbanos, a menudo se ven afectados por la contaminación del aire en comparación con escuelas rurales, situación que según Franco *et al.* (2013), González *et al.* (2019) y Hernández-Flórez *et al.* (2013) altera negativamente el desarrollo y la salud de los niños.

En escuelas de Cúcuta, cercanas a industrias y vías principales de la ciudad, algunos estudiantes tienen dificultades para identificar los problemas ambientales y carecen de la capacidad de promover alternativas de solución y comportamientos favorables al medio ambiente, sin embargo, no existen estudios que evidencien estos problemas. Este es el caso del Colegio Eustorgio Colmenares Baptista (ECOLBA) de la ciudad de Cúcuta, que cuenta con cinco sedes con proximidad a industrias y vías principales, con pocos espacios físicos para embellecer su entorno con plantas y la escasa habilidad que muestran los estudiantes para reconocer problemas y acciones de respeto a la naturaleza. Otras instituciones educativas ubicadas en el centro de la ciudad reflejan

la misma problemática, como San Francisco de Sales, Sagrado Corazón de Jesús, Normal María Auxiliadora, entre otros, donde autores como Figueroa-Vélez *et al.* (2018) y Yeşilyurt *et al.* (2020), consideran que un espacio escolar sin embellecimiento con plantas no favorece la expresión de conceptos que generan sensibilidad ambiental.

Desde el punto de vista socio-geográfico, el ECOLBA no cuenta con programas de mejoramiento urbano que resuelvan los problemas del entorno escolar. A través de la observación directa, los contextos de las sedes del ECOLBA muestran fachadas con espacios físicos despejados, revelando la falta de cobertura vegetal. Considerando que la falta de plantas en el entorno de las escuelas reduce la oportunidad de ser utilizadas como recurso educativo y barrera estratégica para la descontaminación, los estudios de Lee *et al.* (2020), Sleeper (2015) y Wilschut *et al.* (2013), afirman que la poca vegetación hace que el lugar sea físicamente antiestético y Chawla (2020), sostiene que no conectar a los niños con la naturaleza, puede generar habilidades conductuales deficientes para el cuidado del medio ambiente a lo largo de la vida.

El caso se agrava en el ECOLBA, por no implementar propuestas que involucren los inconvenientes locales del entorno en sus proyectos escolares, esto indica la realización de una enseñanza con argumentos débiles para comprender la problemática ambiental, lo que lleva a tener estudiantes con habilidades negativas para reflexionar y actuar sobre alternativas de solución viable. Los proyectos tienen la posibilidad de integrar estrategias teóricas y prácticas para ser desarrolladas por los estudiantes, donde las teóricas pueden incorporar actividades didácticas, mientras que las prácticas pueden incluir la naturaleza como medio de recurso educativo. Las actividades teórico-prácticas de diferentes disciplinas científicas permiten motivar el desarrollo de habilidades de reconocimiento de problemas, construcción crítica de ideas y posturas de conductas respetables, sin embargo, las sedes del ECOLBA no cuentan con los recursos naturales suficientes,

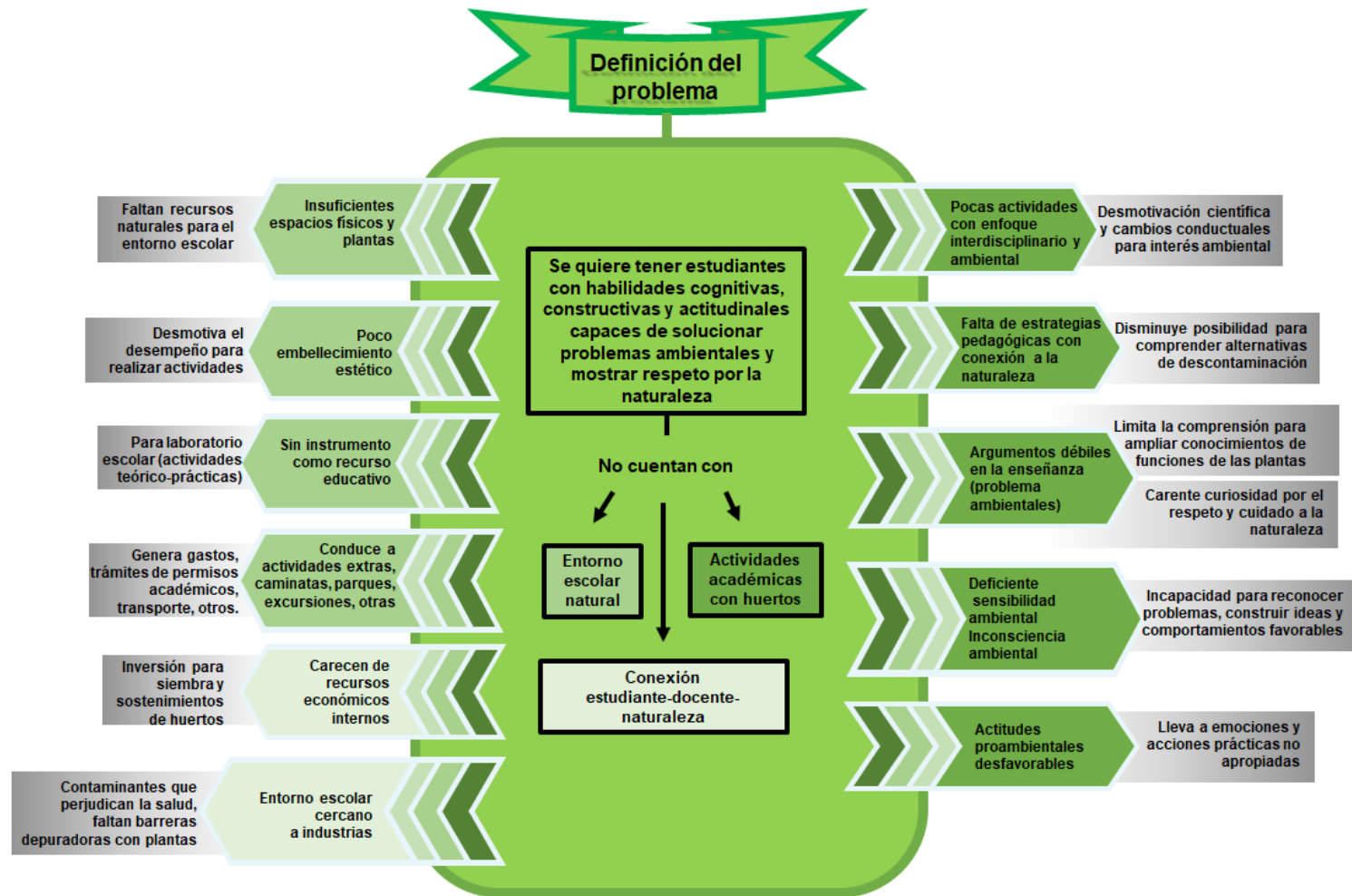
limitando que el proceso educativo se realice correctamente, donde según Khan *et al.* (2017), no genera un impacto positivo en los niños desde una perspectiva interdisciplinar.

Actualmente el proceso práctico de actividades pedagógicas que se realizan en el ECOLBA para la formación de los estudiantes no incluye conexión con la naturaleza. Debido a las insuficientes experiencias que tienen los docentes y estudiantes del ECOLBA para tener una conexión con la naturaleza y las extensas horas de trabajo escolar en un espacio cerrado como es el salón de clases, se genera una rutina laboral que desincentiva el desarrollo del reconocimiento de los problemas, la experimentación, análisis y valoración del medio ambiente. A esta desmotivación se suma otra dificultad, como estar en el espacio cerrado del salón de clases y expuesto a contaminantes del aire por la cercanía a industrias, donde los estudiantes no muestran actitudes con estilos de vida saludable y prevención de riesgos que podrían aprender desde experiencias prácticas escolares con la naturaleza, lo que implica, según Day *et al.*, (2022) y Trapp (2021), la contaminación que se concentra en un salón de clases genera una mala calidad del aire que es más probable que perjudique la salud de los niños.

La definición problemática actual del ECOLBA se muestra en la figura 2, la cual, mediante una descripción, se define a grandes rasgos los pasos que representan las deficientes habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales que tienen los estudiantes para enfrentar los problemas que ocurren dentro del entorno escolar. Estas dificultades requieren del conocimiento de múltiples factores que suceden dentro de su entorno escolar y ser tenidas en cuenta en sus momentos pedagógicos.

Figura 2

Representación esquemática de la definición del problema de investigación



Nota. Elaboración propia.

1.2 Pregunta de Investigación

1.2.1 Pregunta General de Investigación

¿Cómo pueden los estudiantes de primaria del Colegio Eustorgio Colmenares de Cúcuta desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales al recibir la instrucción de conceptos de fitorremediación utilizando estrategias pedagógicas en actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental con huertos del entorno escolar?.

1.2.2 Preguntas Específicas de Investigación

¿Cómo aplicar los conceptos de fitorremediación desde la pedagogía escolar?

¿Cómo utilizar el huerto escolar como recurso educativo para enseñar conceptos de fitorremediación?

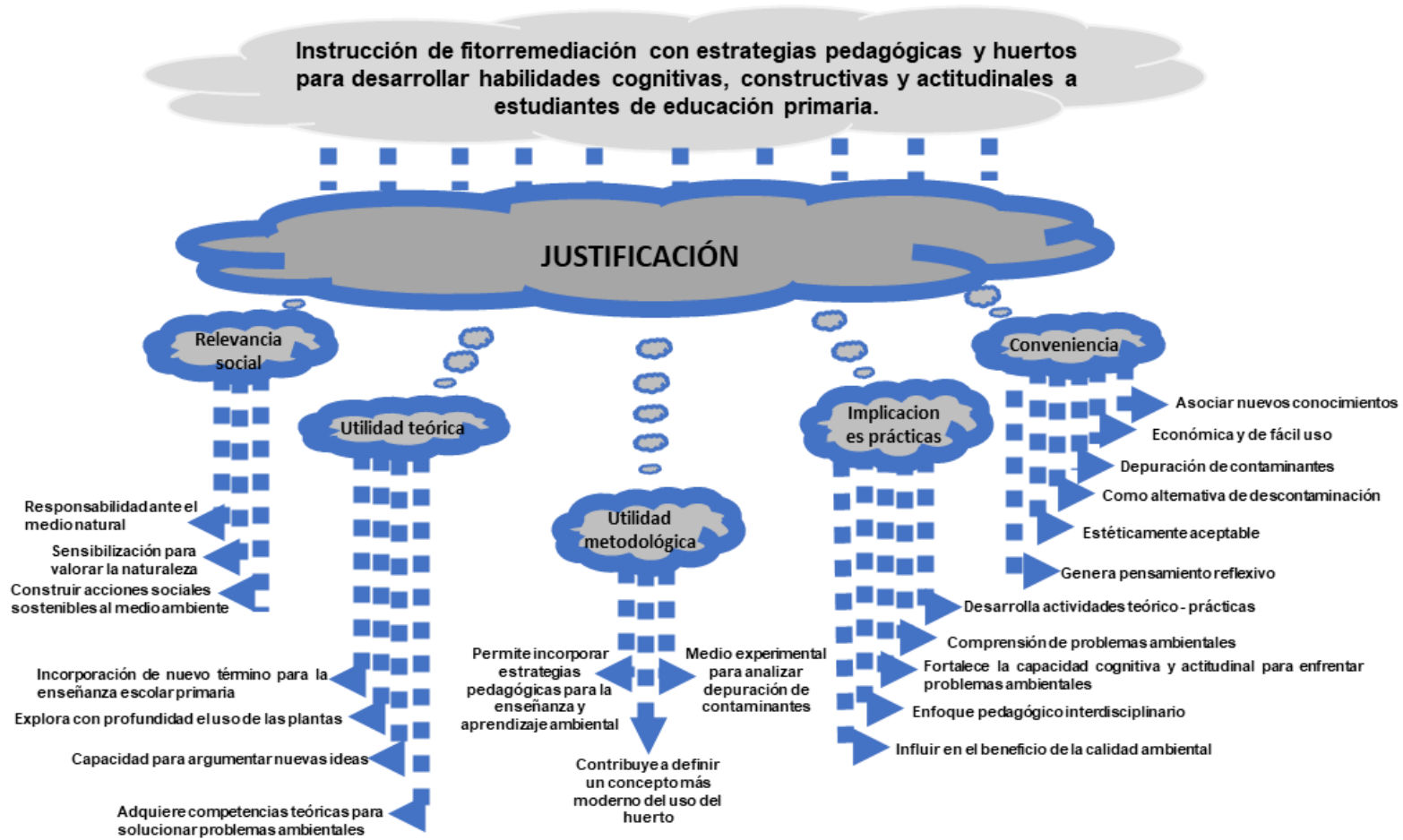
¿Cómo podrían los estudiantes asociar conocimientos básicos de fitorremediación para generar habilidades constructivas, cognitivas y comportamentales en acciones de descontaminación y respeto por la naturaleza?

1.3 Justificación

La figura 3 muestra el esquema que estructura la justificación de la investigación actual, donde se describen las principales características que sustentan la importancia desde la relevancia social, utilidad teórica, utilidad metodológica, implicaciones prácticas y de conveniencia.

Figura 3

Representación esquemática de la justificación de la investigación



Nota. Elaboración propia.

1.3.1 Conveniencia

La instrucción de conceptos de fitorremediación a estudiantes de primaria del ECOLBA usando huertos escolares como recurso educativo y estrategias pedagógicas, brinda a los niños un conocimiento novedoso sobre alternativas de descontaminación, que ayudan a desarrollar en los niños habilidades cognitivas que se transfieren en reflexiones y comportamientos amigables hacia la naturaleza. Una forma para desarrollar las habilidades reflexivas y comportamentales en esta instrucción, se basa en plantear interrogantes como ¿qué partículas son tóxicas?, ¿cómo la exposición al aire contaminado afecta la salud?, entre otros (Gilmour, *et al.*, 2018; Ubilla & Yohannessen, 2017). Este tipo de pedagogía tiene la funcionalidad de mostrar conocimientos mediante el uso de mecanismos metabólicos que tienen las plantas para depurar contaminantes (Wei *et al.*, 2021), alternativa económica, efectiva, estéticamente amigable con el medio ambiente (Agarwal *et al.*, 2019; Jhanji & Dhatt, 2021; Lee *et al.*, 2020) y sirve para que los niños valoren los recursos naturales desde su entorno escolar (Austin, 2021).

Una de las muchas preguntas adicionales que pueden surgir, como: ¿Qué tan conveniente es para los niños tener huertos en el entorno escolar y ser instruidos en conceptos que amplíen sus conocimientos sobre las funciones depurativas de las plantas?, pues además de los procesos de depuración de contaminantes, se pueden dar otros usos, como enseñar la cultura de la siembra, conservación, el aprovechamiento de frutos y para la educación ambiental (Burt *et al.*, 2018; Petrou & Korfiatis, 2022). En otras palabras, las plantas pueden ser utilizadas como un instrumento pedagógico para enseñar conceptos agrícolas y según Gonsalves *et al.* (2020), pueden generar una actitud más favorable para que los niños se motiven a consumir alimentos. Estos y otros conceptos novedosos que pueden ser agregados pedagógicamente desde aspectos teóricos y prácticos, permiten a los estudiantes desarrollar mejores habilidades cognitivas al explorar los usos y

funciones de las plantas y mediante experiencias constructivas mejorar el comportamiento personal y social hacia el medio ambiente.

1.3.2 Relevancia Social

La fitorremediación, por ser considerada una alternativa económica y de fácil aplicación para remediar contaminantes (Kumar *et al.* 2020; Ramos *et al.*, 2016), puede ser utilizada como estrategia educativa teórico-práctica en el ECOLBA, para promover la construcción de ideas, conduciendo a acciones sociales que motiven el interés por la protección del medio ambiente. Estas acciones de los estudiantes pueden generar futuros comportamientos de responsabilidad hacia el medio natural, de modo que transmitan a sus familias y sectores donde residen, los efectos positivos que trae para la salud la reducción de contaminantes tóxicos del entorno (Bandehali *et al.*, 2021). El interés social por promover una educación sensible a la naturaleza, donde el estudiante pueda experimentar, analizar y valorar aprendizajes significativos a través de actividades que fortalezcan la sensibilización ambiental, permitirán acciones de reflexión más crítica y reducir conductas inapropiadas de desconocimiento ambiental.

1.3.3 Implicaciones Prácticas

Una de las formas prácticas de resolver los problemas de competencias ambientales en las instituciones educativas, es usar los huertos como recurso educativo y aspectos pedagógicos que se centren en la implementación conceptual de la fitorremediación, convirtiéndose en estrategias importantes para desarrollar actividades académicas teóricas y experimentales, que enfocadas en diferentes disciplinas del conocimiento ayudan a mejorar la comprensión de los problemas ambientales. Aunque para Li, Chan *et al.* (2018) afirman que es complicado que solo una disciplina académica pueda resolver problemas ambientales, mientras que Klaassen, (2018), estima que

involucrar elementos como la experimentación, el análisis, entre otros, se fortalecen las acciones educativas interdisciplinarias y se exploran las dificultades de manera comprensible para generar posibles soluciones. Esto puede indicar que, en el caso de la investigación actual, al aplicar diversas actividades educativas de manera interdisciplinaria incluyendo huertos y centrados en la pedagogía de la fitorremediación, es más probable que los estudiantes mientras aprenden, también se beneficien de mejoras en la calidad del ambiente, además contribuyen a generar perspectivas críticas en la solución de problemas ambientales.

La interdisciplinaria educativa hace que los estudiantes puedan recibir los contenidos programáticos con enfoques diferentes desde varias asignaturas. La adaptación de los temas involucra situaciones de interés como los problemas ambientales y la solución a ellos que incluyen en ocasiones implementar conceptos modernos. Autores como Sánchez-García y Gómez-Aguilar (2017), sugieren que los conceptos modernos en ocasiones no logran mantenerse mentalmente con explicaciones teóricas, por ello, el uso de la investigación desde el aula es relevante para que los estudiantes puedan reconocer y relacionar los problemas del entorno con posiciones críticas y constructivas, situación que se requiere implementar en el ECOLBA.

1.3.4 Utilidad Metodológica

La implementación de conceptos modernos de descontaminación como la fitorremediación aplicada a la educación primaria y el uso de plantas de los huertos escolares, se convierten en recursos educativos y medios experimentales que favorecen la aplicación de procedimientos para la interacción académica entre docentes, estudiantes y naturaleza. Esta interacción permite el desarrollo de actividades de educación ambiental con la implementación de estrategias pedagógicas, cuya finalidad es mejorar la atención y participación de los niños, para que puedan

conocer los problemas de su entorno escolar y cuestionar los riesgos a la salud que ocasiona la contaminación (Fisher-Maltese *et al.*, 2018). Este proceso de conexión con la naturaleza y las actividades académicas, brinda una experiencia de proyección del docente hacia los estudiantes en la adquisición de nuevos conocimientos que se promueven desde acciones en el aula y que posteriormente se transforman en ideas que se convierten en acciones sociales (Orenes-Cárceles *et al.*, 2022; Pollin & Retzlaff-Fürst, 2021).

1.3.5 Utilidad Teórica

Esta investigación incorpora un término moderno para el vocabulario de la educación primaria con la enseñanza de conceptos de fitorremediación, ya que la diferencia se centra en el conocimiento más profundo que incluyen los mecanismos que pueden realizar las plantas para capturar, degradar y transformar los contaminantes. El uso de términos modernos en la educación infantil, es uno de los retos que los docentes deben asumir con responsabilidad y utilizando estrategias de comunicación asertiva, puedan incorporar un vocabulario amplio, para que los niños tengan la capacidad de expresar argumentos sobre las preocupaciones sociales del entorno (Moreno *et al.*, 2019). La incorporación de novedosos términos como fitorremediación para la educación primaria del ECOLBA, implica que los estudiantes se beneficien de habilidades cognitivas y comportamentales, adquiriendo y desarrollando competencias teórico-prácticas de alfabetización ambiental (Hammarsten *et al.*, 2019).

Otro complemento cognitivo, procedimental y actitudinal de los conceptos de fitorremediación que trae para los niños del ECOLBA, son las acciones educativas para mejorar la comprensión de los mecanismos que ofrecen las plantas para depurar contaminantes. Este tipo de estrategia según Moreno *et al.*, (2019), permite que los niños incorporen un vocabulario que

argumenta nuevas ideas sobre las preocupaciones sociales del entorno. Esta posibilidad ofrece un desarrollo y exploración de competencias teórico – prácticas, que con actividades pedagógicas de trascendental importancia, facilitan la enseñanza de la conceptualización de fitorremediación, para que los niños puedan tener resultados comportamentales de motivación y participación (Christodoulou & Korfiatis, 2019) diferentes, a las que aparecen cuando sólo adquieren un conocimiento simple de las funciones de las plantas.

1.4 Supuesto Teórico

El instruir conceptos de fitorremediación a través de estrategias pedagógicas en actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental con huertos del entorno escolar, se genera el desarrollo favorable de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales en estudiantes de primaria del Colegio Eustorgio Colmenares de Cúcuta.

La información contenida en este capítulo concluye que, el desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales en los estudiantes puede estar afectada, cuando existe la falta de actividades teóricas y prácticas que requieren recursos educativos naturales y espacios físicos deficientes en las instalaciones escolares, limitando la planeación de actividades didácticas para proceder a la enseñanza y el aprendizaje con propuestas de valoración y conexión con la naturaleza. La disposición de recursos naturales es conveniente en las instituciones educativas, para que puedan contar con huertos dentro del entorno escolar y ser utilizados como instrumentos en actividades de formación pedagógica. El recurso natural del entorno escolar, puede traer implicaciones teórico-prácticas que incluyen la incorporación de conceptos modernos como la fitorremediación y actividades didácticas para desarrollar habilidades cognitivas de reflexión, constructivas en hacer y conservar huertos y actitudinales en acciones favorables frente a los

problemas asociados a este entorno natural.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

La información de este capítulo incluye: 1. Aspectos conceptuales de las teorías educativas aplicadas en esta investigación, 2. la fitorremediación, 3. estrategias pedagógicas, 4. estimación y aprendizaje y 5. El análisis conceptual de técnicas, instrumentos para estudio cualitativo. El primero se hace referencia al enfoque cognitivo, constructivo y actitudinal que tiene el estudio actual; el segundo aporta el conocimiento de la conceptualización de fitorremediación y de todos sus mecanismos de limpieza para reducir los contaminantes, así como las estrategias del uso de huertos como recurso educativo para que los estudiantes y docentes interactúen con la naturaleza; el tercero se refiere a las acciones didácticas que promueven los procesos de enseñanza y aprendizaje; el cuarto estima el aprendizaje con base en el análisis de incorporación de conceptos modernos y cómo se asocian a los problemas del entorno natural, mientras que el quinto involucra la implementación de técnicas e instrumentos para la formación integral del estudiante. Los elementos que se presentan tienen como prioridad el uso de huertos como recurso educativo para enseñar fitorremediación con base en la aplicación de enfoques teóricos y prácticos, en experiencias que puedan ser útiles para aspectos conductuales, cognitivos y constructivos.

2.1 Análisis Conceptual de las Teorías Educativas Aplicadas

Para formar estudiantes en valores ambientales de respeto a la naturaleza y solución a los problemas ambientales, es necesario enseñar conceptos que tengan experiencias directas con el entorno escolar, vinculando esa conexión con la participación constructiva y cognitiva de los niños desde el aula, hasta convertirlas en acciones conductuales favorables en la edad adulta (Chawla, 2020). El conocimiento se adquiere mediante enfoques cognitivos que implican reconocer y comprender distintas situaciones ambientales, revelándose en comportamientos aceptables; el constructivo considera los cambios de pensamiento con la ayuda de experiencias y otros, mientras que el conductual, centra el compromiso reflexivo del individuo con cambios manifestados en su

conducta social (Misra, 2021). En este estudio se tienen en cuenta los tres aprendizajes, el conductual, que se refiere a la experiencia del estudiante en la enseñanza y el cambio de comportamiento valorando el uso de la naturaleza (Largo-Wight *et al.*, 2018), el cognitivo se usa para interpretar y comprender los problemas ambientales y los mecanismos de reducción de contaminantes (Norwood *et al.*, 2019), mientras que el constructivista incorpora la participación y el conocimiento aplicando su experiencia en acciones sociales (Selçuk y Yilmaz, 2020).

2.2 Análisis Conceptual de la Fitorremediación

La fitorremediación consiste en usar plantas para reducir contaminantes y se ha implementado en los últimos años como una alternativa exitosa para mejorar la calidad del medio ambiente (Misra y Misra, 2019). Los usos de la fitorremediación se basan en los diferentes mecanismos que tienen las plantas para capturar, degradar y biotransformar contaminantes (Bandehali *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2020; Wei *et al.*, 2021). Esta alternativa es una herramienta útil para incorporar conceptos y actividades teórico-prácticas de descontaminación en instituciones educativas, por su facilidad de su uso, bajo costo y muy agradable estéticamente (Agarwal *et al.*, 2019; Jhanji & Dhatt, 2021).

Para implementar la fitorremediación en una institución educativa surge un interrogante: ¿Cómo podría aplicarse desde la pedagogía escolar?, resulta una pregunta que seguramente suscita gran interés y posiblemente genere discusión entre docentes que laboran en la educación básica primaria. Como la fitorremediación es un término moderno, probablemente no tenga mayor significación en su aplicación pedagógica a la educación primaria, no obstante, proponer la conceptualización del término entre las diferentes ciencias del saber para facilitar la enseñanza y aprendizaje de su implementación, podría ser un desafío relevante. Se puede instruir a los niños de

educación primaria en conceptos de fitorremediación basados en los resultados de estudios, por ejemplo; de cómo las raíces más peludas en comparación con las normales tienen la ventaja de biotransformar contaminantes en sustancias menos tóxicas (Moola *et al.*, 2021).

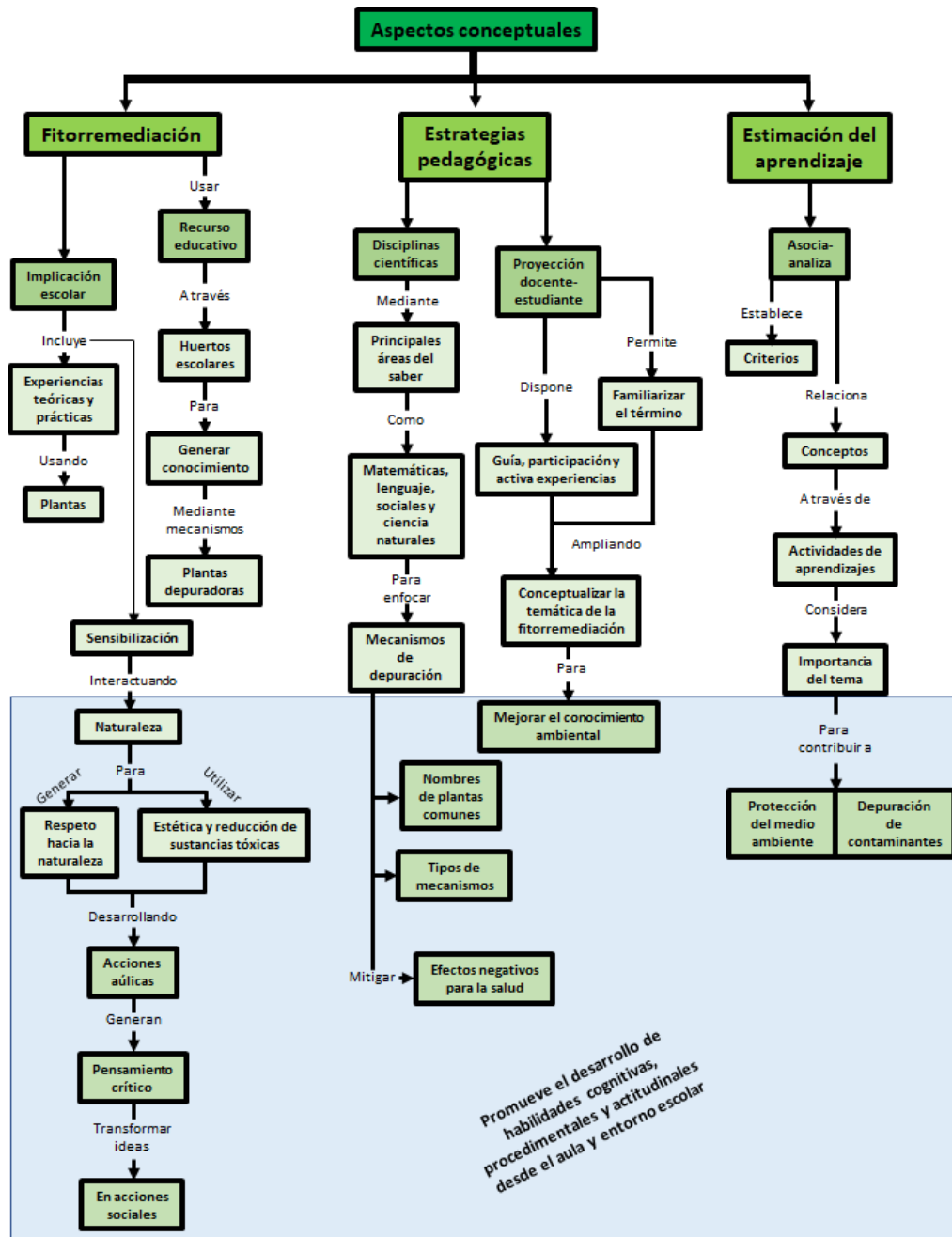
Igualmente, se ha utilizado una implementación con enfoques conceptuales teórico – prácticos para incrementar los conocimientos sobre fitorremediación, promoviendo el desempeño responsable y la motivación de los estudiantes, logrando un aprendizaje activo (Talano *et al.*, 2021), que, si bien no se realizaron con estudiantes de primaria, se pueden utilizar para despertar el interés de los niños experimentando desde el huerto como un laboratorio escolar. Otra forma de incorporar conceptos interesantes de fitorremediación en los niños, es enseñar la utilidad de las hojas que tienen las plantas como barrera protectora para capturar y depurar contaminantes del aire, indicando que cuanto más grandes son las hojas, mejor atrapan los contaminantes (Redondo-Bermúdez *et al.*, 2021). Otro enfoque teórico práctico, puede ser utilizando los argumentos de los estudios de Bandehali *et al.*, (2021) y Jhanji y Dhatt (2021), como criterio para enseñar que colocar plantas en la escuela sirve como bloqueo para disminuir los niveles de ruido externo y que la estética y la sombra que brinda, pueden regular la temperatura del ambiente.

En este estudio, la estructura del uso de los huertos para implementar el desarrollo conceptual y procedimental de la fitorremediación se divide en las siguientes tres categorías de análisis: 1. Fitorremediación, 2. estrategias pedagógicas y 3. estimación del aprendizaje. La primera es utilizar los recursos naturales como medio educativo en el entorno escolar y la implicación escolar en la participación activa, conducta, expresiones y pensamientos; la segunda, incluye la aplicación del tema enfocado en las disciplinas científicas de la enseñanza primaria y la proyección que el docente aplica al estudiante, y finalmente la tercera, busca verificar si el estudiante asocia y analiza la conceptualización del tema a través del desarrollo de las actividades y los resultados del

aprendizaje. La figura 4 muestra el esquema basado en la conceptualización de las categorías anteriores representadas de manera jerárquica para implementar la fitorremediación en la escolaridad primaria.

Figura 4

Representación esquemática de la descripción conceptual de la investigación



Nota. Elaboración propia.

2.2.1 Usos de la Fitorremediación

El término fitorremediación proviene del *fito* que significa planta y “*remediación*” en reparar y comprende el desarrollo de diversos mecanismos que pueden ser utilizados para descontaminar suelos, agua y aire, transformando los contaminantes y convirtiéndolos en sustancias amigables para el medio ambiente mediante el uso de material vegetal (Lee *et al.*, 2020; Singla *et al.*, 2021). El impacto de los contaminantes en el agua, suelos y agua, influye negativamente en suelos agrícolas, el calentamiento global y el deterioro de la salud de humanos y animales, entre otros (Sarwar *et al.*, 2017; Wei *et al.*, 2021). La modificación química de los contaminantes puede reducir la posibilidad y el efecto tóxico para humanos, animales y ambiente, esto ocurre debido a los mecanismos internos de las plantas para desarrollar los procesos de transformación metabólica (Kurade *et al.*, 2021).

En la fitorremediación, la transformación de los contaminantes ocurre, porque las plantas pueden cumplir funciones como; absorción, acumulación, biotransformación y volatilización de sustancias, donde las convierte en sustancias no tóxicas para el medio ambiente (Pandey *et al.*, 2021). Estas funciones de las plantas, son consideradas reacciones bioquímicas y fisiológicas de descontaminación de compuestos tóxicos que generalmente provienen de acciones antropogénicas (Bortoloti & Baron, 2022).). El mecanismo de reacción interno de la planta, permite que las sustancias tóxicas puedan ser capturadas o biotransformadas, situación que va depender de la estructura molecular orgánica o inorgánica del contaminante (Asante-Badu *et al.*, 2020).

En la depuración de las sustancias tóxicas en el aire, la fitorremediación se aplica en la captura o transformación de contaminantes orgánicos, los cuales provienen de compuestos aromáticos derivados del petróleo, productos farmacéuticos, agroquímicos, entre otros (Asante-

Badu *et al.*, 2020). La presencia de la forma volátil del compuesto contaminante, genera un efecto negativo para la calidad ambiental del aire y su inhalación afecta la salud humana (Lee *et al.*, 2020). Sin embargo, en la fitorremediación, las plantas al capturar las sustancias tóxicas reducen la dispersión al aire.

La fitorremediación para la reducción de contaminantes inorgánicos se utiliza para mitigar los efectos tóxicos sobre la salud humana y el medio ambiente de sustancias volátiles compuestas por óxido de nitrógeno, dióxido de azufre, dióxido y monóxido de carbono, entre otros (Kafle *et al.*, 2022; Sweta *et al.*, 2015). Sustancias contaminantes dispersas en el aire como el dióxido de azufre participan en reacciones químicas que incluyen la lluvia ácida, mientras el óxido de nitrógeno produce formación de radicales libres que generan enfermedades respiratorias a largo plazo (James, 2022), alteraciones que pueden ser reducidas por depuración de contaminantes con la fitorremediación. En la reducción de contaminantes, la fitorremediación incluye varios mecanismos como la fitoextracción, fitoestabilización, fitovolatilización, fitodegradación y rizofiltración (Shmaefsky, 2020), en los que utiliza como procesos la absorción, acumulación, degradación o volatilización de los contaminantes (Lee *et al.*, 2020).

2.2.1.1 La Fitoextracción. La fitoextracción remedia sustancias contaminantes inorgánicas en el suelo, donde las plantas toleran y degradan los contaminantes, produciendo una hiperacumulación en los tallos y hojas (Venegas-Rioseco *et al.*, 2021). Para evitar la fitotoxicidad que se produce por la acumulación de contaminantes, existen mejoras internas en las plantas que incluyen el acondicionamiento para retener una mayor cantidad de tóxicos mediante la manipulación genética (Gul *et al.*, 2021). La absorción y acumulación de contaminantes depende de algunas características, tales como: Cantidad de vellosidades foliares, tamaño de la partícula del

contaminante, rasgos de las hojas, condiciones meteorológicas, especie de plantas, entre otras (Corada *et al.*, 2021, Lu *et al.*, 2018; Shi *et al.*, 2017).

2.2.1.2 La Fitoestabilización. Su función es realizar unos mecanismos de acumulación de metales pesados en las plantas, inmovilizar sustancias contaminantes y evitar que se transporten a fluidos hídricos y al aire (Eid *et al.*, 2019). La limitación y la migración de los contaminantes puede ocurrir, porque las raíces de las plantas absorben las sustancias acumulándolas en tallo, hoja o la raíz, sin embargo, la retención y concentración puede depender del tipo de planta (Eid & Shaltout, 2016; Ranieri *et al.*, 2020). La acumulación de contaminantes en las partes altas de las plantas como por ejemplo de metales pesados, podrían afectar la cadena alimentaria en animales y en humanos, por tanto, para generar una eficiencia en el proceso de depuración, es necesario que se complemente con otros mecanismos de fitorremediación (Garau *et al.*, 2021).

2.2.1.3 La Fitovolatilización. Tiene la función de absorber los contaminantes por la raíz, para luego ser metabolizados y transformados en compuestos volátiles que se transportan a las partes superiores de la planta (Limmer & Burken, 2016; Zhang *et al.*, 2020). Esta metabolización la realizan las plantas acaparando contaminantes al absorber agua y, a medida que estos se transportan desde la raíz a las partes altas, sufren una serie de reacciones químicas catabolizadas por sistemas enzimáticos que descomponen los contaminantes orgánicos volátiles en sustancias menos tóxicas (Asante-Badu *et al.*, 2020). En este proceso, la fitovolatilización puede desarrollarse mediante acción directa, lo que implica la captura, translocación, transformación y volatilización del contaminante mediante una absorción a través de las hojas y el tallo, mientras que la acción indirecta se realiza a través de la raíz (Garg & Paliwal, 2020; Nwoko, 2010).

2.2.1.4 La Fitodegradación. Consiste en degradar el contaminante luego de su captura,

proceso metabólico que tiene lugar en el interior de la planta a través de sistemas enzimáticos que reducen la toxicidad de la sustancia (Chlebek & Hupert-Kocurek, 2019; Dolphen & Thiravetyan, 2015). La metabolización se realiza mediante reacciones químicas catalizadas por enzimas como oxigenasas, deshalogenasas, entre otras, que se adhieren a la compleja estructura molecular del contaminante hasta su descomposición en estructuras más simples y menos tóxica (Sade, 2020). La modificación de la estructura molecular del contaminante, se debe a que las plantas realizan procesos de transporte a través del floema y efectuar reacciones químicas generalmente derivadas de compuestos orgánicos lipofílicos, haciéndolos solubles en agua para permitir la descomposición final de las sustancias de manera eficiente (Khan *et al.*, 2017; Kurade *et al.*, 2021).

2.2.1.5 La Rizofiltración. Utiliza la absorción y concentración de contaminantes como mecanismo reductor, esto hace que las plantas no solo dependan de procesos internos, sino también de microorganismos que pueden facilitar las reacciones metabólicas para hacer más efectivo el proceso de depuración (Kristanti *et al.*, 2021; Laghlimi *et al.*, 2015). La captura de los contaminantes se realiza por la acción de los microorganismos a través de la raíz de la planta sometida a un medio acuático, permitiendo la acumulación de sustancias inorgánicas tóxicas como plomo, cadmio, cromo, entre otras (Bisht *et al.*, 2020). La acumulación de los contaminantes en la raíz podría ser perjudicial si se utiliza como uso para la cadena alimentaria, sin embargo, se muestra como un buen bioindicador cuando se utilizan plantas ornamentales para evaluar sustancias tóxicas en fuentes hídricas (Sandoval *et al.*, 2019).

2.2.1.6 Mecanismos de Fitorremediación con Plantas Útiles en Huertos Escolares. Los mecanismos detallados de la fitorremediación son muy útiles para la depuración de contaminantes del aire, sin embargo, aún se necesita más investigación sobre las especies de plantas y su relación con la calidad del aire (Bandehali *et al.*, 2021). Algunas plantas han demostrado eficacia en

mecanismos de fitorremediación para la depuración de contaminantes del aire, como la *Chlorophytum comosum*, conocida como araña, cinta, entre otros nombres, la cual se ha caracterizado por remediar potencialmente contaminantes de formaldehído, monóxido de carbono y material particulado (Kim *et al.*, 2018; Paull *et al.*, 2020; Sharma *et al.*, 2019). La importancia de la planta *Chlorophytum*, es que tiene características interesantes, como resistencia a la sequedad, es de bajo costo, estéticamente es aceptable (Bandehali *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2021) y fácil de usar en la región de Cúcuta, Colombia.

La utilización de los huertos del entorno escolar con propósitos de descontaminación y conceptualizando la fitorremediación, es llevar al ser humano a participar en actividades pedagógicas que impliquen mejorar el impacto ambiental y, esto se puede promover mediante actividades educativas teórico – prácticas desarrolladas desde acciones aúlicas y convertidas en comportamientos sociales adecuados para proteger al medio ambiente. Una manera de enseñar esta pedagogía para desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales favorables al medio ambiente, es conectar al estudiante con los huertos, socializando lo que algunos autores han encontrado de la fitorremediación (Awotedu *et al.*, 2020; Moola *et al.*, 2021), indicando que las hojas, las raíces y los tallos son parte fundamental de las plantas en la captación, degradación y transformación de contaminantes, por ello, es importante no destruirlas y por el contrario ayudar a su conservación. Las actividades teórico – prácticas de niños y docentes usando el huerto de la escuela, implican una situación escolar cognitiva y actitudinal, pues al interactuar con la naturaleza, se puede reconocer que la transformación de los contaminantes es un mecanismo interno de las plantas que ayudan a mejorar la calidad ambiental (McCullough *et al.*, 2018).

2.2.2 Recurso Educativo con Huertos Escolares para Enseñar la Fitorremediación

La estructura escolar diseñada con plantas beneficia el proceso de enseñanza y aprendizaje en las instituciones educativas, permitiendo la adquisición de habilidades cognitivas y procedimentales mediante la experimentación de objetivos sostenibles para la solución de los problemas de contaminación y conservación del medio ambiente (Şimşek y Şenyiğit, 2020). Los huertos escolares están hechos de plantas utilizadas como recurso educativo, las cuales forman parte de una estructura escolar que permite exponer directamente la conexión de los docentes y estudiantes con la naturaleza, mostrándose como un medio relevante para captar la atención, generar conocimiento, mejorar el aprendizaje (McCullough *et al.*, 2018) y brindar un espacio escolar verde para recreación y descanso (Kuru *et al.*, 2020). La construcción de espacios escolares con plantas y un sistema de riego adecuado, se convierte en una herramienta pedagógica que favorece la participación de estudiantes y docentes, en habilidades constructivas que ayudan a la experimentación y elaboración de instalaciones verdes que generen perspectivas y destrezas para tener conciencia ambiental (Collado *et al.*, 2020; Erdman *et al.*, 2002).

2.2.3 Implicación Escolar en la Enseñanza de la Fitorremediación Usando Huertos como Recurso Educativo Natural

La implicación incluye la responsabilidad del docente en el proceso instruccional y la participación activa con los estudiantes en la implementación y mantenimiento de huertos, así como la adaptación de métodos teóricos y prácticos que generen conocimiento sobre la importancia de las plantas para la salud y conservación del medio ambiente (Gülen & Bozdoğan, 2021; Hazzard *et al.*, 2011). Al introducir nuevos conceptos teóricos y desarrollar la complementación práctica, se promueve la investigación en el aula, facilitando la exploración de situaciones en el entorno

escolar, sensibilizando sobre el impacto ambiental y promoviendo futuros cambios significativos de comportamiento ambiental (Gonsalves *et al.*, 2020; Ozer, 2007). Con la aplicación práctica de la fitorremediación en un ambiente escolar, se involucra la participación de docentes, estudiantes y de padres de familia, lo cual es importante para planear actividades colaborativas que ayuden a conservar las plantas en los huertos y generar acciones sociales que promuevan el atractivo que brindan evitando además ser destruidas (Huys *et al.*, 2017).

Por medio del reconocimiento y valoración de los beneficios del uso de las plantas a través de huertos en la escuela y la conceptualización de fitorremediación, se expresan experiencias de responsabilidad y protección a la naturaleza, que requieren de implementación de actividades curriculares asociadas a los problemas ambientales y reflexiones de sensibilización (Cheang *et al.*, 2020). Las actividades se desarrollan usando huertos para promover oportunidades de aprendizaje en los niños de la básica primaria (Fisher-Maltese *et al.*, 2018), ampliando así el concepto de beneficios que aportan las plantas cuando los estudiantes conocen los mecanismos de depuración de contaminantes a través de la fitorremediación. Esto involucra que el contexto escolar, el uso de las plantas, la implementación de la fitorremediación y el desarrollo de actividades de aprendizaje, pueden transformarse en experiencias prácticas causa-efecto que según Aydogan y Cerone (2021) y Ozer (2007), brindaría en los estudiantes un efecto conductual positivo cuando expresen posibles acciones sociales favorables al medio ambiente.

2.3 Análisis Conceptual en el Uso de Estrategias Pedagógicas

El desarrollo de habilidades en los estudiantes, incluye el uso de formas didácticas donde el docente implementa una formación pedagógica con novedosas estrategias de aprendizaje y de enseñanza (Senthamarai, 2018; Syaputra & Hasanah, 2022). Las estrategias de aprendizaje se

refieren a los recursos y procedimientos que el estudiante usa para adquirir lo que requiere aprender, mientras que las estrategias de enseñanza son las que el docente organiza y estructura para que los estudiantes puedan lograr el aprendizaje adecuado (Gonsalves *et al.*, 2020). Para mejorar el desarrollo de las habilidades cognitivas, procedimentales y conductuales de los estudiantes de educación primaria en conceptos ambientales, pueden ser de gran utilidad si se aplican actividades de reflexión individual y de trabajo colaborativo como estrategia para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje (Kochkorbaevna *et al.*, 2022; Lara-Perea, 2019).

El docente planifica su formación educativa teniendo como base el contexto local y global, para esto, requiere de acciones efectivas que difundan conocimientos, fomenten la motivación, promuevan un ambiente de enseñanza y aprendizaje interactivo positivo en el aula, desarrollando una investigación – acción desde un enfoque interdisciplinario (Gamboa-Mora *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2018). Las acciones educativas son actividades de aprendizaje que indiquen con profundidad en la formación integral del ser humano, incluyendo algunas estrategias, tales como; las charlas en el aula (Muhonen *et al.*, 2020), aprendizaje basado en el jardín (Williams *et al.*, 2018), laboratorio de aprendizaje (Graham *et al.*, 2005; Talano *et al.*, 2021), proceso de enseñanza-aprendizaje con base en contenidos de fitorremediación (Figueroa-Saavedra *et al.*, 2021), aprendizaje basado en desafíos comunitarios (Barbosa-Granados *et al.*, 2020), aprendizaje basado en proyectos (Ozer, 2007; Villanueva-Morales *et al.*, 2022), entre otros. La importancia de las actividades de aprendizaje con plantas es formar a los niños para la vida (McCarty *et al.*, 2018).

Las estrategias pedagógicas se pueden desarrollar mediante acciones educativas que el docente organiza para facilitar a los estudiantes una enseñanza con valores hacia el uso de la naturaleza (Arredondo-Velázquez *et al.*, 2018; Largo-Wight *et al.*, 2018). Las acciones utilizadas en la educación son: Lúdico-pedagógicas (Cortés & García, 2017), lectura (Bucher, 2017), uso de

tecnología (Lochner *et al.*, 2019), materiales didácticos (Liu *et al.*, 2020), juegos educativos (Tsai *et al.*, 2020), la Música (Hurtado-Soler *et al.*, 2020), títeres (Quiros, 2019), entorno natural (Khan *et al.*, 2020), danzas (Yetti *et al.*, 2021), reflexión con preguntas teóricas y prácticas (Jarpa *et al.*, 2017; Korthagen, 2010), entre otras. La característica principal de estas acciones es que el docente las pueda implementar, interactuando con los estudiantes de acuerdo a las condiciones y necesidades que requieren para recibir la enseñanza y mostrar aprendizajes desde lo cognitivo, constructivo y conductual (Figuroa-Saavedra, *et al.*, 2021).

Una manera de aplicar estrategias educativas en el aula, se basa en el uso de recursos didácticos establecidos a través de la utilización de medios naturales proporcionados por el entorno escolar y enfocándose en las actividades de los contenidos temáticos (Braun & Dierkes, 2017). El medio natural escolar y de conexión directa, fomenta la motivación, establece experiencias de interacción, genera estímulos, facilita la interpretación de la información y promueve actitudes interesantes en los estudiantes (McCullough *et al.*, 2018). La pedagogía con la instrucción de conceptos teóricos y directos con la naturaleza, beneficia a los estudiantes promoviendo habilidades de aprendizaje experimental (Kuo *et al.*, 2019; Liefländer & Bogner, 2018), análisis y reflexión sobre las situaciones de problemas del entorno y generar comportamientos más responsables con el medio ambiente (Adams & Savahl, 2017).

Una de las estrategias educativas que facilita la enseñanza y mejora el aprendizaje de manera interesante es el uso de la tecnología como videoconferencias y aplicaciones móviles (Buchanan *et al.*, 2018) que, mediante la utilización de programas digitales, los niños pueden tener prácticas y desarrollar habilidades relacionadas con temas de contaminación (Lamarra *et al.*, 2019). Si bien existen programas para elaborar animaciones y gráficos, el Storyboard se ha considerado como uno de más usados (Del Moral *et al.*, 2019), pues se puede utilizar una manera atractiva para

crear diversas historietas fomentando el desarrollo reflexivo y pensamiento creativo (Whiting, 2020). Los programas digitales como el Storyboard, permiten a los niños interactuar de forma dinámica y ayudan a promover la motivación del aprendizaje para la protección del medio ambiente (Angelone, 2021; Shonfeld *et al.*, 2021).

El aprendizaje puede ser evaluado secuencialmente mediante la forma diagnóstica, formativa y sumativa, lo que permite medir el antes, durante y el después de la sección de formación pedagógica (Saeed *et al.*, 2018). La evaluación diagnóstica puede determinar el nivel preliminar de conocimiento del estudiante sobre un tema en específico (Delgado-Lucas *et al.*, 2019); la formativa se utiliza para valorar el desempeño de las actividades de enseñanza y aprendizaje (Menéndez-Cevallos *et al.*, 2019), mientras que las sumativas se utilizan para estimar el cumplimiento de las metas establecidas en el proceso educativo a través de un juicio evaluativo (Broadbent *et al.*, 2018). La evaluación en la formación pedagógica también se complementa con procedimientos como el uso de técnicas e instrumentos, que se utilizan para recolectar la información de los estudiantes antes, durante y después del proceso educativo (Gallardo, 2021; Kaltakci-Gurel *et al.*, 2015).

La aplicación de diversas estrategias educativas para el desarrollo de actividades de aprendizaje en momentos pedagógicos y en conexión con la naturaleza, facilitan el enfoque a los contenidos temáticos de algunas asignaturas como las matemáticas, ciencias naturales, lenguaje, entre otras (Lohr *et al.*, 2022). Acercamientos temáticos teórico y prácticos conectados con la naturaleza, pueden evaluarse con la disposición de técnicas e instrumentos necesarios para lograr un aprendizaje ambiental significativo (Orenes-Cárceles *et al.*, 2022). Con base en la importancia de estrategias educativas para mejorar el aprendizaje en los estudiantes de educación primaria, el uso de las disciplinas científicas y la proyección del docente-estudiante en el proceso educativo, resultan una interesante oportunidad para determinar la apropiación de nuevos conocimientos

(Klaassen, 2018).

2.3.1 Disciplinas Científicas

La dificultad para desarrollar buenas habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales frente a problemas ambientales, así como carecer de recursos didácticos para establecer una educación ambiental de calidad, han propiciado a la utilización de medios naturales y estrategias de enseñanza y aprendizaje con enfoques interdisciplinarios, incorporando nuevos conceptos desde diversas perspectivas (You, 2017). Enseñar de manera interdisciplinaria implica usar dos o más áreas del conocimiento, por ejemplo, tomar patrones específicos que pueden servir como términos y construir significado sobre ellos, lo que permite integrar conceptos de manera general y mejorar la comprensión de algún tema en particular (Laham *et al.*, 2020; Munkebye *et al.*, 2020). La integración de las ciencias del conocimiento, genera una forma práctica para ser articulada en los planes de estudio, ya que el enfoque de los contenidos temáticos orientados desde distintas áreas facilita a los estudiantes el acceso a nuevos conocimientos (Aziz *et al.*, 2017).

La conexión natural del entorno escolar y la aplicación de estrategias didácticas para enseñar contenidos programáticos de distintas áreas del conocimiento como matemáticas, ciencias, lenguaje, entre otras, hacen que la educación sea más dinámica y motivadora para el estudiante (Christensen & Wistoft, 2019). Elaborar escalas, calcular el espacio entre las plantas y volúmenes de riego, son algunos temas de interés usando la naturaleza con enfoques matemáticos, mientras que desde las ciencias naturales se puede enseñar a través de la comprensión de los fenómenos y las propiedades del agua, las plantas, el suelo, para que generen experiencias significativas de cuidado a la naturaleza (Lohr *et al.*, 2021; Williams *et al.*, 2021). Este uso de la naturaleza hace posible combinar el recurso educativo natural con el sistema de instrucción que realice el docente,

de modo que el estudiante desarrolle actividades teóricas y prácticas capaces de proporcionar la mejora de las habilidades para la toma de decisiones y soluciones a los problemas ambientales (Austin, 2021; López *et al.*, 2020).

2.3.2 Proyección Docente-Estudiante

Se refiere a los planes didácticos para que los docentes enseñen a los estudiantes, cuyo propósito es usar el huerto escolar para instruir el tema de la fitorremediación como una alternativa educativa experimental. En el huerto, el docente puede utilizar plantas para describir el mecanismo de depuración de contaminantes y mejorar las condiciones de un entorno, transferir conocimientos teóricos y prácticos, para mejorar la comprensión de los problemas ambientales y encontrar posibles soluciones (Brilli *et al.*, 2018). La planeación de tipo pedagógica, permite al docente organizar y estructurar el proceso de enseñanza, estableciendo parámetros de desarrollo cognitivo, procedimental y actitudinal, necesarios para llevar a cabo actividades de aprendizaje en interacción con la naturaleza (Glaab & Heyne, 2020; Schutte *et al.*, 2017; Zelenika *et al.*, 2018).

Las actividades de aprendizaje son propuestas por el docente con el objetivo de orientar al estudiante en la participación e integración de experiencias (Akerson *et al.*, 2019) y para este estudio, se refiere a la incorporación de términos de fitorremediación, conceptualizando y describiendo los mecanismos depurativos de las plantas. La introducción de terminología moderna en la educación beneficia a los estudiantes para obtener habilidades cognitivas críticas (Renatovna, 2019), lo que representa una forma positiva de conceptualizar los mecanismos de fitorremediación aplicados a la educación primaria. La orientación consiste en la estructura de actividades teóricas y experimentales que realiza el docente para que el estudiante las desarrolle (Ambusaidi & Al-Alawi, 2019) y, mediante un seguimiento instruccional y evaluativo, describe cómo elaborar y

aplicar los conocimientos para obtener resultados de aprendizaje.

2.4 Análisis Conceptual en la Estimación del Aprendizaje

El aprendizaje en la educación primaria se puede adquirir mediante el enfoque de una enseñanza cognitiva, procedimental y actitudinal en conexión con la naturaleza, permitiendo a los estudiantes mejorar la comprensión de las situaciones reales que ofrece el entorno escolar (Uzcátegui-Lares y Albarrán-Peña, 2020). La conexión directa entre docentes, estudiantes y naturaleza, es una relación valiosa utilizada en el desarrollo de actividades pedagógicas con técnicas e instrumentos para medir los resultados de aprendizaje de los estudiantes (Suárez-López *et al.*, 2021). Mediante la técnica se recolectan datos que permiten el hallazgo de conceptos interesantes por parte de los estudiantes, mientras que con el instrumento se estiman las percepciones que tienen sobre el tema en particular (Pérez-Pino *et al.*, 2017).

2.4.1 Asocia-Analiza conceptos y propiedades

Al integrar conceptos y propiedades de los mecanismos de depuración que brindan las plantas mediante la fitorremediación (Bandehali *et al.*, 2021), se pueden analizar las ideas expresadas por los estudiantes a través de la teoría, la experiencia práctica y asociar la información relacionando el comportamiento de actitudes (Graham *et al.*, 2005 y Papadopoulou *et al.*, 2020). Los estudiantes memorizan información al analizar situaciones en el entorno escolar y mejoran la comprensión del impacto de la naturaleza al proporcionar efectos positivos psicológicos (Aydogan & Cerone, 2021), lo que ayuda a evaluar el desempeño social y proporciona una cultura ambiental que se adapta a las necesidades del entorno. Al asociar conceptos que representan la experiencia y la interacción con las plantas en el ambiente educativo, los estudiantes pueden recibir estímulos que generan respuestas para interpretar información y promover acciones sociales de protección

ambiental (Pires-De Sousa & Núñez-García, 2019).

2.5 Análisis Conceptual de Técnicas, Instrumentos y Análisis de Datos Cualitativo

El uso de las técnicas e instrumentos se aplican de acuerdo con la experiencia del docente, las necesidades educativas y el entorno escolar (Liviú & Liliana, 2018). Las técnicas son procedimientos que miden y evalúan el aprendizaje de los estudiantes mediante la observación, medición, autoevaluación y coevaluación, mientras que los instrumentos es la evidencia física o digital que se obtiene para comprobar la facilidad o dificultad relacionada con la planificación de la enseñanza y el aprendizaje (Saeed *et al.*, 2018). Para la medición y evaluación del aprendizaje, se pueden utilizar criterios de desarrollo cognitivo conceptual (Schutte *et al.*, 2017), procedimental o constructivo (Glaab & Heyne, 2020) y actitudinal (Gao, 2018; Zelenika *et al.*, 2018), que basados en las actividades de aprendizaje se enfoquen en la estructuración e incorporación de nuevos conocimientos.

Las técnicas en la formación integral de los estudiantes como la observación, consiste en evaluar los comportamientos observables, entre las que se encuentran, la directa, participante y la no participante (Ciesielska *et al.*, 2018; Jorgensen, 2020). En la observación directa, el docente observa a los estudiantes sobre algún hecho o situación académica en particular y recolecta los datos; en la observación participante, el docente interactúa con el estudiante durante los momentos de enseñanza para generar apreciación, evaluar y registrar los datos observados; mientras que, en la observación no participante, el docente no participa en actividades académicas con los estudiantes, pero realizan evaluaciones. Esta técnica ha despertado interés en docentes, porque ayuda a observar el comportamiento de los estudiantes a través de las actividades escolares que se enseñan a partir del uso de huertos (Dyg & Wistoft, 2018).

Otras técnicas utilizadas incluyen entrevistas, experimentos, portafolios, entre otros (Kavanaugh, 2017; Lohr, *et al.*, 2021), y los instrumentos pueden ser listas de chequeo, guía de preguntas, material experimental, notas anecdóticas, entre otras (Katz, 2009; Pérez-Pino *et al.*, 2017; Suto & Ireland, 2021). Las entrevistas son formatos que contienen preguntas establecidas por el investigador para la búsqueda de información, estas se clasifican en: Semiestructurada, estructurada y no estructura; en el caso de la semiestructurada tiene un esquema de preguntas abiertas formulado por el investigador para que sea diligenciado de forma común a todos los entrevistados con respuestas no similares, mientras que la estructurada se fija en preguntas abiertas o cerradas formuladas específicamente para obtener respuestas similares (Adhabi & Anozie, 2017). Tanto las técnicas y los instrumentos son utilizados por los docentes como medidas para evaluar conceptos, medir actitudes, evaluar entornos, entre otras (Catalano & Marino, 2020) y la información recolectada, permite identificar y correlacionar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, lo que es de gran ayuda para determinar el uso del entorno educativo natural (Burt *et al.*, 2017).

El uso de algunas técnicas pueden significar el aprovechamiento de algunas investigaciones como por ejemplo: La Observación; incluye la ubicación del huerto y los tipos de plantas (Holmes *et al.*, 2021), la entrevista; para explorar los cambios comportamentales que proporciona el uso de los huertos en los estudiantes (Lohr *et al.*, 2020; Shaughnessy *et al.*, 2017), experimentos; para comprobar los mecanismos de depuración que poseen las plantas (Jagannathan *et al.*, 2019), entre otras (Moscoso-Loaiza & Díaz-Heredia, 2018; Taylor, *et al.*, 2021; Volodina *et al.*, 2021).

Los instrumentos como: Lista de chequeo; es un formato utilizado para controlar y evaluar el cumplimiento y el aprendizaje o no (criterio de evaluación), de determinadas actividades

educativas, es decir, es una hoja de control para evaluar a los estudiantes los aprendizajes conceptuales, conductuales y procedimentales a través de las evidencias de su desempeño o producto observable (Hong *et al.*, 2020; Laurie *et al.*, 2017; Livia-Segovia & Ortiz-Morán, 2008), guía de preguntas; se utiliza para explorar el conocimiento del tema y el uso del entorno (Fisher-Maltese *et al.*, 2018), material experimental; se utiliza como el medio para pruebas y experimentos educativos (Burt *et al.*, 2017), entre otras (Roseman *et al.*, 2020; Wallace, 2019). Otros instrumentos usados son el uso del huerto como material experimental (Tripathy, 2018), técnicas grupales, mapas conceptuales y preguntas sobre procedimientos planteadas para indagar sobre la importancia de las plantas en la descontaminación y conservación natural (Marker & Zimmerman, 2020; Papadopoulou *et al.*, 2020; Veldman *et al.*, 2020). Lo anterior, busca estimar la comprensión teórica y experimental de los estudiantes en la depuración de las plantas para reducir los contaminantes en el entorno escolar (Barmpareos, *et al.*, 2018).

2.5.1 Software para Análisis de Información

Existen algunas herramientas para el análisis de datos cualitativo que son usadas por muchos autores para expresar los resultados de sus estudios de una manera no numérica (Elliott, 2018; Freitas *et al.*, 2017; O’Kane *et al.*, 2021; Smit & Scherman, 2021). Estas herramientas permiten al investigador disponer de *software* asistidos por computadora para realizar funciones básicas de procesamiento de información, como la creación, codificación y exportación de datos a un ordenador para generar análisis de contenido (Kuckartz & Rädiker, 2019). Para el procesamiento y análisis de datos cualitativos se requieren transcripciones de entrevistas o grupos focales, protocolos de observación, discursos, entre otros, donde el investigador se apropia de habilidades en el manejo del *software* y ordena, organiza y transforma los datos mediante representaciones visuales que facilitan la comprensión de los análisis de resultados (Paulus &

Lester, 2020).

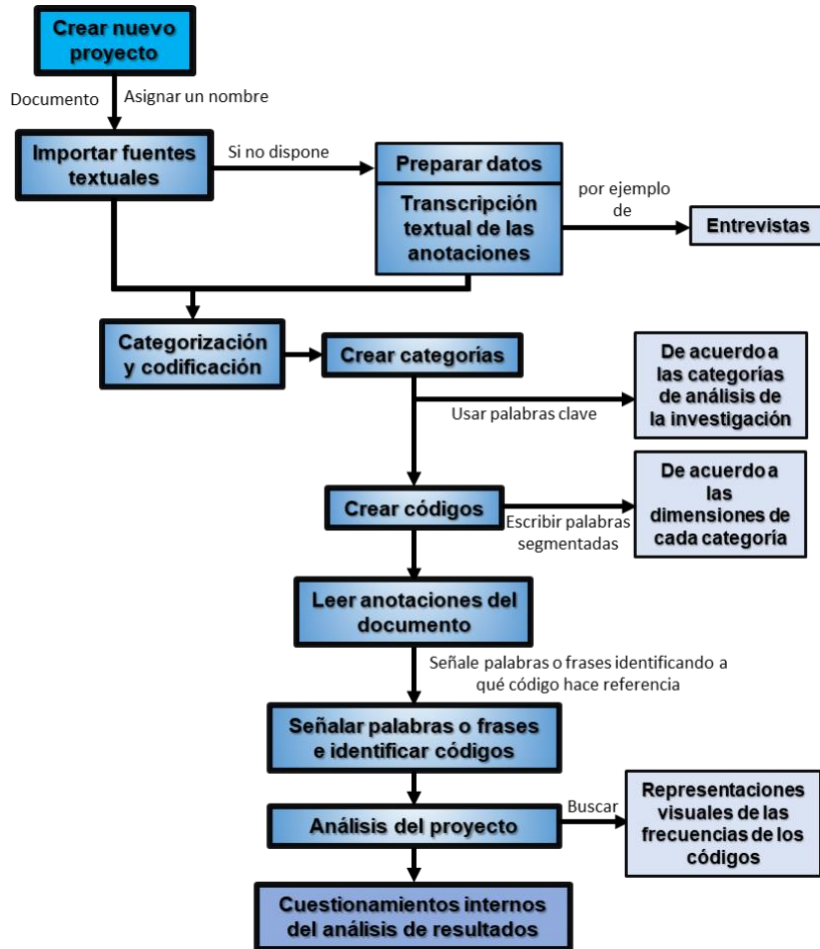
La obtención de una representación visual de la información recolectada que en ocasiones no se logra tener mediante el uso de instrumentos estandarizados, permite generar ayudas para observar, analizar y generar discusiones exhaustivas de los resultados (Rädiker y Kuckartz, 2021). En la investigación cualitativa resulta importante comparar y contrastar la información recabada, procedimientos de análisis que se pueden realizar con técnicas como la triangulación, lo que garantiza mayor precisión, confiabilidad y validez de los hallazgos obtenidos (Rofiah & Bungin, 2021). Si bien la triangulación puede clasificarse en metodológica, de investigadores, de teorías y de datos, el interés de este estudio surge en la triangulación de datos, porque brinda la oportunidad de comparar y contrastar información recolectada de distintos momentos de la actividad educativa en diferentes sedes escolares (Flick, 2018).

2.5.1.1 Software QDA Miner Lite v2.08. Es un *software* que permite al investigador utilizar tecnología para analizar datos textuales como transcripciones de entrevistas, respuestas abiertas, discursos, entre otros (Chandra & Shang, 2019; Lewis & Maas, 2007). La función de esta herramienta es codificar, hacer anotaciones, recuperar códigos de datos y generar representaciones gráficas de las relaciones entre códigos, para establecer descripciones congruentes de los resultados obtenidos en las entrevistas y desde diversas formas narrativas, la interpretación y comprensión del nuevo conocimiento (Lorenzetti *et al.*, 2020; Moser & Korstjens, 2018). La selección de este *software* para estudios cualitativos, se debe a que permite encontrar la esencia de los datos recolectados, tratando de explicar las diferentes interpretaciones de los participantes y estableciendo discusiones interesantes de las mismas para dar sentido a los resultados encontrados (Adu, 2019; Williams & Moser, 2019).

2.5.1.1.1 Pasos para Crear un Documento en QDA Miner Lite. El primer paso es crear un nuevo proyecto, asignar un nombre al documento e importar los datos existentes, que deben prepararse mediante transcripción textual de las anotaciones si no están disponibles, por ejemplo, de una entrevista (Adu, 2019). El segundo paso es la categorización y codificación, acá se asignan palabras clave para conceptualizar las categorías de la investigación y se crean códigos utilizando palabras clave segmentadas para cada categoría (LaPan, 2013; Lorenzetti *et al.*, 2020). El tercer paso consiste en leer el documento con las anotaciones transcritas, luego seleccionar palabras o frases en ese documento, identificar y registrar el código al que hace referencia, es decir, se identifica y se señala el fragmento de anotación que se requiere codificar, y finalmente, se busca en la ventana de gráficos la representación visual que se genera de las codificaciones registradas, analizando las frecuencias de los códigos y cuestionando internamente estos resultados (Adu, 2019). La figura 5 muestra un esquema de los pasos para crear el documento usando el *software* QDA Miner Lite.

Figura 5

Descripción del esquema paso a paso para uso del QDA Miner



Nota. Elaboración propia.

2.5.1.2 Software Análisis Formal de Conceptos. El análisis formal de conceptos (FCA, del inglés *Formal Concept Analysis*) es una técnica que se usa para análisis de datos propuesta por Wille (2009) y aplicada por Bedek y Albert (2015), Fan *et al.* (2019) y Singh (2018). Aunque existen muchas técnicas para analizar datos, la ventaja de usar el FCA es que consiste en la búsqueda de objetos (*A*) y atributos (*B*) con una relación binaria (*R*). Se entiende como concepto, a un subconjunto de objetos (extensión) caracterizados únicamente por un subconjunto particular

de atributos (intensión) y que, a su vez, únicamente caracterizan el conjunto dado de objetos (Braud *et al.*, 2021; Ganter & Wille, 2012). Los conceptos se organizan por la incorporación de sus extensiones e intenciones, lo que permite llevar a un diagrama llamado retículo de conceptos (Hong-Pak *et al.* 2020).

Con el uso del FCA se tiene la ventaja que las relaciones entre los atributos se puedan encontrar como implicaciones y asociaciones (Braud *et al.*, 2021; Ganter & Wille, 2012). El tipo de relaciones son de forma $\{a_1, a_2, \dots\} \Rightarrow \{a_4, a_5, \dots\}$, siendo a_i el atributo de i . Por consiguiente, para este estudio, las relaciones se pueden establecer entre los estudiantes que conforman los grupos focales de educación primaria como objetos y las variables o indicadores de evaluación como atributos. La decisión de seleccionar esta herramienta de análisis permite al investigador de metodología cualitativa encontrar la esencia de los datos recolectados, tratando de explorar las interpretaciones que se derivan de los criterios de evaluación y estableciendo asociaciones interesantes que puedan dar sentido a los resultados encontrados en relación con el tema de estudio.

2.5.1.2.1 Contexto Formal. La técnica del FCA inicia con la construcción de una matriz de datos denominada contexto formal. La matriz contiene filas donde se coloca la extensión y en las columnas corresponden la intención. La matriz se caracteriza por entradas que son 1 (x) o 0 (\emptyset); es decir, que si la entrada para la fila a y la columna b es 1 (x), indica que el atributo en b caracteriza al objeto en a , lo contrario la entrada es 0 (\emptyset). Construido el contexto, todos los posibles conceptos se encuentran, teniendo en cuenta que para este estudio las extensiones son los participantes y las intenciones los indicadores de evaluación.

Para ilustrar la construcción de un contexto formal se muestra en la tabla 1 el siguiente ejemplo: Se tiene una matriz de datos donde el conjunto de objetos se muestra con grupos focales

de los grados de escolaridad primaria en las tres sedes de estudio así: $\{SG1, GG4, \dots, PG5\}$ sobre lo que se han observado las siguientes propiedades $\{item-1, item-2, \dots, item-4\}$, dando como resultado una relación que se muestra en la tabla 5.

Tabla 1

Ejemplo del contexto formal

	Item-1	Item-2	Item-3	Item-4
SG1	X			
SG2	X			X
GG4	X	X	X	X
GG5	X	X	X	X
PG4		X		X
PG5		X		X

Nota. La tabla muestra el ejemplo de un contexto con 6 grupos focales como objetos y cuatro ítems como propiedades a esos objetos.

El ejemplo anterior, muestra 6 objetos que representan los grupos focales del estudio y 4 ítems que corresponden a las propiedades que caracterizan a estos grupos focales representados por la presencia o ausencia en el cumplimiento y aprendizaje de la implementación de la fitorremediación. Un ejemplo se muestra con el grupo focal etiquetado *PG5* que indica que se caracteriza por asociar el aprendizaje a partir de los ítems 2 y 4. Nociones interesantes que usan del FCA en términos matemáticos se definen según Ganter y Wille (2012) y Ganter *et al.* (2019) así:

Definición 1. Se denomina contexto formal a una terna (A, B, R) , donde A es el conjunto de objetos (extensión) y B el conjunto de atributos (intensión). Una relación binaria R sobre A y B es un subconjunto del producto cartesiano $A * B$. Cuando a y b están asociadas por R , se identifica mediante aRb , lo que indica que el grupo focal en estudio a posee la propiedad b , donde $a \in A$ y b

$\in B$. El FCA analiza el contexto proporcionado y busca conceptos (conceptos formales). Se entiende por concepto formal a la derivación M' y N' que indican dos conjuntos arbitrarios $M \subseteq A$ y $N \subseteq B$. M' es el conjunto de todas las propiedades en B compartidas por los indicadores de evaluación que muestran el aprendizaje por los grupos focales de M' y N' , donde, todos los grupos focales en A que tienen todas las propiedades de N , como se muestra a continuación:

Definición 2. Sea M un conjunto de objetos y N un conjunto de atributos, se define así:

$$M \alpha M' := \{b \in B \mid aRb \forall a \in M\},$$

$$N \alpha N' := \{a \in A \mid bRa \forall b \in N\}.$$

Definición 3. Sea A un conjunto de objetos y B un conjunto de atributos. Un concepto formal G de un contexto formal $C = (A, B, R)$, se define como un par (E, I) , donde:

$E \subseteq A$, $I \subseteq B$, $E = I'$ e $I = E'$. E e I son denominados la extensión e intensión del concepto forma (E, I) , respectivamente.

Se usa un contexto formal, teniendo en cuenta la información contenida en la tabla 1 y las definiciones anteriores, donde se exploran los posibles conceptos, es decir, para el caso de este estudio, un concepto asocia todos los grupos focales caracterizados exclusivamente por las propiedades que ellos comparten y esas propiedades sólo pueden caracterizar únicamente a los grupos focales del concepto. Se determina que, para el contexto formal de la tabla 1 se generan 6 conceptos formales como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2*Conceptos formales del contexto de la tabla 1*

No.	Concepto (extensión, intensión)
1	(\mathcal{A} , {Item-1, Item-2, Item-3, Item-4})
2	({GG4, GG5, PG4, PG5}, {Item-2, Item-4})
3	({GG4, GG5}, {Item-1, Item-2, Item-3, Item-4})
4	({SG2, GG4, GG5, PG4, PG5}, {Item-4})
5	({SG1, SG2, GG4, GG5}, {Item-1})
6	({SG2, GG4, GG5}, {Item-1, Item-4})

Nota. Elaboración propia.

Un ejemplo de la tabla 2 se determina en el concepto 5 que muestra los grupos focales *SG1*, *SG2*, *GG4* y *GG5* se asocian con el criterio de evaluación correspondiente al Item-1, sin embargo, el concepto 3 indica que, de los cuatro grupos focales anteriores, solo *GG4* y *GG5* se asocian además con los criterios de evaluación de los Item-2, Item-3 y Item-4.

2.5.1.2.2 Retículo de Conceptos. Se define como un diagrama de líneas que muestra la estructura jerárquica de las asociaciones (Ferré & Cellier, 2020; Missaoui & Emamirad, 2017). Según Eklund, *et al.* (2004) y Rodríguez y Zárate (2020), el diagrama contiene líneas y nodos y, desde un punto de vista matemático, el retículo de conceptos se define como un gráfico de conjuntos parcialmente ordenados revelados por un diagrama de *Hasse* (Prasad *et al.*, 2020), que representan asociaciones de orden (Pemmaraju & Skiena, 2003; Ferré & Cellier, 2020). Para ampliar la relevancia de la teoría de orden, se realiza las siguientes descripciones:

Definición 4. Sea X un conjunto y \leq una relación binaria en X , entonces \leq es una relación de orden si para cada $x, y, z \in X$, se satisface:

1. $x \leq x$

2. $x \leq y$ y $y \leq x$, entonces $x = y$

3. $x \leq y$ y $y \leq z$, entonces $x \leq z$

Si $x \leq y$ se lee “ x precede a y ” o “ x es anterior a y ”

Se dan dos elementos x, y de un conjunto X en el que se define una relación de orden y se refiere a que son comparables si uno de ellos es anterior al otro. En caso opuesto serán incomparables. En este caso, la definición 5 y 6 la describen así:

Definición 5. Si x, y pertenecen a X , x, y son comparables $\Leftrightarrow x \leq y \vee y \leq x$.

Definición 6. Si x, y pertenecen a X , x, y no son comparables $\Leftrightarrow x \not\leq y \wedge y \not\leq x$.

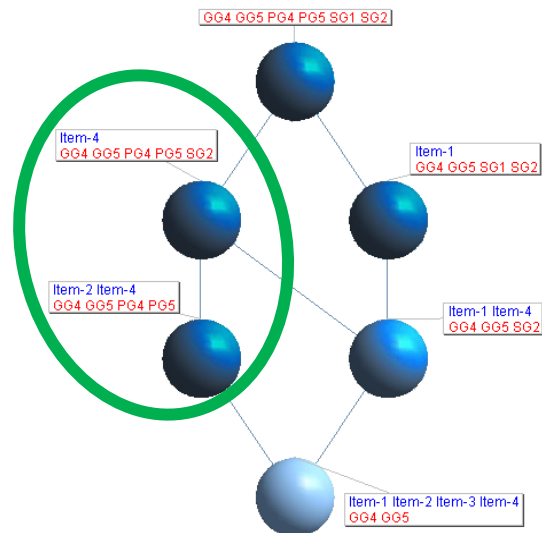
El retículo de conceptos que se genera por el contexto de la tabla 1 se muestra en la figura 6. Acá se describe qué: Un subconcepto de un concepto implica que la extensión del subconcepto está contenida en la extensión del concepto, donde la relación entre la intensidad del subconcepto que contiene la intensidad del concepto es similar y, esto es llamado relación subconcepto-súperconcepto, donde se formaliza matemáticamente en la definición 7.

Definición 7. Sean $(E1, I1)$ y $(E2, I2)$ dos conceptos. Se define un orden de conceptos de la siguiente forma:

$$(E1, I1) \leq (E2, I2) :\Leftrightarrow E1 \subseteq E2 (\Leftrightarrow I1 \supseteq I2)$$

Figura 6

Retículo de conceptos generados del contexto de la tabla 1

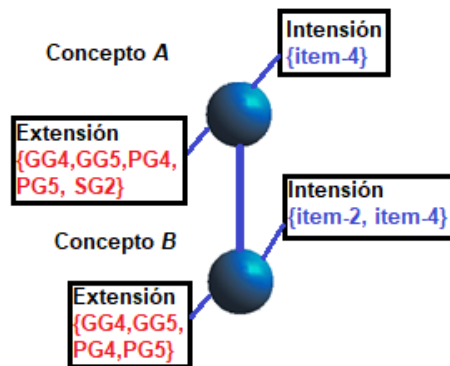


Nota. Figura extraída del *software Lattice Miner*. Tomado de Missaoui & Emamirad (2017).

La figura 6 muestra un diagrama que contiene nodos que representan un concepto y líneas que indican una relación de orden entre dos conceptos, donde, el nodo que supera está ubicado por arriba del nodo que precede, indicando que los objetos de un concepto se heredan de arriba a abajo, o lo que puede ser lo mismo, un concepto tiene todos los objetos que estén bajo él y todos los atributos que estén sobre él. La figura 7 ilustra la relación subconcepto-súperconcepto que muestra la extensión del concepto *B* es un subconjunto del concepto *A*, y la intensión del concepto *B* es un súperconcepto del concepto *A*.

Figura 7

Relación subconcepto-súperconcepto del retículo de conceptos de la figura 6



Nota. La figura representa los atributos y objetos que se agrupan en una relación subconcepto-súperconcepto.

2.5.1.2.3 Aplicaciones del FCA. Esta técnica se ha usado en investigación cualitativa para analizar datos explorando información mediante el uso del retículo de conceptos. Una manera cualitativa de aplicarla en aspectos educativos ha sido: Utilizando un ambiente escolar de tutoría en línea para encontrar grupos de impacto de aprendizaje relevantes entre los estudiantes (Muangprathub *et al.*, 2020); para explorar el análisis del aprendizaje de los estudiantes y visualizar las agrupaciones de respuestas obtenidas a partir de un conjunto de preguntas formuladas pedagógicamente por los docentes (Kickmeier-Rust *et al.*, 2016); a fin de estudiar la clasificación de conceptos con los estudiantes como objetos y las respuestas a las preguntas como atributos, analizando la información a través del retículo de líneas generados por el FCA (Amzil & Ghazi, 2021); para la triangulación de datos generando conceptos formales para encontrar intersecciones de atributos y objetos y analizar resultados (Busch & Richards, 2000; Rofiah & Bungin, 2021). Aunque le han dado un uso cualitativo a esta técnica, ninguno de los autores ha considerado los

beneficios de estudiar y analizar los resultados de aprendizaje, mediante la valoración de cumplimiento o no del desempeño y de producto del estudiante en las actividades educativas.

2.6 Marco Referencial

Ante las dificultades de desarrollo cognitivo y procedimental de los estudiantes para resolver problemas ambientales, Austin (2021) detalló las experiencias y motivaciones de docentes que instruyen a niños en programas de huertos escolares en seis escuelas de Dublín. El estudio de este autor usó un enfoque cualitativo incorporando la entrevista para recolectar información y el método comparativo para el análisis utilizó el *software* NVIVO. El autor encontró que los huertos son lugares utilizados por los estudiantes para leer, descansar, compartir vivencias con otros compañeros, trabajar especialmente en días soleados, entre otras, concluyendo que los docentes manifiestan actitudes positivas de disposición para promover el aprendizaje usando la conexión natural y su uso como recurso para desarrollar habilidades procedimentales a través de interacción social y habilidades racionales para cuidar la naturaleza.

En un estudio realizado por Sageidet *et al.* (2018) compararon el potencial de acciones actitudinales de los niños con acceso a la naturaleza en tres ciudades distintas Stavanger (Noruega), Mumbai (India) y Cardiff (Gales). Los autores recopilaban información cualitativa utilizando métodos fenomenológico y hermenéutico basado en la teoría del aprendizaje situado y aprendizaje basado en el lugar, a través de experiencias en actividades prácticas y valores ambientales. Se encontró diferencias entre las tres ciudades, debido a que la expansión urbanística implica menor contacto con la naturaleza, así mismo, los niños con cercanía a jardines manifiestan actitudes de curiosidad por conocer y apreciar los espacios naturales y en conclusión, los huertos en las ciudades, brindan a los niños la oportunidad de desarrollar y compartir habilidades actitudinales,

por ejemplo en situaciones de diversión y juegos con amigos.

En una escuela en Chipre, Christodoulou y Korfiatis (2019) estudiaron el efecto de las actitudes de los niños expresadas en motivaciones y participación ambiental a través de un proyecto de huerto escolar. Los autores recolectaron información a través de un cuestionario y lo analizaron con base en estadísticas descriptivas para examinar si los estudiantes adquieren habilidades cognitivas y procedimentales después de la participación en el proyecto del huerto escolar. Encontraron que las niñas están más motivadas por el medio ambiente a través de la conexión con el huerto en comparación con los niños, considerando la participación en actividades para decoraciones del jardín, concluyendo que el proyecto del huerto escolar, permite promover en los estudiantes actitudes que se reflejan en la motivación y participación de acciones ambientales adecuadas.

En siete escuelas de España, Collado *et al.* (2020) estudiaron el efecto de incorporar un programa de instrucción ambiental basado en la naturaleza y su impacto en las acciones actitudinales efectivas de los niños para responder a la protección del medio ambiente. Este estudio utilizó un análisis estadístico descriptivo y mediante la encuesta de percepciones ambientales midieron las creencias cognitivas y las posturas efectivas de la educación ambiental de los niños. De los hallazgos obtenidos, el efecto positivo después de la instrucción, se manifiesta con una mayor participación en actividades escolares que mejoran el comportamiento ambiental, concluyendo que los programas de educación ambiental con exposición basada en la naturaleza, robustecen el desarrollo cognitivo ambiental de los niños.

En Inglaterra, (Barrable & Booth, 2022), utilizaron la entrevista asistida por computadora para recolectar información sobre la baja actitud positiva que tenían los individuos en toda

Inglaterra entre los años 2009 y 2019 debido a la desconexión con la naturaleza. Los autores usaron un sistema de medición psicométrico que consistió en diagnosticar por qué se produce la desconexión de los individuos con la naturaleza, encontrando que las personas más jóvenes tenían una tendencia a desconectarse más del mundo natural, explorando a profundidad comportamientos pasivos por la falta de experiencias en los espacios naturales. En este estudio los autores concluyen que las actitudes personales están asociadas potencialmente a las experiencias en relación con la conexión a la naturaleza.

En Alemania Pollin y Retzlaff-Fürst (2021) estudiaron la importancia del desarrollo de habilidades cognitivas y afectivo-emocionales de los niños cuando experimentan el aprendizaje con exposición directa a la naturaleza. El método aplicado por los autores fue la investigación basada en el diseño, donde utilizaron el huerto escolar como un recurso para enseñar de manera teórica y práctica el uso y necesidades de las plantas y suelos para jardinería, explorando la intensidad percibida de emociones, la interacción y comportamiento satisfactorio de los niños con la naturaleza. Los autores encontraron en los niños acciones actitudinales positivas expresadas en emociones de felicidad y en la comunicación de sus saberes, concluyendo que la transmisión de conocimientos a otros compañeros, son conductas favorables que incrementan sus habilidades sobre lo aprendido en el uso de los huertos, sin embargo, se observaron emociones negativas por hallazgos de arañas lombrices, entre otros, por esta razón, una buena instrucción de conceptos relacionados con actividades de aprendizaje en huertos escolares, proporciona estímulos emocionales que se reflejan en el comportamiento social de los niños.

En varias escuelas de primaria de Canadá, Sivarajah *et al.* (2018) estudiaron las habilidades actitudinales del estudiante según su capacidad cognitiva de análisis sobre entornos escolares más arborizados. Los investigadores utilizaron fotografías aéreas para explorar la cobertura de

vegetación del entorno escolar y el índice de oportunidad de aprendizaje compuesto por información sociodemográfica, económica, niveles de educación, entre otras, para evaluar el conocimiento de los estudiantes sobre conductas de desempeño efectivo en relación al contexto arborizado. Se encontró que los árboles en las escuelas son atractivos para las actividades académicas y los niños desarrollan actitudes más competentes hacia el medio ambiente, concluyendo que estas manifestaciones responden al interés, motivación y participación grupal más alegre que reflejan condiciones enérgicas de salud favorable en ambientes arborizados, esto ocurre, porque otros autores ya han encontrado que estas actitudes son respuestas a ambientes agradables debido a la disminución de ruido y descontaminación del aire (Feng & Astell-Burt, 2017; Koprowska *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2020), situación que brinda un entorno de tranquilidad para el organismo humano.

Marques-Souza y Cuéllar-Padilla (2021), realizaron un estudio en una escuela de la ciudad de Huasco, Chile estudiando las experiencias sobre el uso del huerto escolar y su relación con la solución de problemas que acontecen en su espacio. Este estudio utilizó una muestra de 28 estudiantes donde se aplicó la entrevista semiestructurada y un taller de trabajo, luego se realizó un análisis de tipo interpretativo usando el *software* Atlas ti. Se encontró que el huerto es una herramienta innovadora, porque se emplea como recurso pedagógico para enfocar los problemas y soluciones del entorno mediante el desarrollo de prácticas educativas, concluyendo que, fortalece las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales manifestadas en el desarrollo de un pensamiento crítico más constructivo para reconocer, plantear, tomar decisiones y resolver problemas que se generan desde su entorno.

En Perú, López *et al.* (2020), observaron que en una institución educativa de Pillao, las competencias en biodiversidad solo abordaban aspectos teóricos, mostrando vacíos conceptuales,

procedimentales y actitudinales y, plantearon resolver el problema incluyendo el uso de biohuertos como recurso pedagógico para introducir la biodiversidad mediante una enseñanza y aprendizaje teórico-práctica. Se aplicó un diseño cuasiexperimental con una muestra de 23 estudiantes en dos grupos, uno experimental y otro de control, luego de instruir el programa de biohuerto, la información recolectada se analizó con el *software* SPSS versión 25. Se encontró que implementar el uso del huerto desde distintas áreas del saber, genera en los estudiantes un conocimiento más comprensible para contextualizar los problemas de su entorno natural, concluyendo que, las competencias interdisciplinarias en el uso del biohuerto generan desde lo cognitivo que los estudiantes conceptualicen los problemas globales desde su entorno; de manera constructiva, el biohuerto constituye un recurso de ayuda educativa para procesar la enseñanza y aprendizaje de la biodiversidad y el conductismo, donde los estudiantes expresan motivaciones y comportamientos más sostenibles hacia la preservación de la naturaleza.

En Colombia no se ha usado la instrucción de fitorremediación para la educación primaria, sin embargo, Sánchez-García y Gómez-Aguilar (2017), desarrollaron competencias ambientales para fortalecer el pensamiento crítico y habilidades cognitivas de 17 estudiantes universitarios, generando posturas científicas para solucionar problemas ambientales estableciendo como alternativa el uso de la fitorremediación. El método utilizado en este estudio fue la investigación en el aula, que, mediante un proceso hipotético-deductivo, el estudiante establece una secuencia didáctica de aprendizaje, desarrollando habilidades cognitivas y procedimentales para resolver problemas de contaminación a través de la utilización de la fitorremediación. Los autores encontraron que los estudiantes logran comprobar experimentalmente las ventajas de la fitorremediación en la absorción y reducción de contaminantes, concluyendo que se generan habilidades cognitivas para identificar problemas, procedimentales en el desarrollo pruebas

experimentales y actitudinales que se manifiestan en argumentos escritos que permiten comunicar el aprendizaje obtenido.

Se considera que la información descrita en este capítulo brinde la posibilidad referencial para comprender, a partir de estudios afines a este, la forma de utilizar huertos escolares como recurso educativo natural para instruir aspectos conceptuales de la fitorremediación y desarrollar habilidades de aprendizaje ambiental en los estudiantes. La adquisición de medios didácticos, técnicas e instrumentos en la enseñanza de la fitorremediación, pueden ser aprovechados por el docente para desarrollar estrategias que promuevan los valores en el desarrollo cognitivo, conductual y constructivo de los estudiantes. Se espera que estas contribuciones a la investigación, ayuden a transformar las habilidades de pensamiento y comportamiento de los estudiantes desde su entorno escolar, hasta las futuras acciones sociales que involucre la solución a los problemas que se asocian a un entorno natural.

CAPÍTULO III. MÉTODO

Este capítulo se refiere a la descripción del enfoque cualitativo del trabajo, donde el propósito principal es generar un acercamiento detallado de los procedimientos aplicados para alcanzar los objetivos del estudio. La estructura que se describe corresponde a los objetivos, el diseño, alcances, participantes, escenarios, categorías de estudio, instrumentos y técnicas utilizadas para recopilar, evaluar y analizar la información. El procesamiento y análisis de datos se enuncia mediante dos partes, la primera en la recopilación de información que describe el uso de la técnica de guías de preguntas, el instrumento de entrevista y el *software* QDA Miner como medio de análisis, mientras que para la evaluación de las evidencias en las actividades de aprendizaje, se detallan la técnica de observación participante, instrumento lista de chequeo y como medio de análisis de contenido, la triangulación de la información analizada mediante el FCA.

3.1 Objetivos

3.1.1 Objetivo General

Instruir conceptos de fitorremediación usando estrategias pedagógicas y actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental con huertos del entorno escolar, para generar conocimiento y evaluar el desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales a estudiantes de primaria del Colegio Eustorgio Colmenares de Cúcuta.

3.1.2 Objetivo Específicos

Recopilar información sobre el conocimiento que tienen o no los estudiantes de educación primaria del Eustorgio Colmenares sobre conceptos de fitorremediación, participación y comportamiento de cuidado hacia huertos del entorno escolar.

Observar el desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales en grupos

focales de estudiantes, a partir de la instrucción de conceptos de fitorremediación y la realización de actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental con ayuda de estrategias pedagógicas y huertos del entorno escolar.

Observar el desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales en grupos focales de estudiantes, con base en actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental implementadas con la ayuda de la instrucción de conceptos de fitorremediación, estrategias pedagógicas y conexión con huertos del entorno escolar.

Evaluar las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales grupales de estudiantes del ECOLBA, en relación con la valoración del desempeño participativo y productos entregados en actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental, analizando las relaciones representadas en el retículo de conceptos generado por el FCA.

3.2 Diseño del Método

3.2.1 Diseño

El tipo de investigación usado en este trabajo fue la investigación-acción (IA), que mediante el estudio cualitativo se enfocó para explorar aspectos descriptivos relevantes del desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los estudiantes en la instrucción de fitorremediación con actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental. Este tipo de metodología se utiliza para relacionar problemas del entorno y experiencias prácticas de instrucción docente con cambios en el comportamiento social de los estudiantes (Pérez-Van-Leenden, 2019). La investigación – acción se aplicó según los aportes de Acharya *et al.* (2020) y Lyle y Robinson (2002), quienes sugieren que este tipo de metodología es importante para ser incluida en los

estudiantes, pues ayuda abordar la experimentación y la reflexión en los aspectos de mejoramiento ambiental usando las plantas como recurso didáctico.

Este estudio realizó la dinámica de IA mediante el proceso datos-reflexión-acción, es decir, basado en la reflexión en la acción (Pelton, 2010, como se citó en Botello-Nicolas & Ramos-Ramos, 2019). En ese sentido, se considera el impacto de las acciones mientras se implementa la instrucción de la fitorremediación y las actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental, para desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales en estudiantes de primaria. La dinámica del proceso IA se realiza en tres partes: 1. Los datos, donde se hace el diagnóstico a modo de pre-investigación, recopilando información inicial de los estudiantes a través de grupos focales por medio de una entrevista semiestructurada; 2. reflexión, consiste en observar las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los estudiantes en las actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental mediante observación participante y no participante; 3. la acción, se refiere a evaluar a los estudiantes en sus habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales en relación a la valoración del desempeño y productos resultantes en las actividades de aprendizaje ambiental, analizadas mediante un retículo de conceptos generado por el FCA.

La investigación cualitativa permite describir conceptos a través de actividades de conexión entre investigador y estudiantes y explorar preguntas que generan respuesta para obtener nuevo conocimiento (Nassaji, 2020). La exploración y la descripción de aspectos relevantes se realiza en respuesta a problemas que presentan en el mismo entorno, para promover un adecuado aprendizaje en el desarrollo de habilidades ambientales que se transmiten a futuras acciones sociales (Barrett *et al.*, 2020; Hernández-Sampieri *et al.*, 2014). El estudio se basó en el uso del paradigma interpretativo, con el propósito de describir y comprender la instrucción de conceptos de fitorremediación y actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental para desarrollar

habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales en los estudiantes hacia el cuidado de la naturaleza.

3.2.2 Alcance del Estudio

Se hacen aportes al alcance de este trabajo derivados de las indicaciones consideradas para un estudio cualitativo con enfoque correlacional y explicativo (Ramos-Galarza, 2020). El estudio presenta un alcance correlacional porque se analizaron los discursos de los participantes de los grupos focales extraídos de la entrevista, que, a través de una codificación selectiva de la información, se relacionan con las categorías de esta investigación. También presenta un alcance explicativo porque aborda la comprensión por la falta de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los estudiantes, a través de un conocimiento más profundo con la enseñanza de la fitorremediación y actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental que incorporan conceptos relevantes para generar sensibilización hacia el cuidado por el medio ambiente.

La conceptualización se proporcionó con base en el uso de estrategias constructivistas apoyadas en diversas técnicas e instrumentos para tratar de establecer cómo es el fenómeno del estudio, cuyo propósito fue preparar información pertinente para indagar, explorar y asociar la realidad del entorno (Hernández-Sampieri *et al.*, 2003; Thomas, 2021). Se buscó contribuir a la enseñanza y aprendizaje de la fitorremediación, proponiendo el uso de huertos escolares como un sistema que aporta el equipamiento de recursos educativos centrado en la naturaleza, para pretender enfocar los contenidos temáticos de la básica primaria del ECOLBA, mostrando una herramienta posible para ayudar a desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales a partir de actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental. Este trabajo puede beneficiar a los niños que estudian la básica primaria, ya que a su corta edad conectar la educación con la naturaleza les

permite generar mayor curiosidad por nuevos conocimientos (Leuven *et al.*, 2018), transformando la información inicial en posibles ideas que se convierten en acciones que generan solución a los problemas y conservación del medio ambiente.

3.3 Participantes

Este estudio se caracteriza fundamentalmente por indagar en la subjetividad y la intersubjetividad de los estudiantes a través de grupos focales, donde se da prelación a las opiniones de los participantes de la investigación. Por lo tanto, hablar de muestra no se ajusta al propósito de esta investigación, sino que se refiere a los grupos focales como población participante. Esta apreciación se fundamenta en Busetto *et al.* (2020), donde afirman que no se requieren tamaños de muestra específica en una investigación cualitativa, mientras Rodríguez y Cerdá, (2002), sugieren hablar de muestra estructural que no tiene representatividad estadística en un estudio cualitativo, lo que indica que los participantes están representados a una población de referencia, que en este estudio se refiere a grupos focales.

La población general de estudio fue conformada por 390 estudiantes de educación primaria, correspondientes a tres de las cinco sedes del ECOLBA: Gilma Casado, San Gerardo y Principal. Estas tres sedes fueron seleccionadas por la falta de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales para reconocer los problemas del entorno escolar, la escasa participación en actividades de arborización y embellecimiento de espacios físicos con plantas y la poca actitud para mostrar comportamientos más amigables con la naturaleza y solución a problemas ambientales. Las insuficientes habilidades presentadas en la población participante se presentan también porque en sus espacios institucionales están la falta de recursos naturales en su entorno escolar, ubicación cerca de una vía principal de la ciudad y a fábricas de ladrillos y de curtiembres que generan

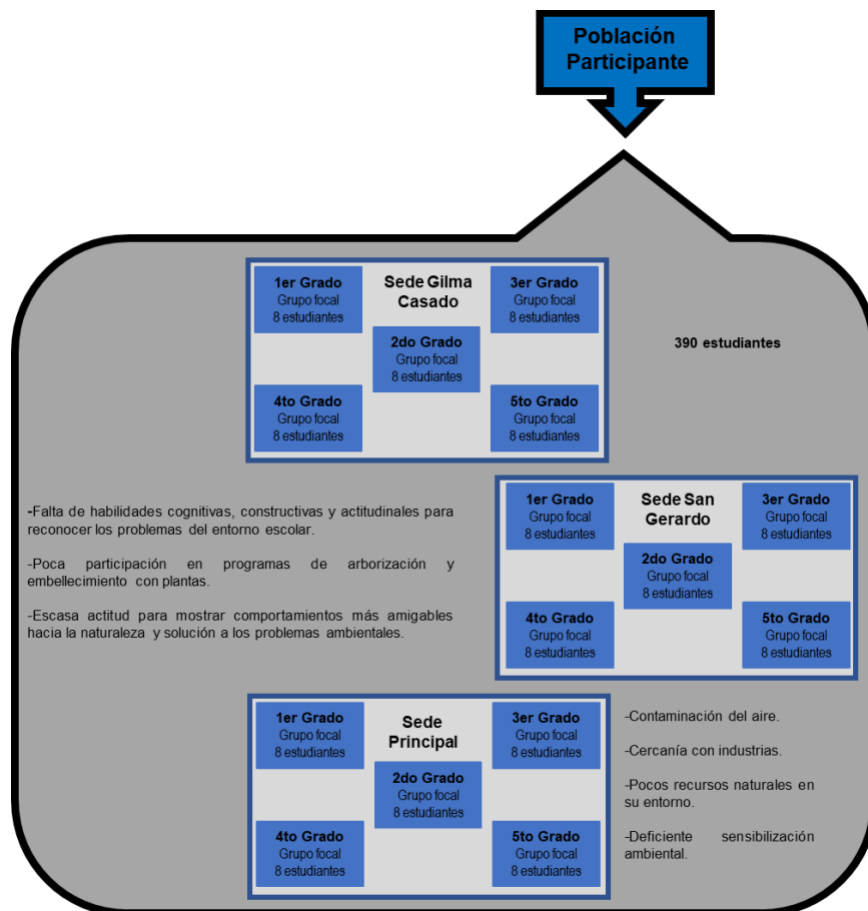
frecuentes problemas de contaminación en su contexto.

Teniendo en cuenta los fundamentos Busetto *et al.* (2020) y Rodríguez y Cerdá (2002), este estudio consistió en conformar 15 grupos focales representados como población participante, es decir, cinco grupos focales en cada sede, lo que correspondió a un grupo focal por cada grado escolar de primero a quinto primaria. El número de grupos focales se realizó con base en las afirmaciones de Guest *et al.*, (2017), donde sugieren que la cantidad difiere a las reglas generales en algunas recomendaciones de investigaciones existentes y el número de participantes por cada grupo focal fue de ocho considerando las indicaciones de Rodas-Pacheco y Pacheco-Salazar (2020). Los estudiantes fueron seleccionados según Ghaljaie *et al.* (2017), a través de un muestreo de bola de nieve, donde se solicitó a los docentes de las sedes (Gilma Casado, San Gerardo y Principal), recomendar un estudiante para participar en el estudio y luego éste elegir a otro compañero y así sucesivamente, hasta completar la saturación con ocho estudiantes.

La figura 8 ilustra la selección de estudiantes que conforman los 15 grupos focales de este estudio, representados como población participante y número de muestra con base en indicaciones de Busetto *et al.* (2020); Ghaljaie *et al.* (2017); Guest *et al.*, (2017) y Rodríguez y Cerdá, (2002). Los estudiantes elegidos para conformar el grupo focal de cada grado tenían edades entre 7 y 12 años, por lo que se aplicó el consentimiento informado de acuerdo al formato que se muestra en el apéndice 10.

Figura 8

Conformación de los 15 grupos focales representados como población participante para la investigación



Nota. La población participante contó con 15 grupos focales por grado escolar de cada sede; San Gerardo, Gilma Casado y Principal y cada grupo con una muestra estructural de 8 estudiantes. La población participante y la muestra estructural fue usada según indicaciones de Busetto *et al.* (2020); Ghaljaie *et al.* (2017); Guest *et al.*, (2017) y Rodríguez y Cerdá, (2002).

3.4 Escenario

El escenario describe la ubicación del lugar donde se realiza el estudio para explorar la

dinámica del problema en el objeto de investigación (Mey, 2022). Las sedes de ECOLBA; San Gerardo, Gilma Casado y Principal, se localizan en la comuna 6 al norte de la ciudad de Cúcuta y se encuentran ubicadas en una vía principal de congestión vehicular de la ciudad llamada El Salado. Esta comuna se caracteriza por ser una zona industrial, donde existen locales de mantenimiento mecánico automotriz cercanos a las sedes Gilma Casado y Principal, mientras que industrias de ladrillos y Curtiembres se encuentran cerca de la sede San Gerardo.

El ECOLBA es una institución educativa pública que ofrece educación primaria en jornadas de mañana y tarde en las tres sedes, mientras que los estudiantes de secundaria trabajan solo en la sede principal. La población general de estas tres sedes para el año 2018 donde se realizó el estudio contaba con 390 estudiantes de primaria distribuidos en 145 Gilma Casado, 127 San Gerardo y 118 en la sede Principal. La recolección de información inicial y las actividades pedagógicas en las tres sedes de estudio se realizaron en aulas, escenarios deportivos y recreativos de cada sede, con iluminación adecuada, temperatura tolerable y condiciones aceptables.

3.5 Instrumento de Recolección de Información

Para recopilar la información inicial en las tres sedes de estudio se utilizó la técnica de la entrevista semiestructurada y como instrumento la guía de preguntas abiertas. La entrevista y la guía de preguntas se usaron como estrategia de investigación cualitativa (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014; McGrath *et al.*, 2019), aplicándose en este estudio para formular y recolectar información con expresiones adecuadas a la básica primaria. Para aplicar la entrevista se usó la técnica de grupos focales de acuerdo a las indicaciones de Busetto *et al.* (2020); Ghaljaie *et al.* (2017); Guest *et al.*, (2017) Rodas-Pacheco y Pacheco-Salazar (2020); y Rodríguez y Cerdá, (2002).

Los grupos focales se usaron en todo el proceso de investigación, es decir, para recolectar

información inicial en las tres sedes, observar el proceso de participación y trabajo de la población participante en las actividades teórico-prácticas de FT en San Gerardo y Gilma Casado, mientras que la sede Principal se escogió como grupo de control y se realizaron las respectivas evaluaciones en las tres sedes. Se utilizó un formato como guía de preguntas para entrevistar a los grupos focales y se elaboraron estimando información de Akoumianaki-Ioannidou, *et al.* (2016) y Huys *et al.* (2017) y basado en la metodología de Holloway y Galvin (2016), donde se ajustaron para investigar las percepciones y actitudes que la población participante estimaba sobre la conceptualización de la fitorremediación. El formato de guía de preguntas usado en este estudio fue enviado a validación y se muestra en el apéndice 1.

El proceso de la enseñanza y acciones educativas de FT, consistieron en observar la participación y evaluar las evidencias de aprendizaje de los estudiantes en las actividades de tres guías. La guía de aprendizaje 1, se usaron los instrumentos de lista de chequeo de desempeño, huerto como material experimental, técnicas grupales, mapa conceptual y portafolio, como se muestra en el apéndice 3. La guía 2, se utilizó la lista de chequeo de desempeño, uso de la tecnología, técnicas grupales para elaboración de dibujos y lluvia de ideas, preguntas sobre el procedimiento y portafolio, que se muestran en el apéndice 4 y la guía 3, utilizó el juego educativo como instrumento de enseñanza y aprendizaje y lista de chequeo de producto (exposiciones de carteleras) información que se muestra en el apéndice 5.

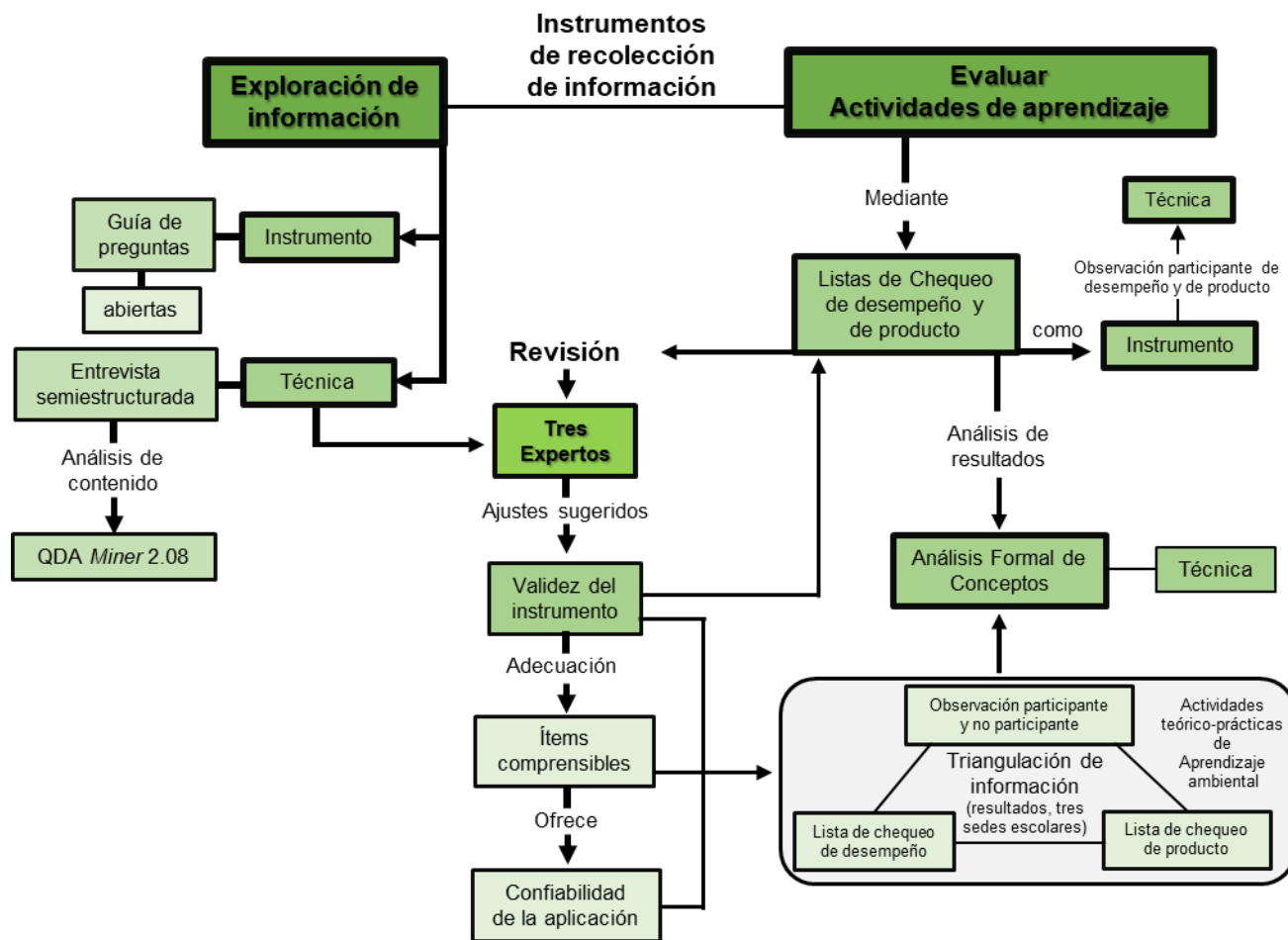
Considerando la importancia de validar el instrumento, tres expertos revisaron la guía de entrevista y las listas de chequeo de desempeño y de producto utilizando la información contenida en la plantilla ubicada en el apéndice 1 y las observaciones en el apéndice 2. Las listas de chequeo consistieron en anotar las observaciones de cumplimiento del trabajo y la participación de la población participante en las actividades, es decir, no se registraron detalles de observación, debido

a que se usó el FCA para el análisis de datos, permitiendo generar una clasificación jerárquica entre los grupos focales que desarrollan o no habilidades ambientales. La validez del instrumento se basó en adecuar los ítems de una forma más comprensible, para recopilar y evaluar información ofreciendo una mejor rigurosidad y confiabilidad de la aplicación basada en la asimilación de conceptos (Mohajan, 2017) y como resultado de la validación, se tomaron en cuenta algunos ajustes sugeridos por los expertos y se realizaron modificaciones de caso a los instrumentos antes de su aplicación.

La validez del trabajo se realizó estimando las apreciaciones de Martínez (2006), que incluye la verificación de los procesos de recolección de datos y las técnicas de análisis usadas. Esta investigación usó una prueba piloto sustentada en instrumentos aplicados a las tres sedes en estudio San Gerardo, Gilma Casado y Principal, para considerar el desarrollo de las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de la población participante en las actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental. La información recopilada se procesó mediante una triangulación de datos entre observación directa, lista de chequeo de desempeño y lista de chequeo de productos, para validar y determinar si los estudiantes desarrollan o no habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales al percibir, comprender, analizar y aprender sobre los problemas ambientales que ocurren desde el mismo entorno escolar natural y las posibles soluciones a través de la implementación de la fitorremediación utilizando los huertos como recurso educativo. El esquema de la figura 9, describe las técnicas, instrumentos y proceso de validación utilizado en este estudio.

Figura 9

Descripción de técnicas e instrumentos y validación utilizados para la aplicación pedagógica de la fitorremediación



Nota. Elaboración propia.

3.6 Procedimiento

El trabajo de investigación se inició contactando a la Rectora del Colegio ECOLBA, obteniendo su autorización verbal para que los docentes de las sedes Gilma Casado, Principal y San Gerardo colaboraran para realizar la entrevista inicial y las actividades educativas planificadas

por el investigador principal. Las actividades educativas para implementar la enseñanza de la fitorremediación se realizaron de acuerdo a las recomendaciones de Szczytko, *et al.* (2020), como un aporte importante al aprendizaje, teniendo en cuenta las conexiones naturales en el proceso de formación. Posteriormente, por tratarse de estudiantes menores de edad en el estudio, se solicitó a los docentes de las sedes, dar a conocer y hacer firmar a los acudientes el consentimiento informado para aplicar los instrumentos, técnicas y el desarrollo de actividades de aprendizaje para enseñar la fitorremediación.

La población participante de las tres sedes fueron seleccionados por grupos focales de acuerdo a lo descrito en el punto 3.3 y se formuló una guía de preguntas, con el fin de elaborar la entrevista que permitiera indagar en las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los participantes a partir de percepciones y comportamientos sobre el uso de actividades formativas con huertos escolares, reconocimiento de conceptos de fitorremediación y problemas ambientales en el contexto escolar. Las entrevistas se aplicaron con una duración promedio de una hora y treinta minutos para cada grupo focal en las tres sedes de estudio y los entrevistadores fueron conformados por el docente titular del grado escolar y el investigador. La entrevista semiestructurada se llevó a cabo en condiciones favorables porque los entrevistadores (docentes y el investigador) eran personas conocidas para los niños que participaron en los grupos focales, lo que genera según Langley y Meziani (2020), una situación de confianza, un ambiente agradable y una comunicación asertiva.

La participación del investigador en este estudio se realizó con la responsabilidad de preservar la comunicación con todos los involucrados, en el cual se evaluaron las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los participantes de las sedes San Gerardo y Gilma Casado en actividades teórico-prácticas, implementadas con la guías de aprendizaje y la instrucción

sobre conceptos de fitorremediación, mientras que la sede Principal actuó como grupo para evaluar en base a sus propias experiencias y aportes. Se utilizaron tres guías de aprendizaje, las cuales se muestran en los apéndices 2, 3 y 4, donde se tuvo en cuenta una estructura curricular contenida en: Objetivo, actividades de aprendizaje, preparación del ambiente de aprendizaje, proceso, criterio de evaluación y descripción de la evidencia de aprendizaje. La elaboración y aplicación de las guías se desarrolló de manera organizada e independiente en cada grupo focal, conectando a los estudiantes con la naturaleza según lo estimado por Papadopoulou *et al.* (2020) y contienen actividades (apéndices 2, 3 y 4) que fueron implementadas de acuerdo a los criterios de tres categorías que son; la fitorremediación, el uso de estrategias pedagógicas y la estimación del aprendizaje.

3.7 Operacionalización de las Categorías de Estudio

La operacionalización de las categorías de estudio se basa en la descripción de una clasificación conceptual o codificación de términos, que permiten establecer conceptos derivados de la información que representa un determinado fenómeno (Chaves, 2005; Herrera, 2018). La tabla 3 muestra la operacionalización de las categorías de este estudio correspondientes en fitorremediación, estrategias pedagógicas, estimación del aprendizaje y la derivación a las subcategorías como el recurso educativo, implicación escolar, disciplinas científicas, proyección docente-estudiante y asocia-analiza conceptos y propiedades.

Tabla 3

Categorías de estudio en la implementación pedagógica para enseñar conceptos de fitorremediación en la escuela primaria

Categorías	Dimensión	Subdimensiones	Indicador
1. Fitorremediación	1.1 Recurso educativo	1.1.1 Elaboración de sistemas de fitorremediación	1.1.1.1 Participa en la construcción y desarrollo del sistema de fitorremediación
	1.2 Implicación escolar	1.2.1 2 Experimentación a cambios	1.2.1.1 Identifica, caracteriza y relaciona conceptos y situaciones ambientales
2. Estrategias pedagógicas	2.1 Disciplinas científicas	2.1.1 Mecanismo interdisciplinario de reconocimiento de información	2.1.1.1 Combina enfoques desde distintas ciencias sobre la fitorremediación
	2.2 Proyección del docente y estudiante	2.2.1 Contenidos conceptuales y procedimentales	2.2.1.1 Expresa el conocimiento con desarrollo y habilidad teórica y práctica
3. Estimación de aprendizaje	3.1 Asocia-analiza conceptos y propiedades	3.1.1 Análisis de conceptos formales	3.1.1.1 Asocia conceptos formales según el conocimiento

Nota. Elaboración propia

3.8 Análisis de Datos

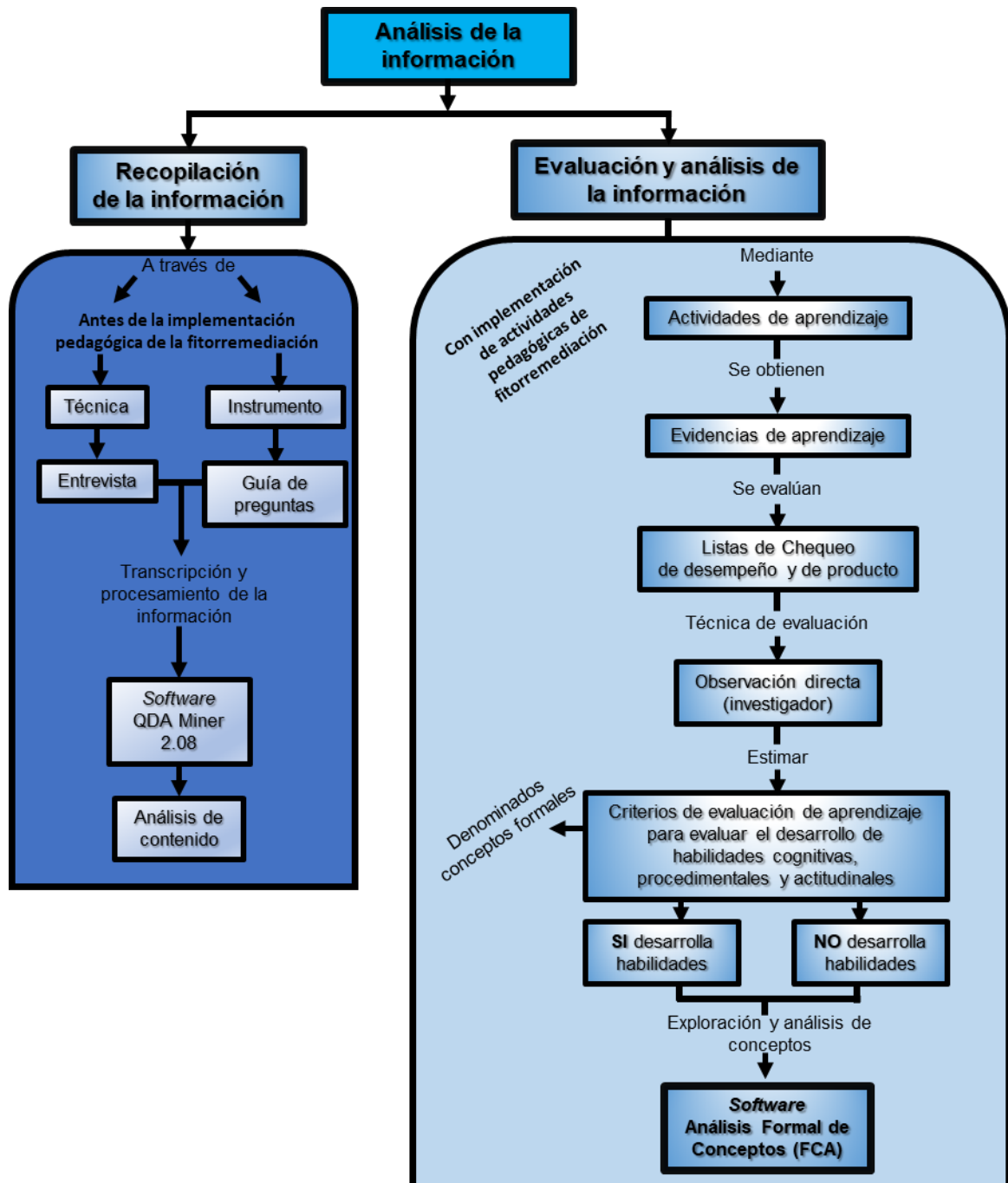
La metodología se desarrolló en dos partes que incluyeron recopilar información inicial a través de la aplicación del instrumento entrevista semiestructurada con la técnica de guía de preguntas y luego la evaluación de las actividades de aprendizaje, mediante el uso de la lista de chequeo de desempeño y de producto. La información extraída de la entrevista fue procesada, codificada y analizada mediante la técnica de análisis del QDA *Miner 2.08* para indagar información y generar un análisis de contenido. Las actividades de aprendizaje se evaluaron usando listas de chequeo de desempeño y de producto y la información contenida en criterios de evaluación conceptual, procedimental y actitudinal fueron analizadas con el *software* del FCA versión 2.0.

La información de los resultados sobre las evidencias de aprendizaje en las tres sedes en

estudio, evaluados mediante listas de chequeo, se analizaron utilizando el software del FCA a través de la triangulación de la información. Se utilizó la lista de chequeo que se muestra en el apéndice 1 para evaluar los criterios de aprendizaje de los participantes a través de una metodología de observación (Chacón-Moscoso *et al.*, 2019), y con base en las evidencias obtenidas a través del desarrollo de las actividades teórico-prácticas que se muestran en los apéndices 2, 3 y 4. Es decir, para este estudio, la lista de chequeo comprende los indicadores de evaluación obtenidos después de la enseñanza y aprendizaje de la implementación de la fitorremediación. La figura 10 muestra el esquema de análisis de datos usado para esta investigación, describiendo los pasos iniciales de recopilación de datos y exploración de información luego de desarrollar las actividades de pedagogía para enseñar la fitorremediación.

Figura 10

Descripción del análisis de información antes y después de desarrollar las actividades pedagógicas para enseñar la fitorremediación



Nota. Elaboración propia.

3.8.1 Información Inicial Recopilada Usando la Entrevista y la Aplicación del QDA Miner

La información recolectada en la entrevista semiestructurada fue transcrita y luego procesada en el software *QDA Miner*. Se incluyó un análisis de respuestas dadas por los entrevistados, mediante una clasificación que consistió en codificar el texto de las respuestas obtenidas en cada pregunta. La codificación implicó concentrar respuestas manualmente, relacionando la información obtenida con las categorías del estudio en fitorremediación, disciplinas científicas y estimación del aprendizaje, lo que permitió clasificar y facilitar el procesamiento de datos a través del uso del QDA para su posterior análisis.

La codificación se realizó como se muestra en la tabla 4. La información de los códigos que se muestran en esta tabla se basa en la clasificación de las categorías en favorables o desfavorables de la siguiente manera: Para casos de fitorremediación (FT_IE_F, FT_IE_D, FT_RE_F y FT_RE_D), estrategias pedagógicas (EP_DC_F, EP_DC_D, EP_PD-E_F y EP_PD-E_D y estimación de aprendizaje (EA_A-A_F y EA_A-A_D). Las categorías incluyen descripciones que forman parte de subcategorías así: Fitorremediación tiene implicación escolar y recurso educativo, las estrategias pedagógicas con disciplinas científica y proyección docente-estudiante y la estimación del aprendizaje con asocia-analiza.

La clasificación de la fitorremediación se codificó en implicación escolar y recurso educativo, para conocer aspectos relevantes del uso de las plantas y las consecuencias que traen al no utilizarlas. Las estrategias pedagógicas se codificaron en disciplinas científicas y proyección docente-estudiante, para explorar la implementación de procedimientos didácticos en la formación educativa. La estimación del aprendizaje se codificó en asocia-analiza, para estimar el desarrollo de las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de la población participante en el uso

de las plantas para descontaminar y proteger el medio ambiente y, finalmente, la codificación elaborada en el *software* QDA, permite transformar la información en representaciones visuales, donde son analizadas de acuerdo a la frecuencia de significados y/o ocurrencias, para generar un adecuado análisis de contenido en términos cualitativos (Oleinik, 2019).

Tabla 4

Codificación de las categorías de estudio usando el QDA Miner 2.08

Categoría	Código	Descripción
Fitorremediación	FT_IE_F	Implicación escolar favorable
	FT_IE_D	Implicación escolar desfavorable
	FT_RE_F	Recurso educativo favorable
	FT_RE_D	Recurso educativo desfavorable
Estrategias pedagógicas	EP_DC_F	Disciplina científica Favorable
	EP_DC_D	Disciplina científica Desfavorable
	EP_PD-E_F	Proyección docente-estudiante favorable
	EP_PD-E_D	Proyección docente-estudiante desfavorable
Estimación del aprendizaje	EA_A-A_F	Asocia-analiza favorablemente
	EA_A-A_D	Asocia-analiza desfavorablemente

Nota. Los códigos corresponden a siglas que hacen parte de las categorías de fitorremediación (FT), estrategias pedagógicas (EP), estimación del aprendizaje (EA) y como descripción las subcategorías implicación escolar (IE), recurso educativo (RE), disciplina científica (DC), proyección docente-estudiante (PD-E) y asocia-analiza (A-A) y su clasificación favorable (F) o desfavorable (D).

3.8.2 Información Recopilada de la Lista de Chequeo de Desempeño y de Producto

Los resultados de las actividades teórico-prácticas se evaluaron mediante la recolección de evidencias de aprendizaje, aplicando listas de chequeo de desempeño y de producto, para observar y verificar si la población participante desarrolla o no habilidades cognitivas, procedimentales y

actitudinales de aprendizaje ambiental. El desempeño o producto evaluado reveló el aprendizaje conceptual, constructivo y conductual de los participantes y se escogió el criterio de desarrolla habilidades o no, denominado para esta investigación como atributos del contexto formal. Luego de aplicar las listas de chequeo en las sedes de San Gerardo, Gilma Casado y Principal, se obtuvo resultados que fueron utilizados para generar un análisis de triangulación de información a través del FCA.

3.8.3 Análisis Formal de Conceptos

Para evaluar las actividades de aprendizaje realizadas a los grupos focales, se incluyeron 20 ítems en las listas de chequeo de desempeño y de producto y, se establecieron los criterios de: Si desarrolla o no desarrolla habilidades como atributos y el grupo focal como objeto, teniendo la información para el contexto formal que se aplicó en el FCA. La formulación se realizó a partir de preguntas orientadoras basadas en la guía de entrevista inicial y relacionadas con temas de preferencia en las principales áreas de la educación primaria (Fatimah *et al.*, 2020; Mato-Vázquez y Álvarez-Seoane, 2019; Pandey y Souza-Alonso, 2019; Ramírez y Alcántara, 2010; Ricoy y Sánchez-Martínez, 2019; Weiss *et al.*, 2019), porque facilitaron el lenguaje de acercamiento con la población participante y se estructuró con el enfoque en la implementación pedagógica para enseñar la fitorremediación.

Se construyeron dos contextos formales teniendo en cuenta las indicaciones anteriores que comprenden el uso de atributos y objetos para esta investigación. Los criterios de evaluación se clasificaron en tres categorías, incluyen: 5 para la Fitorremediación (*FT*), 5 para estrategias pedagógicas (*EP*) y 10 criterios para la estimación del aprendizaje (*EA*). Con base en lo anterior, los objetos y atributos fueron utilizados para la construcción del contexto y generación del retículo

de conceptos, donde cada contexto fue explorado y analizado usando el *software* de acceso libre *Lattice Miner 2.0* (Braud, 2021).

3.8.3.1 Contexto 1. Información del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos que Corresponden al Desarrollo o no de Habilidades Cognitivas y Constructivas en Relación con los Criterio de Desempeño y Producto en Fitorremediación y Estrategias Pedagógicas. El primer contexto se elaboró con filas que corresponden a los grupos focales de las tres sedes como objetos y las columnas a los atributos desarrollan o no habilidades cognitivas y constructivas de *FT* y *EP*. Posteriormente, el uso del programa FCA permitió al contexto generar un diagrama que representa los conceptos ordenados jerárquicamente, donde el objetivo fue analizar la influencia de las agrupaciones de conceptos en relación a si desarrollan o no habilidades cognitivas y constructivas a partir de los criterios de análisis.

Los criterios para seleccionar los conceptos en este contexto se realizaron de la siguiente manera: 1. Un concepto que agrupe la mayor cantidad de criterios que solo si cumplen con el desarrollo de habilidades cognitivas y constructivas de *FT* y *EP* con menor número de objetos (teniendo en cuenta el concepto con al menos dos sedes) y 2. Un concepto que agrupe el menor número de criterios que solo si cumplen con el desarrollo de habilidades cognitivas y constructivas de *FT* y *EP* con el mayor número de objetos (concepto que contenga al menos dos sedes).

3.8.3.2 Contexto 2. Información del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos que Corresponden al Desarrollo o no de Habilidades Actitudinales en Relación con los Criterios de Desempeño y Producto en la Estimación del Aprendizaje Mediante la Triangulación de Información. El segundo contexto

se construyó como herramienta relevante para triangular la información de los resultados obtenidos en los criterios de evaluación de *EA* en todas las sedes en estudio. Es decir, que el contexto contiene en las filas los objetos que corresponden a los grupos focales de los grados 1, 2, 3, 4 y 5 de primaria de cada una de las sedes y, las columnas a los atributos caracterizados por *EA*.

Los criterios de análisis para seleccionar conceptos en este contexto fueron: 1. Un concepto que agrupe el mayor número de criterios que solo si cumplen con el desarrollo de habilidades actitudinales en relación a *EA* con menor número de objetos (teniendo en cuenta el concepto con al menos dos sedes) y 2. Un concepto que agrupe el menor número de criterios que solo si cumplen con el desarrollo de habilidades actitudinales en relación a *EA* con mayor número de objetos (concepto que contenga al menos dos sedes).

3.9. Consideraciones Éticas

Teniendo en cuenta el protocolo del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2018) y adaptado a las condiciones de este estudio, se aplicó el consentimiento informado considerando la firma y autorización de los padres de familia y/o acudientes de los estudiantes. El cumplimiento del formato de consentimiento establece criterios como preservar el anonimato del personal utilizado como muestra para el trabajo de investigación, lo que significa que sus nombres no estén disponibles dentro del trabajo, sino que, solo se utilicen los resultados a través de las respuestas que se generan mediante la aplicación de instrumentos como la entrevista a los grupos focales. De este modo, el uso de la ética como afirma Moscoso-Loaiza y Díaz-Heredia (2018), tiene como perspectiva la calidad moral de la investigación, donde la honestidad, el respeto y la responsabilidad son compromisos para el desarrollo del trabajo.

Para este estudio se conservó la confiabilidad y privacidad de datos de los participantes, así

como también se socializó la información de los resultados a través de estrategias lúdicas y dinámicas pedagógicas adecuadas al lenguaje de la educación primaria para favorecer la comprensión. El formato de consentimiento informado y autorización de imagen utilizado para este estudio se muestra en el apéndice 10.

En conclusión, el desarrollo de este capítulo justifica las técnicas, instrumentos y herramientas de análisis de la información inicial y final que representan una aplicación metodológica ajustada para el proceso de este estudio. La secuencia de las técnicas con los instrumentos utilizados, estructuran la evaluación del trabajo para la generación de resultados y el cuestionamiento de su respectivo análisis. Estas estrategias metodológicas, tienen un planteamiento cualitativo de gran aplicabilidad para analizar los resultados de la recopilación inicial de la información, además de la utilidad para triangular información contenida de los resultados evaluados de las evidencias de aprendizaje y generar un análisis de contenido.

CAPÍTULO IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presentan los resultados en dos secciones: En la primera se describen los resultados obtenidos de la entrevista semiestructurada aplicada a la población participante en diferentes grupos focales, mediante representación gráfica que se procesa usando el *software* del QDA Miner 2.08 y la segunda sección; corresponde a los resultados finales contenidos en los contextos formales contruidos a partir de grupos focales y criterios de análisis para evaluar si se desarrollan o no habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales relacionadas con las categorías *FT*, *EP* y *EA*, a través de la triangulación de información procesada usando la técnica del FCA.

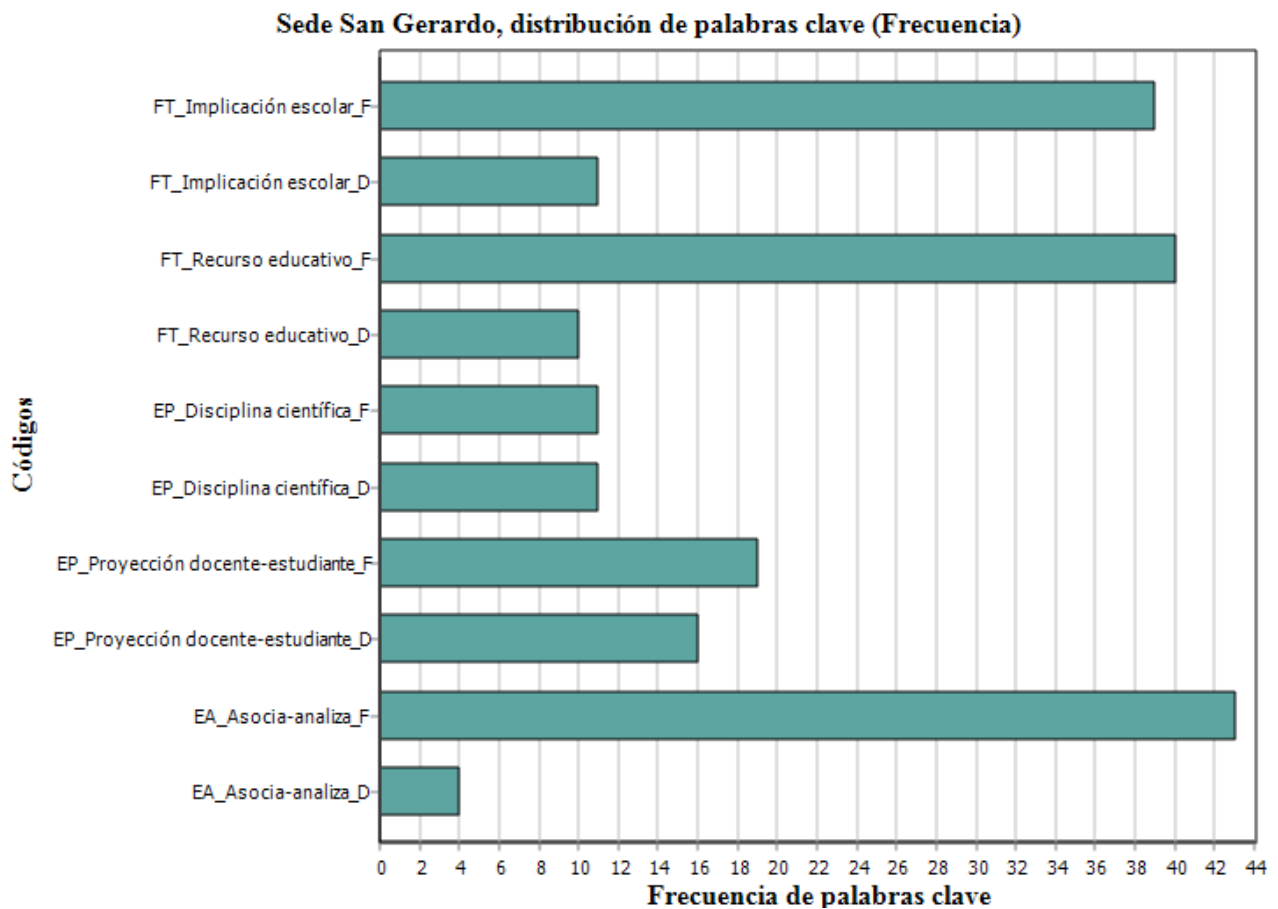
4.1 Resultados de la Recopilación de Información Inicial de la Entrevista y la Aplicación del QDA Miner 2.08

El procesamiento de los datos usando el QDA Miner 2.08 se realizó de manera independiente para las tres sedes en estudio; San Gerardo, Gilma Casado y sede Principal. Para visualizar los resultados obtenidos de las frecuencias de las palabras claves, se establece la interpretación de la población participante sobre la guía de preguntas usadas en el instrumento de la entrevista, de acuerdo a la favorabilidad o desfavorabilidad del asunto. Aprovechando las ventajas que ofrece este *software*, se usó la ventana de gráficos para obtener la representación visual que se genera de las codificaciones registradas, de esta forma las figuras 11, 12 y 13 muestran la descripción de los resultados obtenidos en las tres sedes.

4.1.1 Resultados San Gerardo

Figura 11

Resultados de distribución de palabras claves obtenidos de los grupos focales de primero a quinto grado de primaria de la sede San Gerardo en el año 2018



Nota. Figura extraída del software QDA Miner 2.08.

En la figura anterior se observa una frecuencia favorable de implicación escolar por parte de las opiniones extraídas de los grupos focales de la sede San Gerardo, superior a tres veces más frente a una situación desfavorable de participación. Entre tanto, para el recurso educativo se

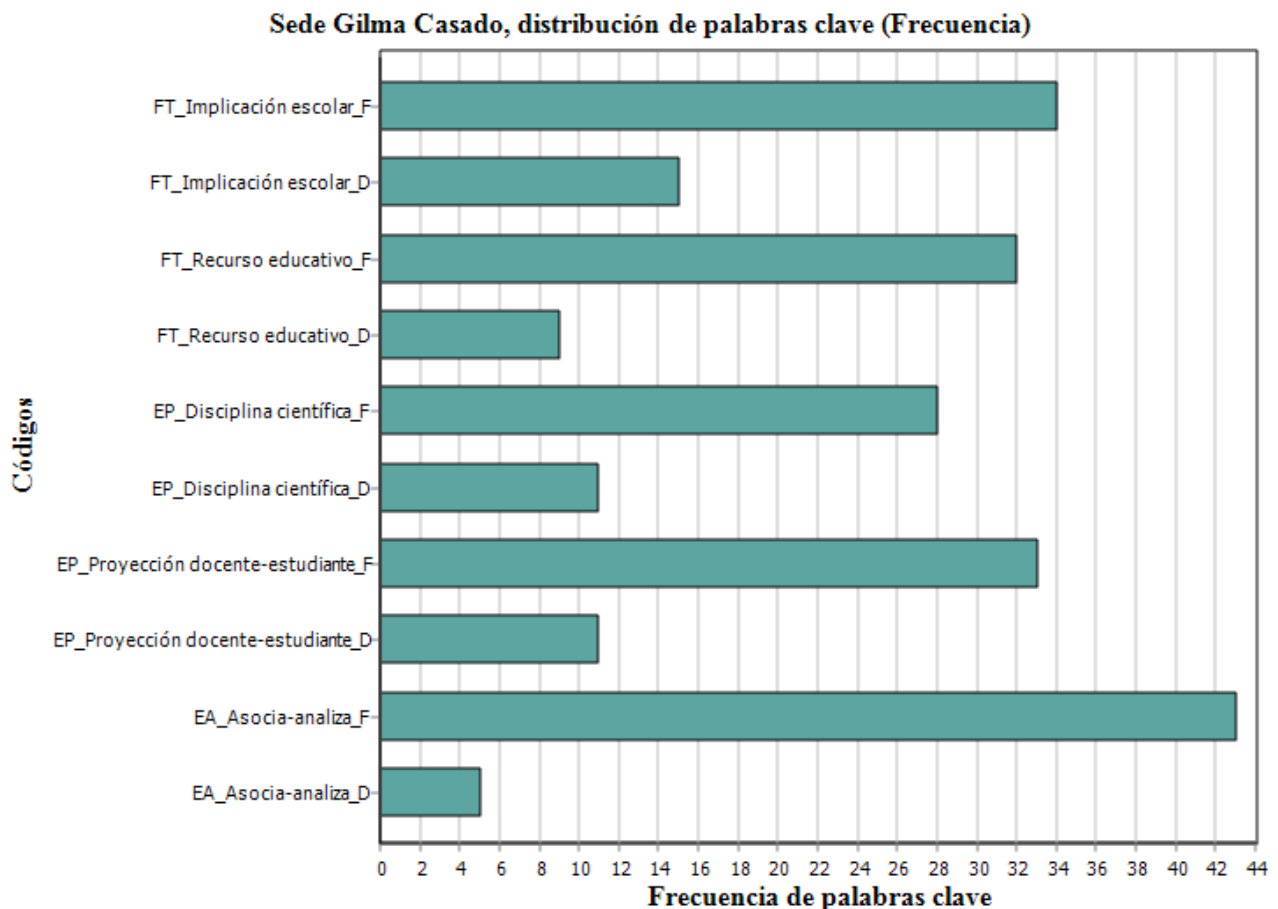
observa una respuesta positiva por parte de la población participante para conectarse con recursos naturales desde su desempeño escolar. Estos resultados de favorabilidad en las subcategorías de implicación escolar y recurso educativo en esta sede, muestran que existe experiencias de vida con interacción a la naturaleza por parte de los estudiantes, lo que indica una cercana familiaridad con algunos conceptos de fitorremediación y participación de conservación en huertos.

En el uso de las estrategias pedagógicas, la codificación de disciplinas científicas no muestra ninguna variedad significativa, ya que tanto la respuesta favorable como desfavorable se muestran en una frecuencia similar. Sin embargo, el hallazgo que se obtiene de la codificación de proyección docente-estudiante, se observa un leve incremento favorable que corresponde al uso de actividades teóricas y experimentales ambientales frente a la desfavorable. Para la estimación del aprendizaje, la respuesta asocia-analiza, se manifiesta una posición favorable de la población participante para vincular el aprendizaje con situaciones ambientales que ocurren desde su contexto escolar.

4.1.2 Resultados Gilma Casado

Figura 12

Resultados de distribución de palabras claves obtenidos de los grupos focales de primero a quinto grado de primaria de la sede Gilma Casado en el año 2018



Nota. Figura extraída del software QDA Miner 2.08.

Los resultados que se observan en la figura 12 evidencian una tendencia favorable por parte de la población participante en los grupos focales de la sede Gilma Casado en relación con las tres categorías de estudio. Los resultados para la categoría *FT* correspondiente a las subcategorías de

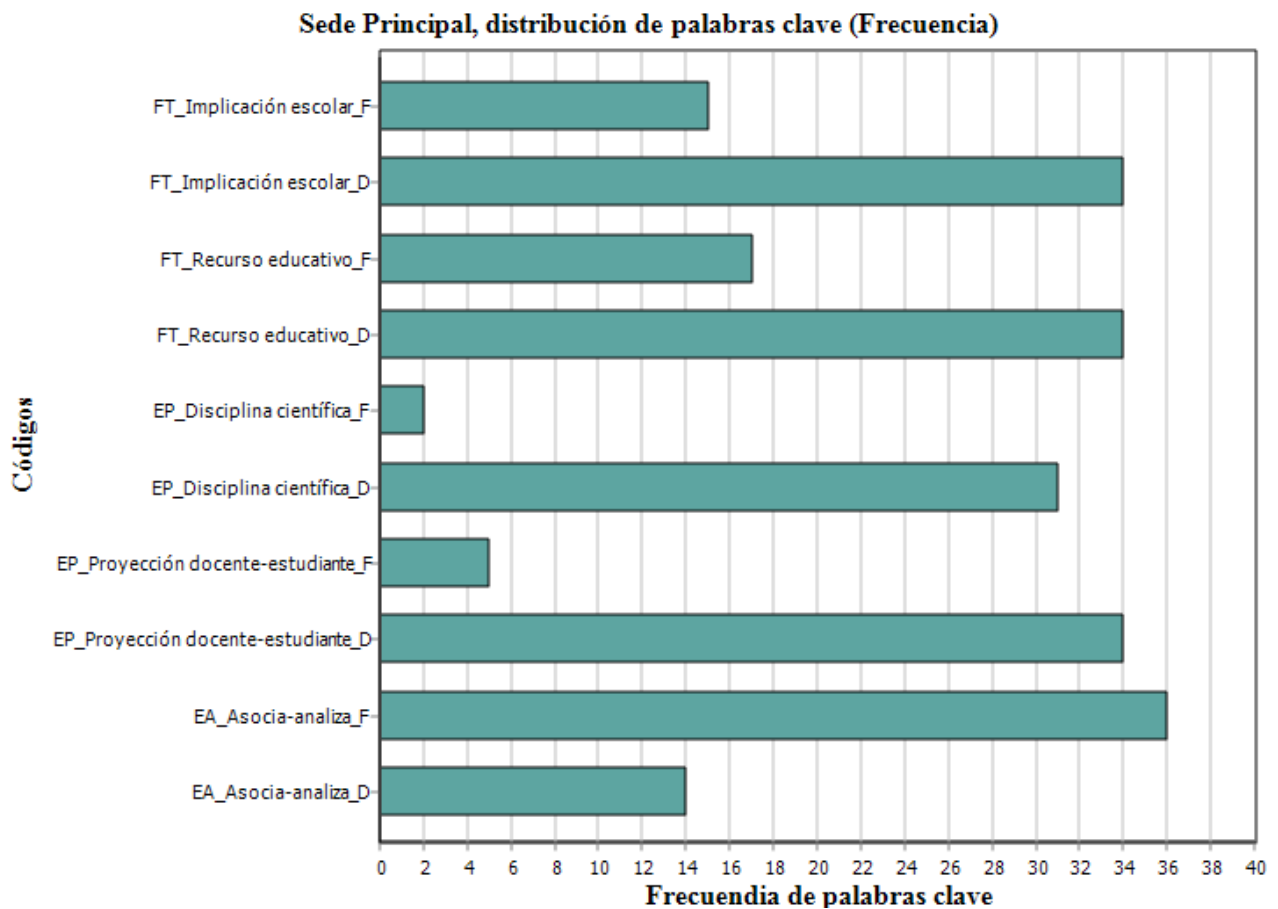
recurso educativo y la implicación escolar, muestran positivamente una participación en las actividades educativas que involucran los recursos naturales del contexto escolar, como generación de conocimiento y responsabilidad para interactuar y conservar la naturaleza. Sin embargo, un poco menos de la mitad de participantes muestran resultados desfavorables para ambas subcategorías, lo cual indica el interés de analizar estos resultados con las respuestas de las otras subcategorías.

En el caso de la categoría de estrategias pedagógicas, los resultados que se obtienen son favorables para ambas subcategorías en relación con las codificaciones de disciplinas científicas y proyección docente-estudiante. El hallazgo obtenido de la categoría asocia-analiza muestra una tendencia favorable muy superior en comparación con los resultados desfavorables. La información recolectada de esta sede resulta con respuestas favorables, mostrando que alguna relación cognitiva, constructiva y comportamental de los participantes con respecto a las categorías de este estudio, es decir, existen conceptualizaciones de conocimientos y participación en huertos escolares, sin embargo, desde la percepción general no existe una totalidad favorable.

4.1.3 Resultados Sede Principal

Figura 13

Resultados de distribución de palabras claves obtenidos de los grupos focales de primero a quinto grado de primaria de la sede Principal en el año 2018



Nota. Figura extraída del software QDA Miner 2.08

Para la sede Principal, los resultados muestran la frecuencia desfavorable en la implicación escolar y el recurso educativo superior a la tendencia favorable, lo que indica que no hay aspectos conceptuales, procedimentales y comportamentales relevantes hacia el uso y cuidado de huertos

escolares. Los resultados desfavorables también son visibles para las subcategorías de las disciplinas científicas y proyección docente-estudiante, es decir, resultados que se relacionan con el acceso a los recursos naturales con actividades educativas. No obstante, se observa que la estimación del aprendizaje en su codificación asocia-analiza, evidencia una frecuencia favorable en contraste con el resultado desfavorable, recordando que esta categoría está relacionada con la detección de respuestas conceptuales, conductuales y procedimentales de la población participante, sobre aprendizajes obtenidos desde experiencias ocurridas desde su entorno global, social y escolar.

4.14 Respuestas de algunas preguntas utilizadas en la entrevista

Entre los resultados claves obtenidos de la entrevista a todos los grupos focales se destacan las respuestas a las siguientes preguntas: ¿Por qué la idea de construir huertos como sistema de fitorremediación se considera importante para fortalecer las habilidades teóricas y prácticas en la reducción de la contaminación?, a lo que argumentaron: *“Fue una idea muy bonita, ya que entre todos los niños y profesores sembramos y organizamos los huertos, para que las plantas produzcan buen aire y el dióxido de carbono se transforme en oxígeno”* (Estudiantes del grupo focal, quinto primaria, sede San Gerardo); *“si ha sido una jornada altamente benéfica y productiva que contribuye a la purificación del aire mediante métodos altamente naturales que no alteran o perjudican la salud y el bienestar de los integrantes de la comunidad educativa. Claramente la implementación de estrategias aplicadas en forma transversal desde las diferentes áreas del conocimiento permite ampliar el aprendizaje desde una variedad de enfoques y utilidades en la vida diaria para la comunidad educativa en general”* (Estudiantes del grupo focal, quinto de primaria Gilma Casado); *“construir huertos si hemos visto en el colegio que ha sido prioridad, pero del sistema de fitorremediación es algo nuevo o no lo hemos escuchado. Porque nos permitiría no solo conocer un tema interesante, sino también aplicar una forma adecuada para*

ayudar a solucionar problemas del medio ambiente del colegio” (Estudiantes del grupo focal, quinto de primaria sede Principal).

Las respuestas obtenidas de la pregunta anterior encaminan al investigador a buscar estrategias que incluyan la planeación de actividades teórico-prácticas para los procesos de formación pedagógica en la educación primaria, la cual puedan ser de utilidad en el desarrollo de habilidades cognitivas y constructivas de aprendizaje ambiental. Estas respuestas llevan al investigador a indagar sobre ¿por qué usar huertos dentro de un entorno escolar?, ¿cómo utilizar el huerto? y ¿por qué se puede usar el huerto como recurso educativo para incorporar conceptos modernos como fitorremediación?. Estos resultados tomados de los grupos más altos de escolaridad primaria, en este caso quinto grado, se observan que existen diferencias de opiniones recopiladas entre las tres sedes de estudio y para generar la interpretación de esto en la sección de discusión de resultados, se caracterizará las respuestas a esta pregunta como PG1.

Una segunda pregunta con respuestas claves para el proceso de recopilación de información inicial y reconocimiento de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales sobre aprendizaje ambiental usando huertos es: ¿Cómo consideras tu participación en la siembra y conservación de huertos en tu colegio mediante el uso de materiales de reciclaje como parte del desarrollo de sistemas de fitorremediación? y se caracterizará como PG2. Las respuestas a la anterior pregunta son: *“Hemos participado en la elaboración de macetas con la reutilización de envases plásticos. Con las macetas se han logrado sembrar algunas plantas para el colegio”* (Estudiantes del grupo focal, primero de primaria Gilma Casado); *“más que en la siembra se ha hecho un buen trabajo de conservación durante el tiempo que se ha estado en la institución, debido a la situación actual ha sido imposible continuar con dicho cuidado y conservación”* (Estudiantes del grupo focal, primero de primaria San Gerardo); *“algunas veces nos colocan a sembrar plantas y nos enseñan*

protegerlas” (Estudiantes grupo focal, primero primaria, sede Principal).

Los resultados de esta pregunta se caracterizan por tener opiniones de la población participante en uno de los grados de baja escolaridad en educación primaria, en este caso primer grado. Estas respuestas informan si los participantes tienen opiniones que se asocien a conocimientos y procedimientos para conservar los recursos naturales de su entorno escolar. Los resultados muestran que existe una baja actitud emocional en todos los grupos, ya que no se observan respuestas que generen conductas para prevenir los problemas que se presenta en el mismo huerto y entorno escolar.

Para indagar las habilidades cognitivas de los participantes se utilizó la tercera pregunta de la siguiente manera: ¿Cómo consideras la cantidad de plantas existentes en el entorno escolar? y está caracterizada como PG3. Las respuestas obtenidas a esta pregunta fueron: *“Hay pocas, pero se están sembrado otras con las nuevas macetas que hay”* (Estudiantes del grupo focal, segundo de primaria Gilma Casado); *“hay varias, nos gustan mucho las que tienen flores porque vemos en ellas muchas veces pajaritos y mariposas”* (Estudiantes del grupo focal, segundo de primaria San Gerardo); *“hay muy pocas dentro del colegio”* (Estudiantes del grupo focal, segundo de primaria sede Principal). Estas opiniones indican que existe carencia de huertos en las sedes Gilma Casado y Principal, mientras que la respuesta de los participantes de la sede San Gerardo se asocia a una manifestación de aspectos cognitivos por la presencia de algunas plantas en su entorno escolar.

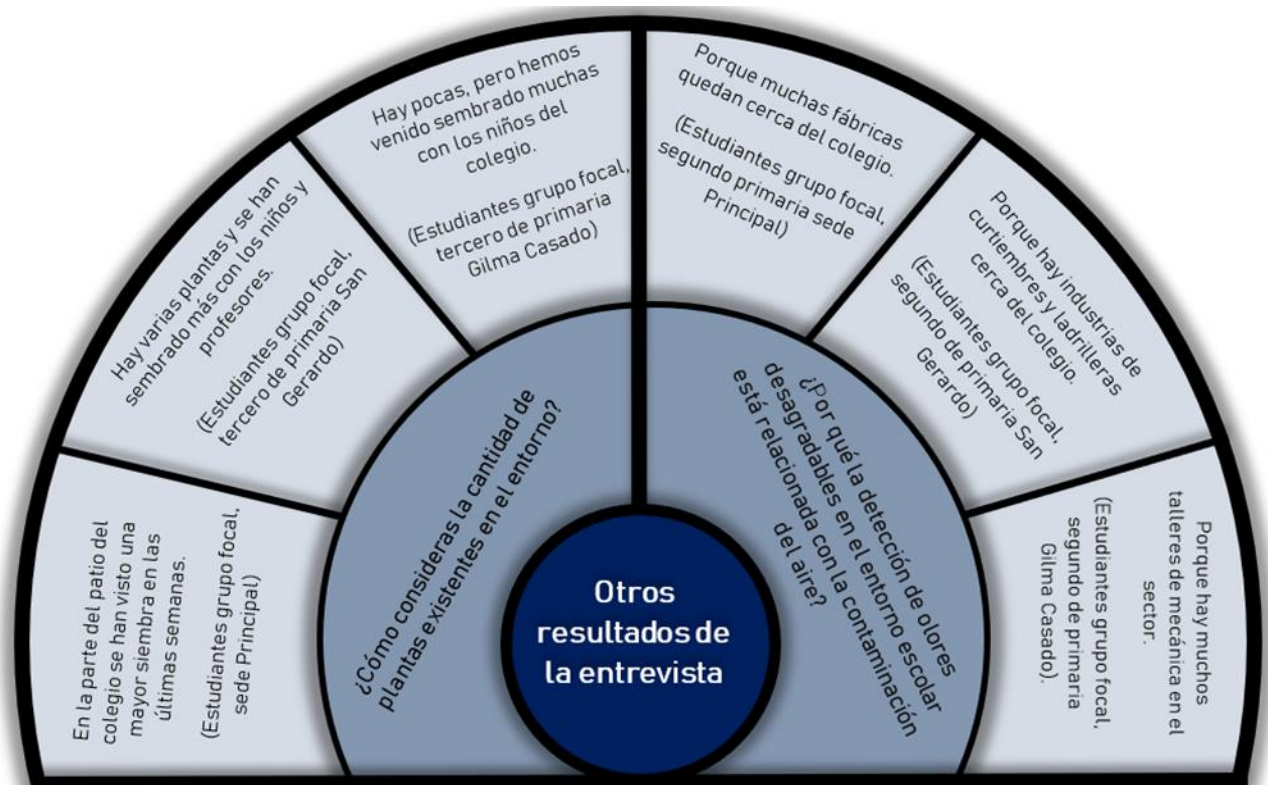
Una cuarta pregunta basada en el análisis de habilidades cognitivas y comportamentales es la siguiente: ¿Por qué crees que percibes un aroma y una temperatura adecuada con el uso de plantas, incluso cuando hay aire contaminado en el ambiente?, y sus repuestas se caracterizarán como PG4. Las respuestas que se obtienen de PG4 fueron las siguientes: *“Porque entre más alto*

sea un árbol más sombra dará y es muy bueno para el calor y sol que hace en nuestra ciudad” (Estudiantes del grupo focal, tercero de primaria Gilma Casado); *“porque los árboles grandes nos dan sombra y nos protegen del sol”* (Estudiantes del grupo focal, tercero de primaria San Gerardo); *“porque los árboles de gran tamaño en días soleados nos permiten dar sombra y retienen el humo tóxico de los contaminantes”* (Estudiantes del grupo focal, tercero de primaria sede Principal). Los resultados muestran opiniones asociadas al conocimiento del uso de las plantas con algunas situaciones ambientales con información más detallada en los participantes de la sede Principal.

Otros resultados interesantes para indagar sobre el uso de actividades teórico-prácticas con huertos y aspectos de desarrollo cognitivo, constructivo y comportamental en los participantes fue con la pregunta *¿Cuáles actividades didácticas conoce usando los huertos escolares de tu colegio en la implementación de la fitorremediación?*, y las respuestas se caracterizan para la sección de discusión como PG5. Las respuestas a la anterior pregunta fueron: *“Siembra de plantas, elaboración de macetas a partir de la reutilización de envases plásticos”* (Estudiantes grupo focal, cuarto de primaria Gilma Casado); *“se han realizado algunas campañas de traer materiales de plásticos y reutilizarlos, luego usarlos para sembrar nuevas plantas”* (Estudiantes grupo focal, cuarto de primaria San Gerardo); *“no hemos realizado actividades didácticas con relación a ese enfoque de la fitorremediación”* (Estudiantes grupo focal, cuarto de primaria sede Principal). Las respuestas obtenidas muestran que las plantas han sido utilizadas como recurso educativo en San Gerardo y Gilma Casado, mientras que esta situación no se presenta con las opiniones recolectadas de la sede Principal, sin embargo, no existe un conocimiento que se asocie a la conceptualización de fitorremediación. Otros resultados interesantes obtenidos de la entrevista se describen en la figura 14.

Figura 14

Otros resultados obtenidos de la entrevista a los grupos focales en estudio de las sedes Principal, Gilma Casado y San Gerardo



Nota. Elaboración propia.

4.2 Resultados de la Observación y Evaluación del Desarrollo de las Habilidades Cognitivas, Constructivas y Actitudinales de Aprendizaje Ambiental

4.2.1 Resultados con Base en la Aplicación del Análisis Formal de Conceptos

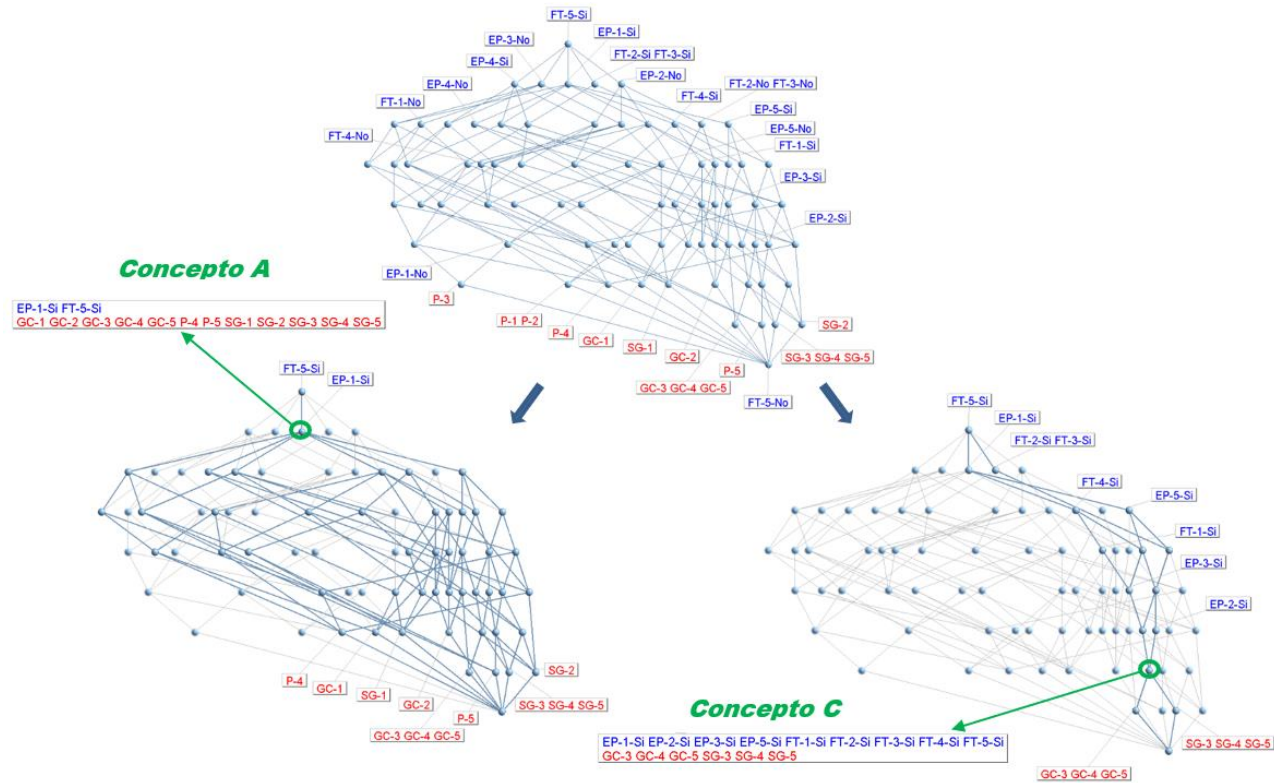
Se explora el desarrollo o no de las habilidades cognitivas y constructivas de la población participante, en relación con los resultados obtenidos de la evaluación del aprendizaje a través de

la valoración del desempeño y de producto de las categorías *FT*, *EP* en el primer contexto y en un segundo contexto formal al desarrollo o no de habilidades actitudinales en relación al criterio de *EA* mediante la triangulación de información.

4.2.1.1 Contexto 1. Resultados del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres sedes y los Atributos que Corresponden al Desarrollo o no de Habilidades Cognitivas y Constructivas en Relación con los Criterios de Desempeño y de Producto en Fitorremediación y Estrategias Pedagógicas. Este contexto cuenta con los objetos conformados por los grupos focales $\{SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5, GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5\}$ y los atributos corresponden a si desarrolla o no habilidades cognitivas y constructivas en relación a los resultados de desempeño y de producto de $\{FT-1, FT-2, FT-3, FT-4, FT-5, EP-1, EP-2, EP-3, EP-4, EP-5\}$. De esta manera el contexto se expresa con la siguiente definición: Sea O el conjunto de los 15 grupos focales, A el conjunto de elementos $\{FT-1, FT-2, FT-3, FT-4, FT-5, EP-1, EP-2, EP-3, EP-4, EP-5\}$ con los que O desarrolla o no habilidades cognitivas y constructivas de *FT* y *EP* y R una relación binaria entre O y A . Un contexto formal C se define como estructura $C: (O; A; R)$ y donde la figura 15 muestra el retículo que se genera de este contexto.

Figura 15

Retículo de conceptos que corresponden a los resultados de evaluación de desempeño y producto en fitorremediación (FT) y estrategias pedagógicas (EP)



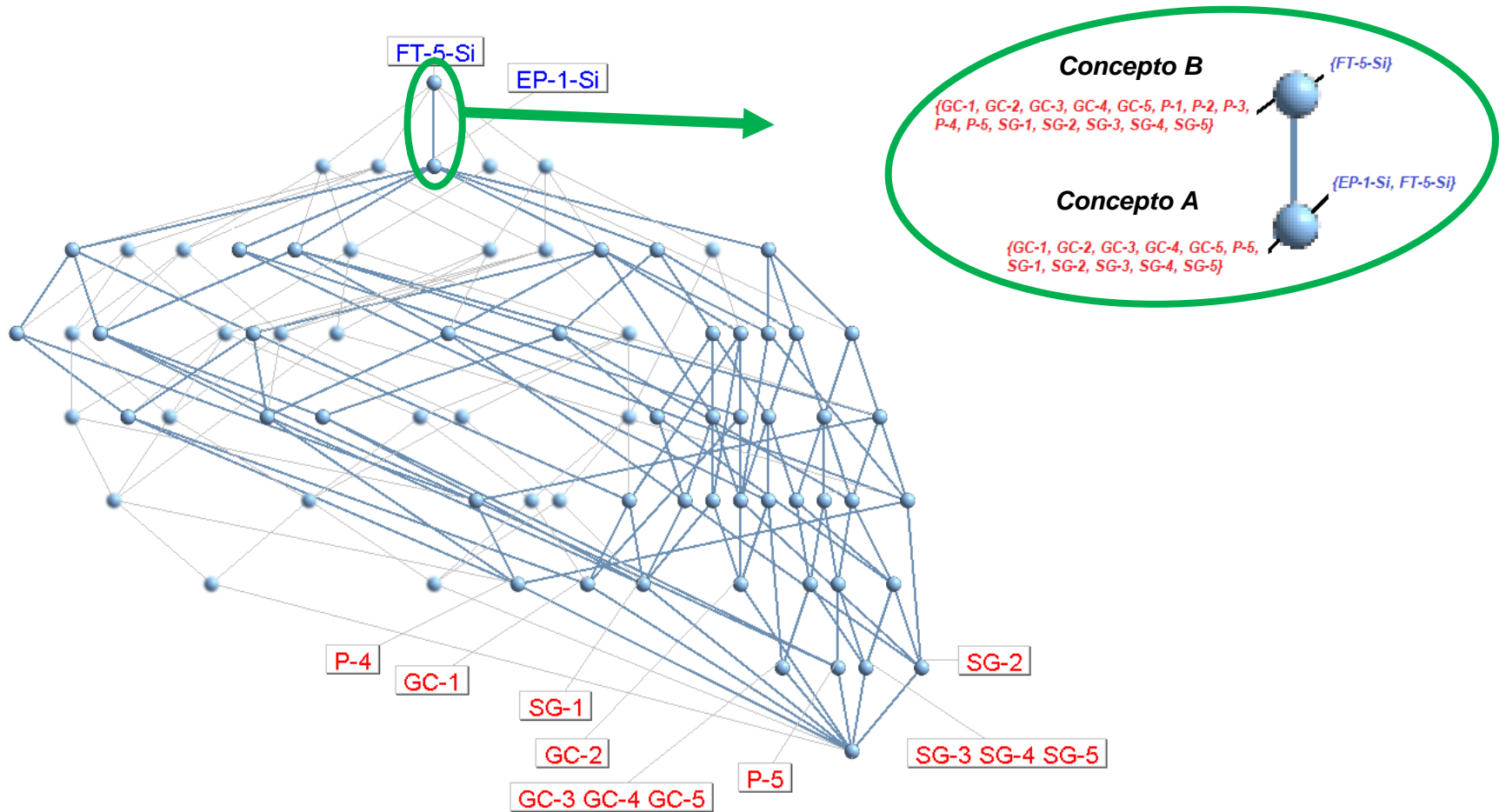
Nota. Diagrama de líneas generado mediante la aplicación del software *Lattice Miner 2.0*, contiene objetos (grupos focales de las tres sedes) y atributos (desarrolla o no habilidades cognitivas y constructivas) correspondientes a resultados de evaluación de desempeño y producto FT y EP.

El concepto *A* que se muestra en la figura 15, fue seleccionado entre 72 conceptos por tener los atributos que cumplen al desarrollo de habilidades cognitivas y constructivas, mediante criterios de evaluación de desempeño y producto en $\{FT \text{ y } EP\}$, que corresponde al concepto con menor número de atributos (2) y mayor número de objetos (12), presentando varias sedes en su información. Este concepto cumple con las siguientes propiedades: Los atributos que caracterizan a este concepto son: desarrollar habilidades cognitivas y constructivas para realizar con los profesores actividades que ayudan a embellecer el colegio a través de la siembra y conservación de plantas, detectar el ambiente fresco cuando existen árboles alrededor, percibir olores agradables cuando se encuentra cerca de las plantas del entorno escolar y los objetos que aparecen en esta clase son: $\{SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5, GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, P-4, P-5\}$. Este concepto se formaliza así: $(\{SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5, GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, P-4, P-5\}, \{EP-1-Si, FT-5-Si\})$.

Este concepto *A* se tomó como subconjunto y se exploró el superconjunto que se relaciona con él, es decir el concepto *B*. La figura 16 muestra las agrupaciones de atributos y objetos que se caracterizan de los conceptos *A* y *B* en descripción esquemática de subconceptos y súperconceptos. Las agrupaciones que se formalizan son las siguientes: Se tiene $(\{GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, P-4, P-5, SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5\}, \{EP-1-Si, FT-5-Si\})$ y $(\{GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5\}, \{FT-5-Si\})$.

Figura 16

Esquema que representa el subconcepto y súperconcepto del concepto A y B



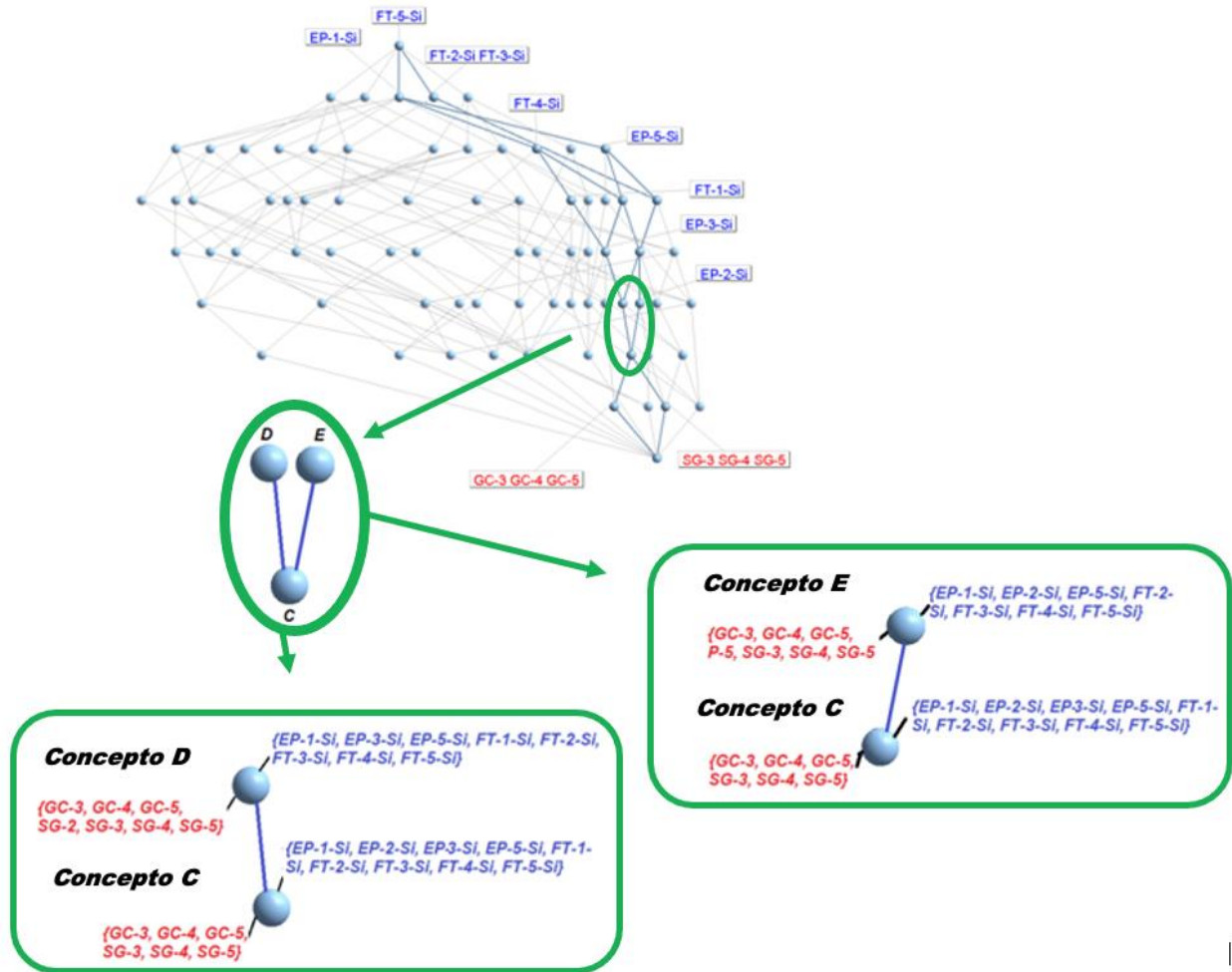
Nota. Esta figura muestra los atributos y objetos que se agrupan mediante una relación subconcepto-súperconcepto, información que se obtiene de acuerdo a las indicaciones que muestra el concepto A y B.

El concepto *C* que muestra la figura 15 se seleccionó entre 72 conceptos por tener el mayor número de atributos que cumplen al desarrollo de habilidades cognitivas y constructivas, mediante los criterios de desempeño de {*FT* y *EP*} (9 atributos) y menor número de objetos relacionando varias sedes (6 objetos). En este caso cumple con la siguiente información: Realiza con los profesores actividades para embellecer el colegio con plantas, organizan horarios con los compañeros de clase para hidratar y limpiar las plantas, incluyen actividades en conceptos sobre la fitorremediación como alternativa de descontaminación, utilizan con los profesores materiales de reciclaje para dotar el huerto y lo usan como recurso educativo para experimentar conceptos de fitorremediación, verifican cuántas plantas existen en la sede e informan el nombre de algunas de ellas, experimentan habilidades teóricas y prácticas para reducir la contaminación y conservar el medio ambiente y detectan el ambiente fresco y perciben olores agradables cuando se encuentra cerca de las plantas del entorno escolar y, los objetos que surgen acá son: {*SG-3*, *SG-4*, *SG-5*, *GC-3*, *GC-4*, *GC-5*}. Este concepto se formaliza así: ({*SG-3*, *SG-4*, *SG-5*, *GC-3*, *GC-4*, *GC-5*}, {*EP-1-Si*, *EP-2-Si*, *EP-3-Si*, *EP-5-Si*, *FT-1-Si*, *FT-2-Si*, *FT-3-Si*, *FT-4-Si*, *FT-5-Si*}).

El concepto *C* representa un subconjunto y la información se analiza explorando los superconjuntos que se agrupan en su relación jerárquica y que cumplen con el desarrollo de habilidades cognitivas y constructivas de acuerdo a los criterios de desempeño mencionados en el párrafo anterior. Este concepto tiene dos agrupaciones que se relacionan llamadas conceptos *D* y *E* que se formalizan así: Para *D* se tiene ({*EP-1-Si*, *EP-3-Si*, *EP-5-Si*, *FT-1-Si*, *FT-2-Si*, *FT-3-Si*, *FT-4-Si*, *FT-5-Si*}, {*GC-3*, *GC-4*, *GC-5*, *SG-2*, *SG-3*, *SG-4*, *SG-5*}) y para *E* ({*EP-1-Si*, *EP-2-Si*, *EP-5-Si*, *FT-2-Si*, *FT-3-Si*, *FT-4-Si*, *FT-5-Si*}, {*GC-3*, *GC-4*, *GC-5*, *P-5*, *SG-3*, *SG-4*, *SG-5*}). La figura 17 muestra los atributos y objetos que se caracterizan en los subconceptos y súperconceptos *D* y *E*.

Figura 17

Representación esquemática de los conceptos C, D y E seleccionando las agrupaciones del subconcepto y súperconcepto



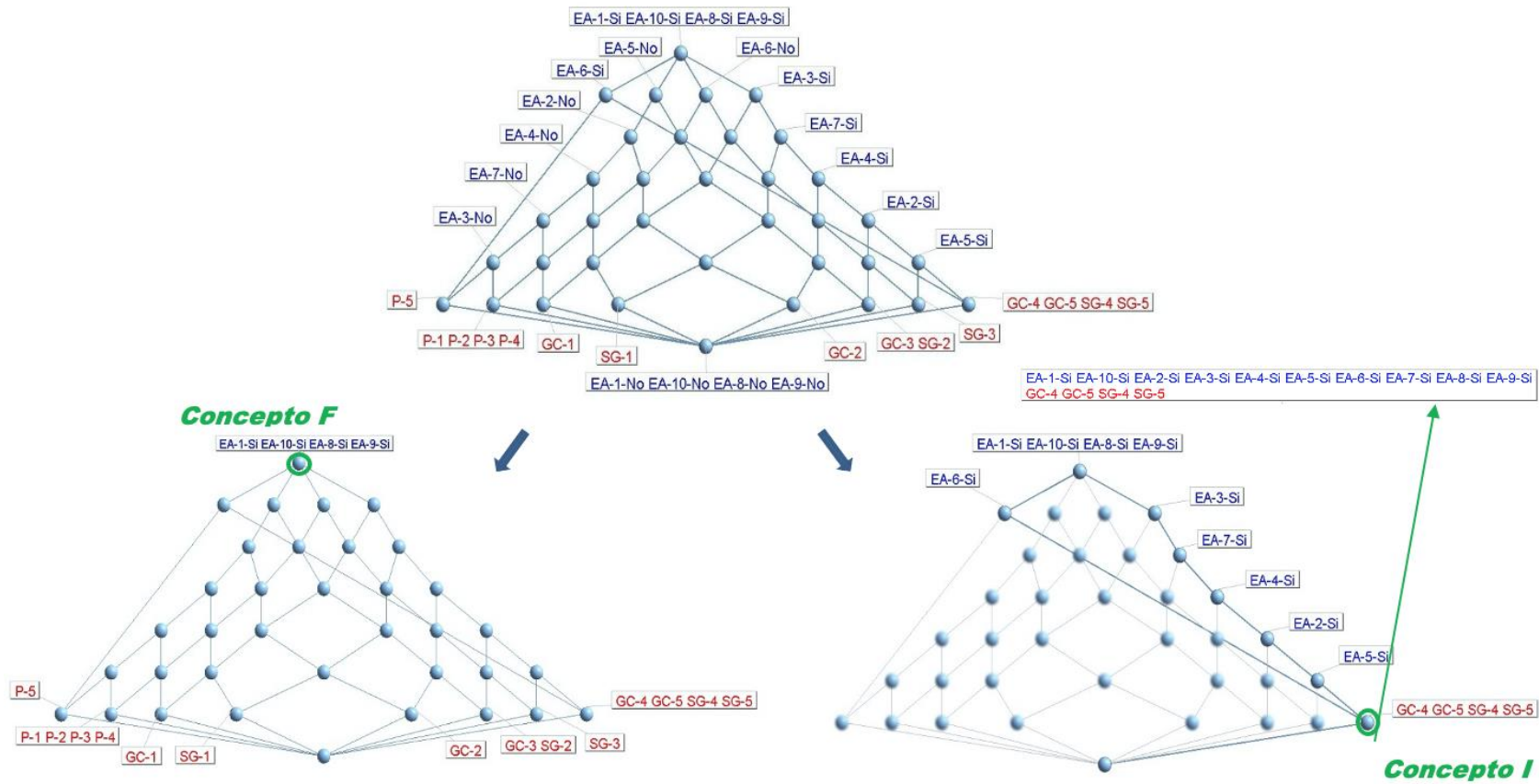
Nota. Esta figura representa los atributos y objetos que se agrupan mediante una relación subconcepto-súperconcepto extraídos de los conceptos C-D y C-F.

4.2.1.2 Contexto 2. Resultados del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos al Desarrollo o no de Habilidades Actitudinales en Relación con los Criterios de desempeño y de Producto en la Estimación del Aprendizaje Mediante la Triangulación de Información. Este contexto cuenta con los objetos

conformados por los grupos focales $\{GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5\}$ y los atributos corresponden a si desarrollo o no habilidades actitudinales de acuerdo con los criterios de desempeño y de producto en EA así: $\{EA-1, EA-2, EA-3, EA-4, EA-5, EA-6, EA-7, EA-8, EA-9$ y $EA-10\}$. De esta manera el contexto se expresa con la siguiente definición: Sea O el conjunto de los 15 grupos focales, A el conjunto de elementos $\{EA-1, EA-2, EA-3, EA-4, EA-5, EA-6, EA-7, EA-8, EA-9$ y $EA-10\}$ con los que O cumple o no con el desarrollo de habilidades actitudinales de EA y R una relación binaria entre O y A . Un contexto formal C se define como estructura $C: (O; A; R)$ y donde la figura 18, muestra el retículo que se genera de este contexto.

Figura 18

Retículo de conceptos que corresponden a los resultados de evaluación de la estimación del aprendizaje (EP)



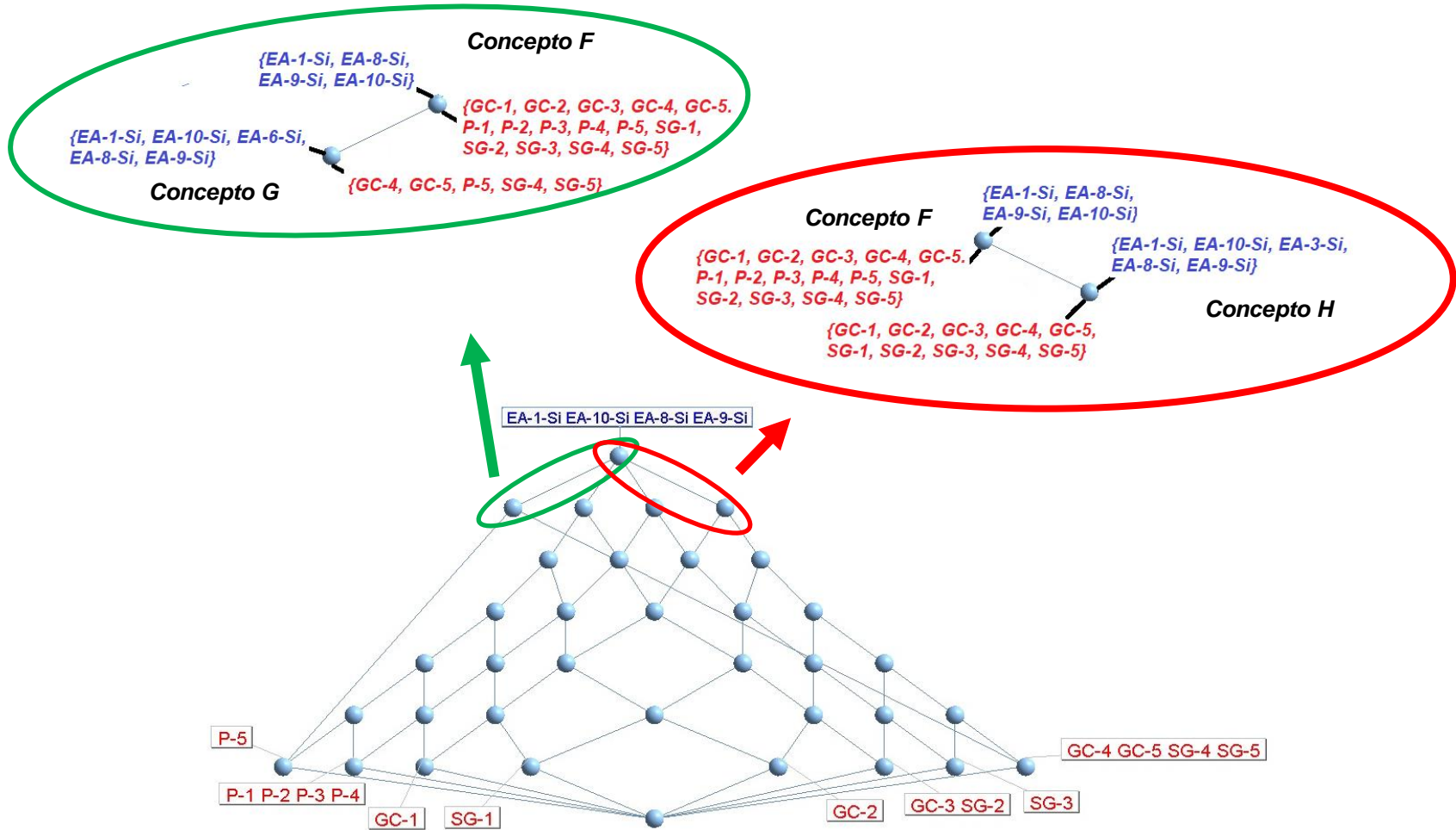
Nota. Diagrama de líneas generado mediante la aplicación del software *Lattice Miner 2.0*, contiene objetos con grupos focales de las tres sedes y de atributos los resultados de la *EP*.

El concepto *F* se eligió de 36 conceptos por tener el menor número de atributos que cumplen con el desarrollo de habilidades actitudinales de acuerdo a los criterios de *EA* (4 atributos) y mayor número de objetos relacionando varias sedes (15 objetos). Este concepto cumple con los siguientes atributos: Demuestra solidaridad y compromiso por compartir el cuidado de las plantas con los compañeros del colegio y no permitir que sean maltratadas, observan en el entorno escolar contaminantes como gases y humo, experimentan emociones al ensuciarse las manos sembrando plantas y demuestran emociones positivas al contribuir al cuidado de las plantas y, los objetos que aparecen son: {*GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5*}. Este concepto se formaliza así: ({*GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5*}, {*EA-1-Si, EA-8-Si, EA-9-Si, EA-10-Si*}).

El concepto *F* fue tomado como un súperconjunto donde se exploran los subconjuntos que con él se relacionan, es decir, se analizaron los subconceptos que se agrupan y se caracterizan con el cumplimiento de los criterios relacionado de manera jerárquica en el retículo obtenido los conceptos *F, G* y *H*. La figura 19 muestra los subconceptos que se relacionan de los conceptos *F-G* y *F-H*. Estas agrupaciones se formalizan así: Para el concepto *F* y *G* se tiene ({*GC-4, GC-5, SG-4, SG-5, P-5*}, {*EA-1-Si, EA-6-Si, EA-8-Si, EA-9-Si, EA-10-Si*}) y ({*GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5*}, {*EA-1-Si, EA-8-Si, EA-9-Si, EA-10-Si*}) y para *F* y *H* se tiene ({*GC-1, GC-2-Si, GC-3-Si, GC-4-Si, GC-5, SG-1-Si, SG-2-Si-SG-3-Si SG-4, SG-5*}, {*EA-1-Si, EA-3-Si, EA-8-Si, EA-9-Si, EA-10-Si*}) y ({*GC-1, GC-2, GC-3, GC-4, GC-5, SG-1, SG-2, SG-3, SG-4, SG-5, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5*}, {*EA-1-Si, EA-8-Si, EA-9-Si, EA-10-Si*}).

Figura 19

Representación esquemática del concepto G y H seleccionando las agrupaciones del subconcepto y súperconcepto



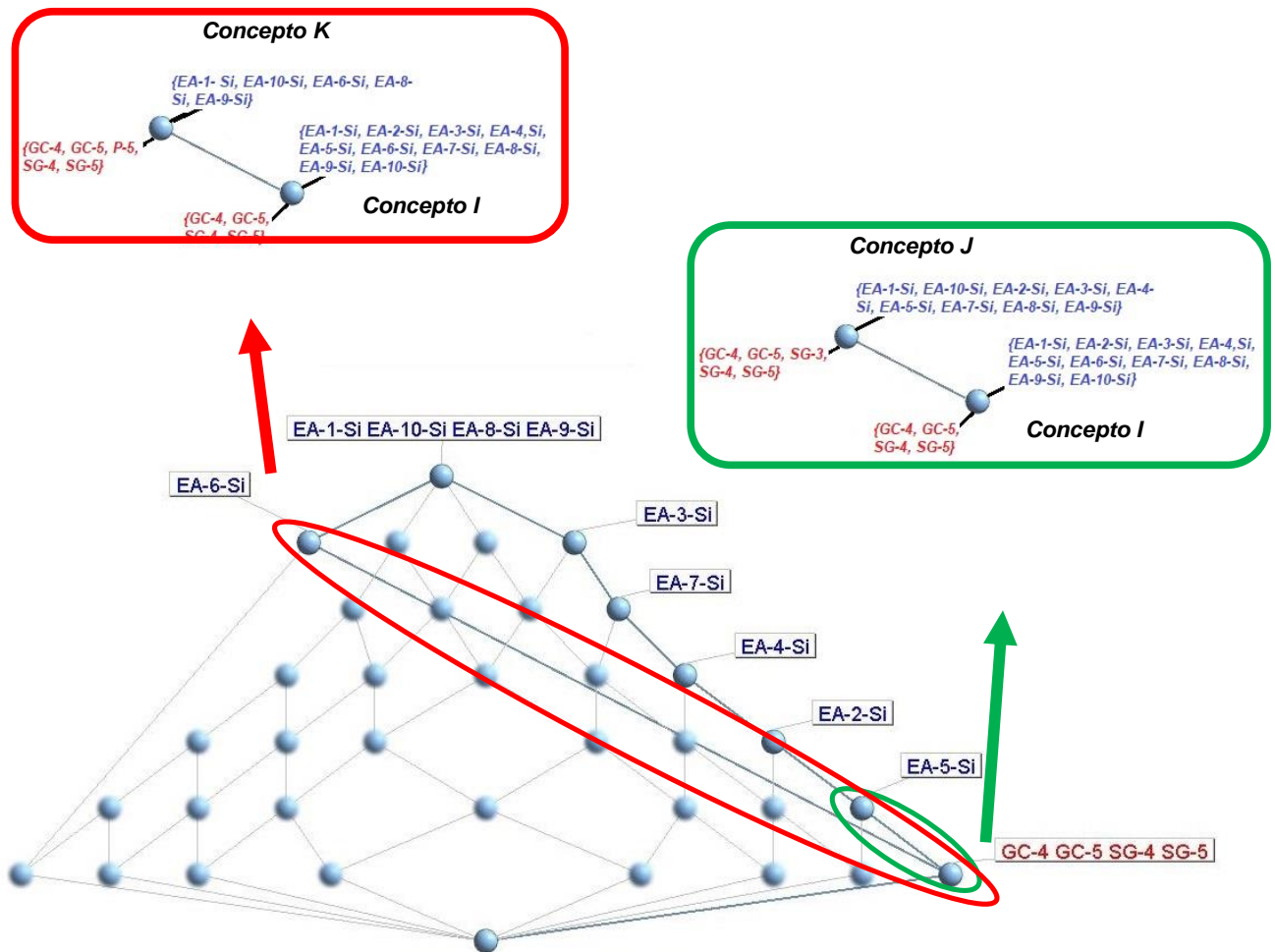
Nota. La figura muestra los atributos y objetos que se agrupan en relación a los conceptos *G-F* y *H-F*.

Al explorar el retículo de conceptos obtenido se evidencia que el concepto *I* que se muestra en la figura 19 se caracteriza por tener el mayor número de atributos que cumplen con el desarrollo de habilidades actitudinales de acuerdo a los criterios de *EA* (10 atributos) y menor número de objetos que contienen varias sedes (4 objetos). Este concepto cumple con los atributos de: Demuestra solidaridad y compromiso por compartir el cuidado de las plantas, experimenta emociones al ensuciarse las manos mientras realiza actividades educativas con plantas, se motiva al trabajar actividades teórico-prácticas con plantas para aplicar fitorremediación, se motivan al desarrollar operaciones matemáticas, lecturas y usos de aplicaciones y programas en internet para comprender los mecanismos de fitorremediación y los objetos que aparecen son: {*GC-4*, *GC-5*, *SG-4*, *SG-5*}. Este concepto se formaliza así: ({*SG-4*, *SG-5*, *GC-4*, *GC-5*}, {*EA-1-Si*, *EA-2-Si*, *EA-3-Si*, *EA-4-Si*, *EA-5-Si*, *EA-6-Si*, *EA-7-Si*, *EA-8-Si*, *EA-9-Si*, *EA-10-Si*}).

Para el concepto *I* se analizaron los superconjuntos que se agrupan y se caracterizan por el cumplimiento al desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de acuerdo a los criterios de desempeño y de producto de *EA* en su relación de orden jerárquica. La figura 20 muestra los conceptos *J* y *K* que se relacionan con el concepto *I*. Estas agrupaciones se formalizan así: Para la relación del concepto *I* y *J* se tiene ({*GC-4*, *GC-5*, *SG-3*, *SG-4*, *SG-5*}, {*EA-1-Si*, *EA-2-Si*, *EA-3-Si*, *EA-4-Si*, *EA-5-Si*, *EA-7-Si*, *EA-8-Si*, *EA-9-Si*, *EA-10-Si*}) y ({*GC-4*, *GC-5*, *SG-4*, *SG-5*}, {*EA-1-Si*, *EA-2-Si*, *EA-3-Si*, *EA-4-Si*, *EA-5-Si*, *EA-6-Si*, *EA-7-Si*, *EA-8-Si*, *EA-9-Si*, *EA-10-Si*}) y para *I-K* se tiene ({*GC-4*, *GC-5*, *P-5*, *SG-4*, *SG-5*}, {*EA-1-Si*, *EA-6-Si*, *EA-8-Si*, *EA-9-Si*, *EA-10-Si*}) y ({*GC-4*, *GC-5*, *SG-4*, *SG-5*}, {*EA-1-Si*, *EA-2-Si*, *EA-3-Si*, *EA-4-Si*, *EA-5-Si*, *EA-6-Si*, *EA-7-Si*, *EA-8-Si*, *EA-9-Si*, *EA-10-Si*}).

Figura 20

Esquema de representación de los conceptos J y K y su relación con el concepto I



Nota. Los objetos y atributos que se muestran en esta figura corresponden a los superconjuntos extraídos del concepto I en relación a su jerarquía.

Para finalizar este capítulo se concluye que los resultados obtenidos de la información recolectada inicialmente a través de la entrevista y el uso del *software* de libre acceso QDA Miner, brindaron una interpretación comprensible a partir de representaciones gráficas ilustrativas y didácticas para preparar la discusión. El uso del FCA permitió generar conceptos formales representados en agrupaciones de objetos y atributos con base en los grupos participantes y las categorías de este estudio. En general, los resultados obtenidos muestran diferencias entre los

grupos participantes de cada sede de estudio, con respecto al desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y comportamentales resultantes de la implementación de actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental enunciadas en este estudio.

CAPÍTULO V DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El capítulo comienza con las discusiones de los resultados obtenidos de las entrevistas con los participantes mediante un análisis de contenido utilizando el QDA Miner. Seguidamente, se cuestionan los resultados obtenidos del contexto correspondiente de las listas de chequeo y de producto con criterios evaluativos de estrategias pedagógicas y fitorremediación. Se finaliza contravirtiendo los resultados mediante triangulación de información obtenida del contexto con criterios evaluativos para la estimación del aprendizaje y se describen las conclusiones pertinentes.

5.1 Discusión de Resultados

5.1.1 Discusión Basada en los Resultados de la Recopilación de Información Inicial de la Entrevista y Aplicación del QDA Miner 2.08

El interés de la entrevista en este estudio se basó en explorar el desarrollo de las habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de los participantes con base en elaboración, mantenimiento y actividades pedagógicas con huertos en el entorno escolar. Desde un aspecto cognitivo y constructivo, la búsqueda consistió en establecer la participación en programas de mejoramiento ambiental, el reconocimiento de los problemas ambientales del sector y el uso de los recursos naturales de su entorno con aplicación de la fitorremediación. En la exploración de la información obtenida, se hallaron opiniones expresadas por los participantes que representan relevancia en el análisis de contenido que se describe a continuación:

La figura 11 muestra la importancia de los grupos en estudio de la sede San Gerardo por la participación escolar y el uso de los recursos educativos en su formación, situación que se evidencia en las respuestas favorables que contrastan mínimamente con algunas respuestas desfavorables. Sin embargo, si bien se visualiza una tendencia corta favorable en la proyección docente-

estudiante, no se muestra como significativa frente al resultado desfavorable y se evidencia en el caso del uso de las disciplinas científicas, que es posible que un proceso de enseñanza necesite establecerse con desarrollo cognitivo, procedimental y actitudinal desde un enfoque interdisciplinario. Al hallazgo favorable en la estimación del aprendizaje asocia-analiza, podría indicar que los participantes se han involucrado en el uso de recursos naturales y en la posible comprensión de problemas ambientales de su entorno escolar, ya que esta estimación con percepción positiva podría validar lo que según Uzcátegui-Lares y Albarrán-Peña (2020), hacen referencia a la conexión con la naturaleza y su relación con la comprensibilidad de las situaciones reales en el entorno escolar.

La figura 12, muestra una tendencia favorable a la implicación escolar, recursos educativos, disciplinas científicas y proyección docente-estudiante, indicando que participantes de San Gerardo tienen algunas habilidades para reconocer contaminantes del entorno escolar, actuar en procesos de embellecimiento físico usando plantas y participando con docentes en actividades educativas que incluyen la siembra y la conservación. Las disciplinas científicas, la proyección docente-estudiante y asocia-analiza, revelan habilidades cognitivas y actitudinales de los participantes, cuando logran asociar conceptos ambientales y analizar situaciones que se presentan dentro del entorno del huerto, como por ejemplo: Cantidad y tipos de plantas en el colegio, problemas que ocurren cuando no hay servicio de agua para hidratación y la falta de personal para conservarlas de manera frecuente. Este hallazgo evidencia que esta población participante muestra algunas habilidades procedimentales, pues se encargan del cuidado y protección de algunas plantas que cuentan en la institución, sin embargo, no se menciona específicamente que la conservación esté a cargo de personal diferente a docentes y estudiantes, lo que indica la necesidad de un presupuesto especial para su sostenimiento como lo indican estudios de Duncan *et al.* (2016) y Lohr *et al* (2022).

De acuerdo a lo que muestra la figura 13, la población participante de la sede Principal evidencia que no cuentan con suficientes plantas en su entorno físico como se observa en el resultado de recursos educativos, lo que indica que las habilidades cognitivas de los participantes no son favorables al no reconocer algunos tipos de plantas y funciones que cumplen para el medio ambiente. La proyección del docente-estudiante y disciplinas científicas, revelan que en esta sede faltan estrategias pedagógicas que ayuden a facilitar la formación de los participantes en el aprendizaje ambiental, generando habilidades que se transformen en acciones dentro del aula y se proyecten más tarde en acciones sociales favorables para el medio ambiente. Esta figura 13 también revela en su tendencia desfavorable en asociar y analizar conceptos ambientales, que los participantes no puedan desarrollar habilidades comportamentales necesarias para conservar el medio ambiente, información que debe ser tenida en cuenta, ya que estudios como el de Austin (2021) sugieren la importancia de promover conceptos ambientales a partir de los recursos naturales del entorno escolar para que los estudiantes puedan valorar el cuidado de la naturaleza.

Con respecto a los resultados obtenidos de PG1 para esta sede San Gerardo, se deduce que los participantes demuestran la experiencia de aprendizaje articulada a una enseñanza previa. Esto indica que los participantes demuestran sus comportamientos ambientales asociados a los resultados de trabajo educativo con actividades teórico-prácticas, donde según Whitburn *et al.* (2019), se relacionan cuando existe una participación académica dinámica utilizando la conexión con su entorno natural. Es decir, se logran aprendizajes importantes cuando se realizan actividades que involucran prácticas como complemento a las bases teóricas, fortaleciendo las habilidades para que los individuos puedan hacer frente a determinadas situaciones ambientales.

En Gilma Casado, los resultados de PG1 muestran opiniones que incluyen la participación y comprensión que es considerablemente importante en la construcción de huertos escolares como

recurso educativo para fortalecer habilidades cognitivas y constructivas a través de actividades teóricas y prácticas. El desarrollo de estas habilidades se involucra mediante enfoques interdisciplinarios, ya que se aprecia entre las opiniones un factor relevante para lograr aprendizajes a partir de situaciones del entorno escolar y la proyección que comparten en la enseñanza con los docentes. Estos resultados pueden ser similares a los estudios de Brill *et al.* (2018), donde estiman que los estudiantes pueden comprender los problemas ambientales desde su entorno escolar y social, siempre que reciban una transferencia de conocimiento que probablemente surja de la educación implementada en las escuelas o que en algunos casos se adquieren de experiencias globales.

En la sede Principal, resultados de PG1 muestra diferencias en comparación con Gilma Casado y San Gerardo, esto se debe a que en el año 2017 (un año antes de este estudio) esta sede no recibió una charla previa sobre conceptos de fitorremediación como alternativa de descontaminación, mientras que si ocurrió con los niños de Gilma Casado y San Gerardo. Sin embargo, el ECOLBA no cuenta con una política educativa interna que priorice la transferencia de estos conocimientos y el mantenimiento de los recursos naturales del entorno en sus proyectos escolares, lo que limita promover el desarrollo cognitivo y comportamental con acciones de cuidado y conservación de la naturaleza. Incorporar estas políticas de transferencia de conceptos de fitorremediación, puede permitir según Edwards-Jones *et al.* (2018), criterios de mejora que, en este caso, se utilizarían para mantener el entorno natural escolar y la formación con actividades que relacionen la interacción de la naturaleza con los problemas que ocurren en su mismo ambiente.

De las respuestas que caracterizan a la pregunta PG2, se evidencia que en Gilma Casado las acciones educativas se reciben con interacción con el huerto, y como resultado, se logra generar un efecto positivo que motiva y despierta el interés de los participantes por reconocer lo que hacen.

Es decir, se aprecia un leve desarrollo de habilidad procedimental para conservar el entorno escolar y una habilidad actitudinal que se demuestra al generar transformaciones interesantes en sus vidas para reutilizar materiales plásticos reciclados para la siembra de plantas. Este efecto favorable puede estar relacionado con los estudios de Duncan *et al.* (2016) y Lohr *et al.*, (2022), donde afirman que desarrollar actividades educativas prácticas con intervención de áreas verdes, permiten a los niños generar curiosidad y explorar otras características que las plantas realizan a medida que avanza su edad.

Para la sede San Gerardo en la respuesta a PG2, se identifica un efecto favorable en los participantes en aspectos de implicación escolar, recurso educativo, proyección docente-estudiante y asocian-analizan conocimientos, lo que deduce una aceptable habilidad procedimental y conductual, esto demostrado a través de la preocupación en la conservación de los recursos naturales del entorno escolar. Esta actitud expresiva mediante la preocupación surge, ya que, al momento de este trabajo investigativo, la institución tenía muchos días de anormalidad académica y adicionalmente la sede no contaba con personal de vigilancia, oficios varios, jardineros, entre otros. Estos hallazgos se pueden interpretar como lo afirman Kuo *et al.* (2019), donde estiman que un componente esencial en las experiencias de los niños al plantar e interactuar con los huertos escolares se basa en la forma en que se fomentan las actitudes emocionales de los estudiantes al expresar interés por conservar la naturaleza.

Con respecto a la sede Principal en la respuesta a PG2, se demuestra una tendencia desfavorable en la implicación escolar, disciplinas científicas, recurso educativo y proyección docente-estudiante para actividades de siembra de plantas, sin embargo, se reconoce que existen situaciones donde han sido motivados para sembrar y conservar las plantas del colegio. Estas opiniones muestran que, si bien se les ha inducido a elaborar huertos en la institución escolar, deja

también un vacío involucrado en conductas pasivas, al no mostrar señales emocionales que estimen su aprendizaje. Según Hammarsten *et al.* (2019), cuando el niño recibe una enseñanza estructurada en criterios y prácticas interactuando con las plantas de los huertos escolares, podría aumentar su interés en identificar algunas de ellas, situación que es posible percibir en la respuesta obtenida para esta sede.

Algunos detalles cognitivos se encuentran en las respuestas a PG3, donde la mayor parte de los resultados demuestran que los participantes de las tres sedes de estudio reconocen que la existencia de plantas en su entorno escolar no es realmente suficiente. Sin embargo, se observan aspectos actitudinales interesantes en San Gerardo cuando los participantes manifiestan la preferencia para tener plantas en el colegio, esto según Akoumianaki-Ioannidou *et al.* (2016), se debe a las características funcionales de las plantas que, mediante la sombra nos protege directamente de la luz solar y proporciona un aroma agradable cuando tienen flores, entre otros. Esta revelación de interpretación comprensible, puede indicar según Bandehali *et al.* (2021), los beneficios ambientales y aceptables estéticamente que tienen las plantas para la población o en un determinado lugar.

Los resultados obtenidos de PG4 en las tres sedes muestran similitud cognitiva y conductual en las expresiones de los participantes. Aquí se evidencia que los niños reconocen el bienestar y el impacto que reciben al tener cubiertas vegetales dentro del área escolar. Esto concuerda con los estudios de Kuru *et al.* (2020), quienes afirman que las condiciones físicas del colegio con el uso de los huertos, no solo es un apoyo para el proceso de aprendizaje, sino que también pueden ser espacios de descanso y recreación de los estudiantes.

Los resultados que corresponden a PG5 muestran en los participantes diferencias en el desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de aprendizaje ambiental, ya que se evidencia que en las sedes San Gerardo y Gilma Casado, reconocen el uso de actividades educativas con huertos, mientras que no ocurre esta situación en la sede Principal. Las opiniones del reuso de materiales, evidencia que los participantes en Gilma Casado y San Gerardo han participado en la elaboración de macetas y siembras, promoviendo espacios verdes para el entorno escolar, sin embargo, no se conceptualiza los mecanismos de las plantas para depurar contaminantes. Estos resultados muestran que la fitorremediación no está conceptualizada y posiblemente se desaprovecha la aplicación didáctica de las plantas, donde según Hammarsten *et al.* (2019), agregar nueva terminología a la enseñanza podría facilitar positivamente la adquisición de habilidades teórico-prácticas y la exploración en profundidad de un tema de particular interés.

Con respecto a los resultados que se describen de la figura 14, en esta información se demuestra que existe deficientes recursos naturales en los diferentes sitios de estudio, sin embargo, la participación escolar en actividades de siembra ha estado permitiendo incrementar el número de cobertura vegetal de las sedes. Otro resultado relevante se manifiesta en las afirmaciones sobre la posible presencia de algunas industrias cercanas a las instituciones escolares, demostrando en los estudiantes una preocupación por detectar que contribuyen a la contaminación del sector, lo que demuestra una habilidad cognitiva y comportamental frente a la situación de su entorno. Estos resultados comprueban que la cantidad de recursos naturales en las sedes de estudio no estaban suficientemente dotadas para permitir el desarrollo de actividades pedagógicas con interacción con las plantas, y donde, según Harvey *et al.* (2020), contribuirían a espacios adecuados para mejorar la conexión y exploración de los estudiantes con la naturaleza.

Los hallazgos preliminares encontrados de la entrevista con los grupos participante de las

tres sedes de estudios del ECOLBA, indican la necesidad de suministrar plantas para fortalecer los huertos escolares. Así mismo, en algunos grupos se identificaron percepciones interesantes de las propiedades que las plantas pueden ofrecer en un ambiente escolar. Esta información, contribuye a estimar la elaboración y mantenimiento de huertos escolares, para implementar la fitorremediación que beneficie al entorno escolar en la depuración de contaminantes del aire y en la formación como recurso educativo, donde según Kuru *et al.* (2020) se permitiría un acondicionamiento escolar con un ambiente agradable para la enseñanza y aprendizaje.

5.1.2 Discusión de los Resultados de la Observación y Evaluación del Desarrollo de las Habilidades Cognitivas, Constructivas y Actitudinales de Aprendizaje Ambiental y Aplicación del Análisis Formal de Conceptos.

5.1.2.1 Contexto 1. Discusión de Resultados del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos que Corresponden al Desarrollo o no de Habilidades Cognitivas y Constructivas en Relación con los Criterios de Desempeño y de Producto en Fitorremediación y Estrategias Pedagógicas. Con base en el resultado del concepto A en la figura 16, este concepto muestra el criterio descrito en el punto 3.8.3.1 para selección de conceptos, lo que indica que tienen el menor número de atributos (2) y el mayor número de objetos (12).

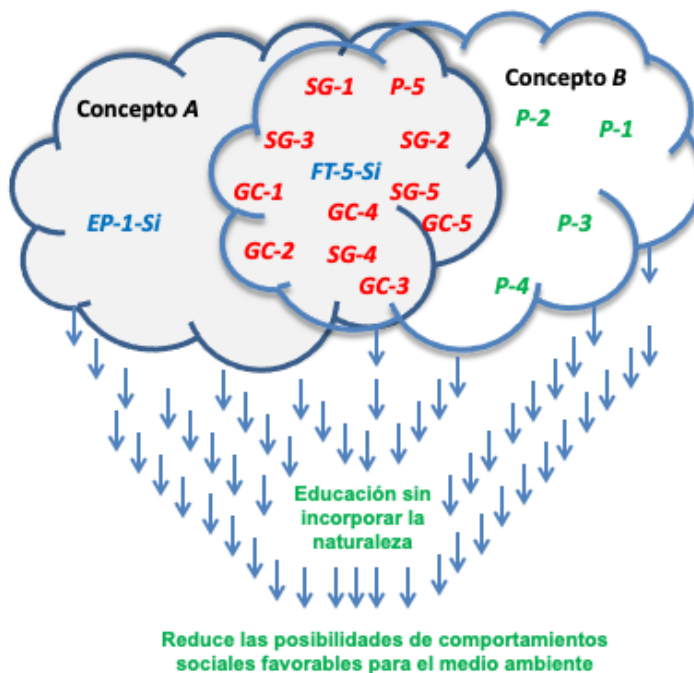
Este concepto A presenta los grupos focales de las sedes de San Gerardo y Gilma Casado con una mayor tendencia a participar con los profesores en actividades de embellecimiento escolar mediante la plantación y conservación de árboles, es decir, muestran habilidades constructivas para desempeño ambiental, así como para detectar un ambiente fresco y percibir olores agradables al estar en entornos escolares cubiertos de vegetales, lo que indica una habilidad cognitiva, sin

embargo, esta apreciación no fue percibida en los grupos focales de 1ro a 3ro de la sede principal. Este hallazgo indica que los grupos focales de 1ro a 3ro de la sede principal, probablemente al no estar involucrados con actividades de formación en el uso de las plantas como recurso educativo, pueden tener una visualización diferente, donde según Acharya *et al.* (2020), encontraron que, implementando efectivamente el trabajo escolar con base en las plantas, permite a los estudiantes aprovechar su entorno natural para jugar, caminar, estudiar, entre otros.

Las agrupaciones que se analizaron en relación a los conceptos *A* y *B*, mostradas en la figura 16, evidencian que todos los grupos participantes tienen la habilidad cognitiva de reconocer, a través de la detección, ambientes frescos y agradables en su entorno escolar. Sin embargo, el desarrollo de esta habilidad cognitiva no es demostrable en los grupos participantes con menor grado escolar, como ocurre de 1ro a 3ro. Esta situación se esquematiza en la figura 21 y resulta preocupante, porque una educación que no brinde estrategias prácticas que incorporen la naturaleza, podría reducir las posibilidades de adquirir nuevos conocimientos y comportamientos positivos en los estudiantes para usar los recursos naturales como lo encontró Akerson *et al.* (2019).

Figura 21

Representación gráfica de los conceptos A y B con los objetos, atributos y el posible efecto de desempeño



Nota. La coloración verde en las precipitaciones indica la causa y el efecto de los objetos correspondientes a los grupos de la sede Principal.

También se estudió el concepto C de la figura 15, que tiene el mayor número de atributos (9) y el menor número de objetos (6) representando varias sedes, que en este caso fueron los grupos participantes de 3ro, 4to y 5to de las sedes Gilma Casado y San Gerardo. Este concepto C se refiere a la caracterización de realizar actividades con docentes y organizar horarios para embellecer y cuidar las plantas, aplicar la conceptualización de la fitorremediación usando las plantas como recurso, usar materiales de reciclaje para hacer macetas, verificar cuántas plantas hay en el colegio y dar el nombre de algunas de ellas, detectar ambientes fresco y percibir olores agradables al estar cerca de las plantas y mostrar la importancia de construir huertos para reducir la contaminación y

preservar el entorno natural de la escuela. Los resultados indican que, para todas las sedes, los grados 1ro y 2do no se caracterizan por estos atributos, generando un resultado desfavorable para el desarrollo de habilidades cognitivas y constructivas de aprendizaje ambiental, esto puede ocurrir porque la enseñanza no está siendo recibida adecuadamente como afirman (Pirchio *et al.*, 2021; Rickinson, 2001), es importante enseñar de acuerdo a las necesidades de los estudiantes para conocer hechos relevantes y expresar comportamientos positivos sobre aspectos ambientales.

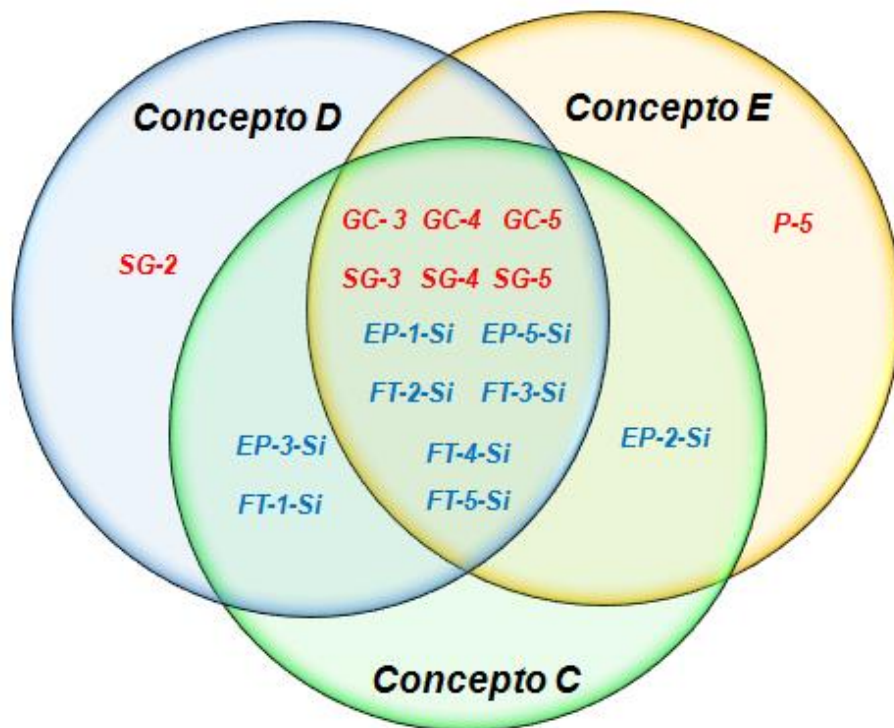
Para explorar el concepto *C* se analizaron los súperconjuntos que en él se relacionan, es decir, los conceptos *D* y *E* que se mostraron en la figura 17 y las diferencias encontradas en relación a los conceptos *C* y *D* y los conceptos *C* y *E* se describen en la figura 22. Para *C* y *D*, en este caso *C* contiene los objetos {*SG-3*, *SG-4*, *SG5*, *GC-3*, *GC-4*, *GC-5*}, mientras que para *D* además de contener los objetos de *C* también tiene a {*SG-2*}. Las diferencias encontradas en estos conceptos muestran en *D* que el grupo de 2do grado de San Gerardo no se caracteriza por organizar horarios con compañeros de clase para el cuidado de plantas, lo que demuestra que para este grupo no existe participación de los niños para el cuidado de las plantas, mostrando pocas habilidades procedimentales en el desempeño ambiental, lo que podría reducir las actividades colaborativas que según Huys *et al.* (2017), ayudan a fomentar acciones sociales atractivas al medio ambiente.

Para el caso de *C* y *E*, el concepto *E* contiene todos los objetos de *C* y además tiene a {*P-5*}. Una característica interesante de este concepto *E*, es que el grupo de quinto primaria de la Principal, no se caracteriza por realizar actividades con huertos escolares como recurso educativo para enseñar la fitorremediación, lo que reduce la posibilidad en los estudiantes para que desarrollen habilidades cognitivas y constructivas de aprendizaje ambiental. Es necesario tener en cuenta la disposición y motivación del docente para acudir al uso de las plantas del entorno escolar y enseñar conceptos novedosos de aprendizaje ambiental, para promover según Norwood *et al.*

(2019), una interacción entre los estudiantes, docentes y la naturaleza, generando en esta conexión efectos favorables de comportamiento ambiental.

Figura 22

Diagrama de Venn con referencia a los grupos focales de las tres sedes en estudio con sus respectivas características en los conceptos C, D y E



Nota. Los grupos de 1ro en las tres sedes y la característica de EP-4-Si, no se incluyen en este diagrama porque no están contenidos en los conceptos estudiados C, D y E.

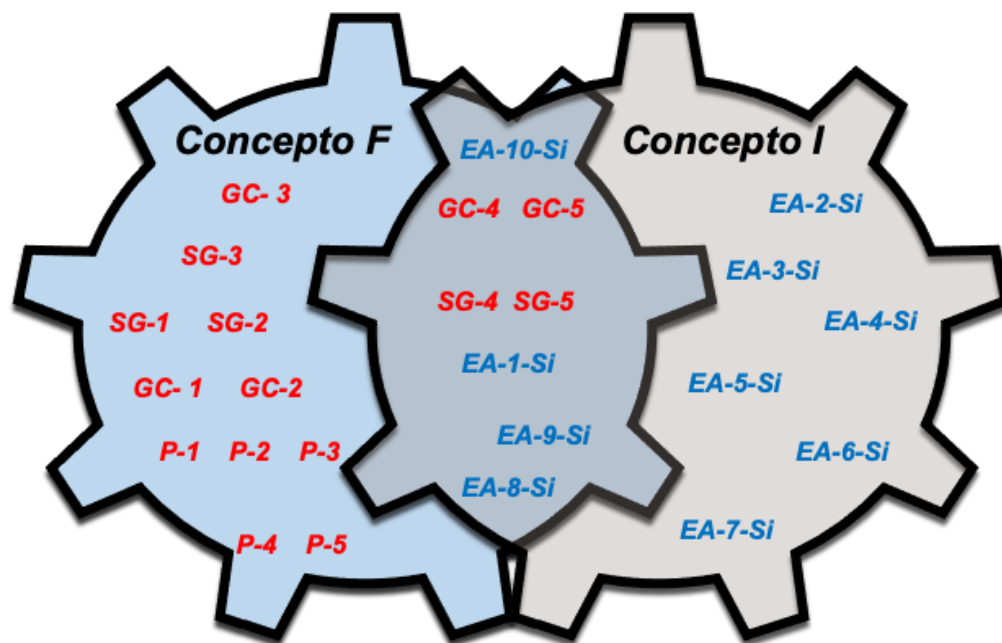
5.1.2.2 Contexto 2. Discusión de los Resultados del Contexto Formal que Tiene como Objetos los Grupos Focales de las Tres Sedes y los Atributos al Desarrollo o no de Habilidades Actitudinales en Relación con los Criterios de desempeño y de Producto en la Estimación del Aprendizaje Mediante la Triangulación de Información. El retículo de conceptos representado

en la figura 18 muestra los conceptos *F* y *I* tomados por cumplir con los criterios de selección descritos en el punto 3.8.3.2. Se observa que estos dos conceptos no están relacionados jerárquicamente, sin embargo, se realizó la exploración entre ellos y se describieron sus características como se representa en la figura 23. Aquí es interesante la característica {*EA-8-Si*}, donde indica que todos los grupos de las tres sedes detectan contaminantes como gases o humo en el entorno escolar, significando una posible alerta, ya que la exposición frecuente a una mala calidad del aire mientras se realizan actividades académicas, podría tener implicaciones negativas en la salud con disminución del desarrollo cognitivo (Bergstra *et al.*, 2018) y falta de atención (Pérsico & Venator, 2021).

Otro hallazgo interesante ha sido encontrar que los grupos de estudio se caracterizaron por demostrar compromisos con el cuidado de las plantas y experimentar emociones positivas al ensuciarse las manos al sembrar, como lo indica la presencia de los atributos {*EA-1-Si*, *EA-9-Si*, *EA-10-Si*} en todos los objetos. Esto probablemente ocurre en los estudiantes por el contacto que tienen con los recursos naturales del entorno escolar o por las posibles áreas verdes por los que transitan y espacios donde viven. Esto podría significar que los entornos escolares, no siempre serán los únicos recursos para que los estudiantes interactúen y experimenten con la naturaleza, pero pueden convertirse en una posibilidad de adquirir o complementar conocimientos que promueven beneficios de intervención y responsabilidad social con el medio ambiente y como alternativa para la depuración de los contaminantes del entorno tal como se ha propuesto en estudios de Buxton y Provenzo, (2012); Rudyanto y Widayanti, (2018) y los de Şimşek y Şenyiğit, (2020).

Figura 23

Representación de los conceptos F y I describiendo las características, objetos y relaciones



Nota. La información que se muestra en la parte central de la gráfica corresponde a los objetos y características comunes que comparten los conceptos *F* y *I*.

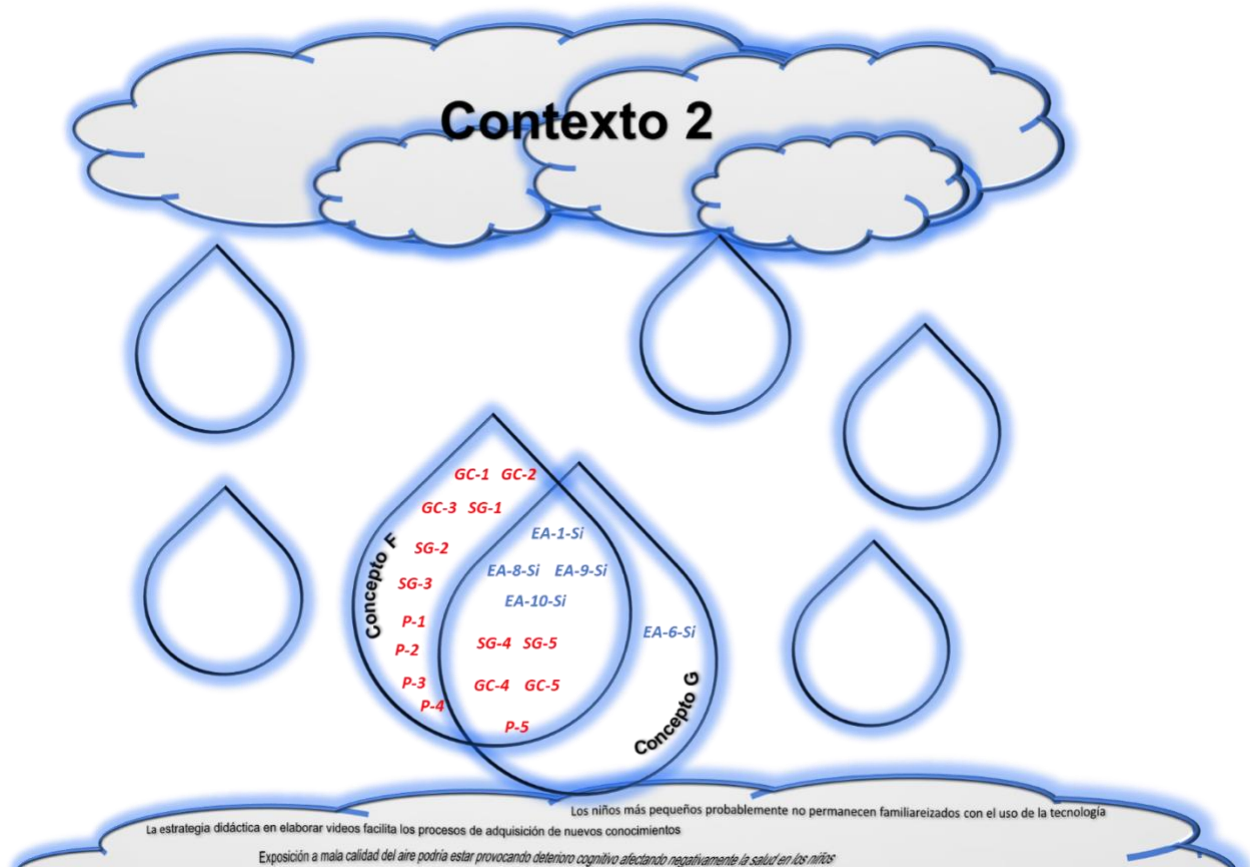
Al explorar la relación del concepto *F* con el concepto *G* que se mostró en la figura 19, se revela que el grupo de 5to grado, de manera común en las tres sedes, muestra el aprendizaje a través del uso de la tecnología mediante la elaboración de videos y la utilización del internet como una herramienta para explicar los procesos que tienen las plantas en la biotransformación de contaminantes. Sin embargo, para una mayor claridad, solo se evidencian atributos que comparten al demostrar solidaridad y compromiso con el cuidado de las plantas, la observación de contaminantes, la experimentación con el trabajo teórico-práctico con las plantas y la posible expresión de emociones positivas en las actividades, es decir, no se revela una conceptualización concreta de la fitorremediación con el uso de herramientas digitales. Este hallazgo puede demostrar

que los participantes con mayor edad en el colegio tienden a ser más curiosos por el uso de la tecnología, lo que hace interesante si usan en el desarrollo de actividades formativas la integración de conceptos de la fitorremediación, donde estudios como el de Akerson *et al.* (2019) y Lamarra *et al.* (2019), han encontrado que los estudiantes pueden adquirir nuevos conocimientos cuando se involucran con recursos tecnológicos.

La evidencia de la característica en el uso de herramientas tecnológicas a través de técnicas de realización de videos (*EA-6-Si*), comprueba que son estrategias didácticas importantes que facilitan los procesos de adquisición de nuevos conocimientos mencionados por Lara-Perea (2019), y pueden ser utilizadas para implementar el trabajo colaborativo o individual. Sin embargo, en esta relación conceptual, se aprecia que los grupos de grado inferior no se caracterizan por desarrollar habilidades con este aprendizaje, lo cual indica para esta situación de análisis, que los niños más pequeños probablemente no permanecen enteramente familiarizados con estos temas y con la tecnología actual, o que se encuentre ocurriendo una estrategia deficiente en la formación. También es posible que no hayan llevado a cabo un aprendizaje cognitivo conveniente, o la exposición a aire de mala calidad esté provocando un deterioro cognitivo que esté impactando negativamente en la salud de los niños, como se ha demostrado en estudios como el de Pérsico y Venator (2021) y, esto se puede constatar de la característica común (*EA-8-Si*), cuando el resultado obtenido muestra que la observación de contaminantes en el entorno escolar es positiva y donde esta relación se puede visualizar a través de la figura 24.

Figura 24

Representación de conceptos F y G con la descripción de las características, objetos y relaciones



Nota. La técnica hace referencia a la caída de lluvia, donde las nubes establecen el contexto 2, las gotas representan los atributos y objetos contenidos en los conceptos *F* y *G* y la caída a la superficie representa los efectos de esta relación.

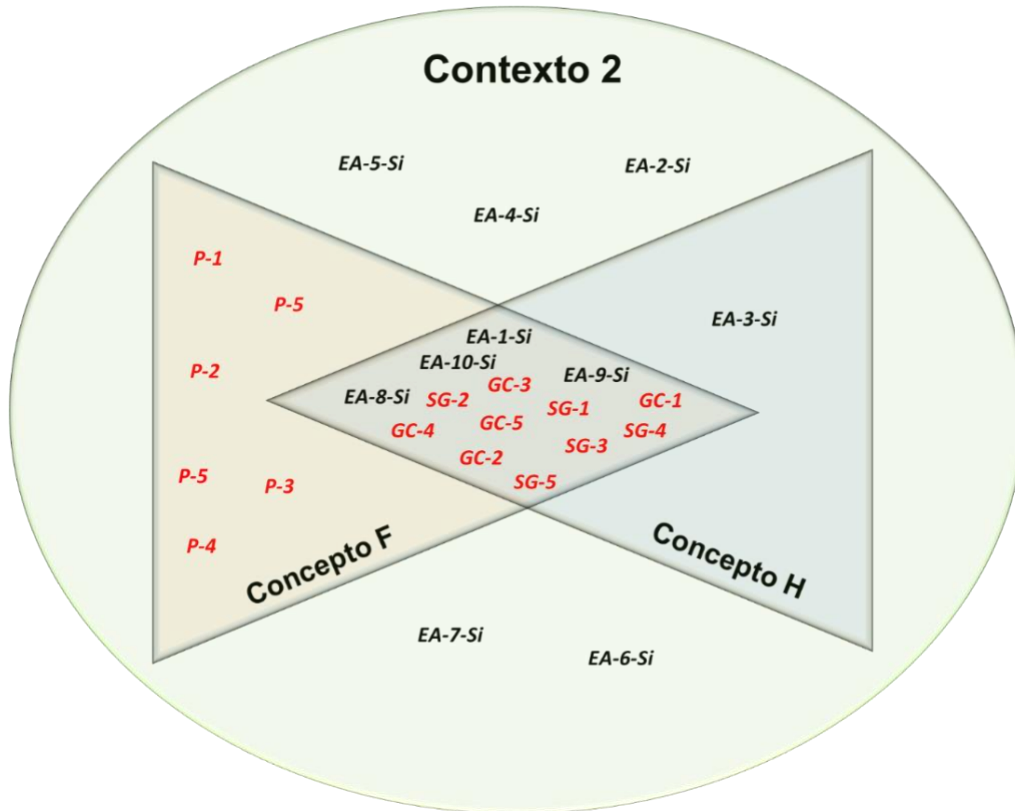
Respecto a los conceptos *F* y *H* de la figura 19, se observa que los objetos correspondientes a todos los grados de las sedes San Gerardo y Gilma Casado se caracterizan en el desarrollo de habilidades para lecturas que incluyen explicaciones basadas en los mecanismos de fitorremediación (*EA-3-Si*), mientras que esto no ocurre en el caso de los grupos de la sede

Principal, información que se describe en la figura 25. Se demuestra con este resultado que no se perciben experiencias externas sobre el aprendizaje en alternativas de fitorremediación. Este hallazgo revela que la falta de experiencia en los estudiantes sobre la introducción de conceptos a través de libros o lecturas y la mínima conexión con la naturaleza, posiblemente esté generando una respuesta negativa como lo plantean Largo-Wight *et al.* (2018) en el aprendizaje conductual deficiente.

Otra preocupación relevante en este hallazgo es el uso y enfoques en temas de interés ambiental para resolver problemas en el entorno escolar a través de la lectura. Así se han demostrado en estudios como el de Bucher (2017), que en ocasiones siguen la enseñanza y el aprendizaje mediante el uso de la lectura con libros u otras fuentes, es decir, sin utilizar prácticas con recursos naturales o actividades al aire libre, generando en los estudiantes una posible marginación de conexión con la naturaleza, reduciendo así la posibilidad para comprender los problemas del entorno y generar comportamientos de solución. Por tanto, las fallas en los aspectos cognitivos encontradas en los grupos de la sede principal, al no tener formación en el tema de los mecanismos de la fitorremediación, se expresan en una mínima interpretación y comprensión por su deficiente conocimiento.

Figura 25

Representación de conceptos F y H con la descripción de las características, objetos y relaciones



Nota. Los atributos *EA-2-Si*, *EA-4-Si*, *EA-5-Si*, *EA-6-Si* y *EA-7-Si*, hacen parte del contexto 2, pero no son características contenidas en los conceptos *F* y *H*.

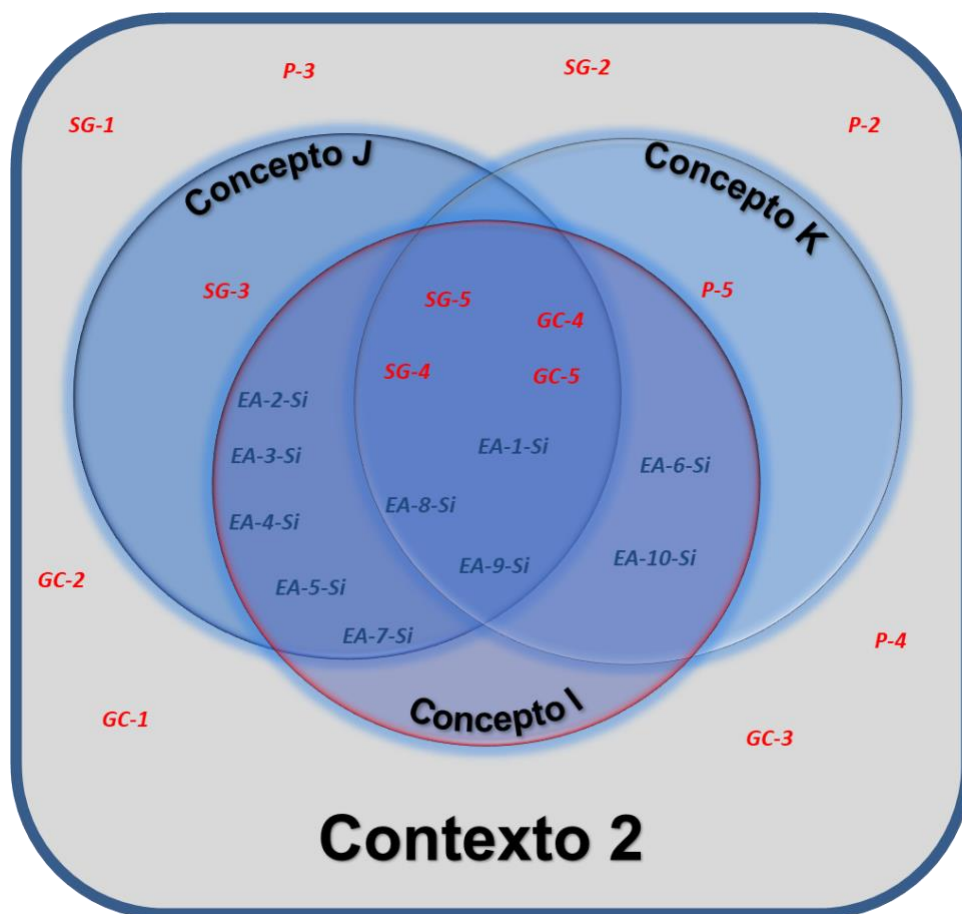
Los resultados obtenidos en las agrupaciones contenidas en los conceptos *I*, *J* y *K*, que se describen en la figura 26, evidencian que todos los grupos estudiados han observado contaminantes en el entorno escolar y que solo {*SG-4*}, {*SG-5*}, {*GC-4*} y {*GC-5*} manifiestan efectos positivos en todas las características de estimación de aprendizaje aplicadas para este trabajo. Es decir que para estimar el aprendizaje se mostró positivamente en los participantes de mayor grado, o lo que puede ser lo mismo, los participantes de menor grado no desarrollaron habilidad actitudinal en todas las características de estimación de aprendizaje. Esto confirma el estudio realizado por Huys

et al (2017), donde encontraron que los niños de 5to grado de primaria mayores de 10 años de edad, muestran adaptabilidad al uso y conocimiento de las plantas a través del huerto, aunque las actividades prácticas adecuadas a las necesidades del estudiante en formación podrían influir positivamente en la respuesta de los niños.

De estos resultados se puede deducir que el aprendizaje en la aplicación de la fitorremediación para la escuela primaria, probablemente podría beneficiar a los niños con mayores niveles de escolaridad. Por tanto, el éxito de los resultados puede depender de muchos factores que intervienen en el proceso de enseñanza y el aprendizaje de estos niños. Este hallazgo podría tener similitud con lo que ocurrió en el estudio de Lohr *et al.* (2020), donde encontraron que es necesario comparar actividades prácticas al aire libre y estimar el tiempo de disposición para que los estudiantes tengan un impacto positivo en el aprendizaje.

Figura 26

Esquema que representa las relaciones de las agrupaciones contenidas en los conceptos I, J y K



Nota. Los grupos de primaria en escolaridad superior de Gilma Casado y San Gerardo representan el interés relacional en los conceptos *I*, *J* y *K*.

Para los conceptos *I* y *J* se observa que el 3er grado de San Gerardo no se caracteriza por experimentar emociones positivas para cuidar las plantas, sin embargo, si muestra la característica de la solidaridad para preservarlas compartiendo compromisos con los compañeros. Esta información apunta a una realidad de trabajo colaborativo comparado con alguna disposición individual, es decir, que los participantes de este grupo probablemente se verían estimulados al

mostrar el interés en compartir responsabilidades y experiencias con sus compañeros para la conservación de las plantas, una particularidad similar encontrada en Lara-Perea (2019). Estos dos conceptos también muestran los grupos 4to y 5to de San Gerardo y Gilma Casado, caracterizados por tener de manera positiva todas las estimaciones de aprendizaje que se plantearon en este estudio, esto podría considerar la importancia del desarrollo del niño en sus etapas de vida y la capacidad de apropiación pedagógica de las prácticas que reciben en su sistema de enseñanza y aprendizaje, como recientemente fue encontrado en Moreno *et al.* (2019).

En el caso de los conceptos *I* y *K*, se revela la desventaja del grupo quinto primaria de la sede Principal en comparación con los quintos de San Gerardo y Gilma Casado, por no estar caracterizado en actividades de aprendizaje con inclusión interdisciplinaria y conceptualización moderna en aspectos de conservación ambiental y alternativas de descontaminación. Este resultado señala lo importante que es estimar el uso de herramientas pedagógicas y la implementación de alternativas para introducir nuevos conceptos ambientales, situación que también encontraron Arredondo-Velázquez *et al.* (2018). Esto demuestra que los participantes de 5to grado de la Sede Principal, necesitan desarrollar habilidades cognitivas y procedimentales en la enseñanza ambiental con enfoques interdisciplinarios y uso de conceptos de fitorremediación utilizando huertos, siendo más objetivos de manera sostenible en su posición de reconocer la labor de las plantas para los procesos de reducción de contaminantes y depuración del aire.

Se observa que la figura 20 el concepto *I* y *J* que muestra el atributo de $\{EA-2-Si\}$, indica que los grupos de San Gerardo 3ro, 4to y 5to y Gilma Casado 4to y 5to, cumplen con el criterio de desarrollar habilidades en operaciones matemáticas incluyendo los enfoques de la fitorremediación, así mismo el concepto *H* de la figura 19, muestra que todos los grupos de San Gerardo y Gilma Casado cumplen con el criterio de lecturas. Estos resultados pueden manifestar

posiblemente la calidad de los estudiantes frente a las habilidades matemáticas y comprensión lectora.

Los conceptos *I* y *J* de la figura 20 y el concepto *H* de la figura 19 muestran interesantes resultados, pues indican que los estudiantes de San Gerardo y Gilma Casado están más relacionados con las habilidades de comprensión lectora, pero que solo los grados más altos lo tienen para las operaciones matemáticas. Es decir, que, para este caso de estudio, el uso de las lecturas enfocando la aplicación de la fitorremediación, resultó ser una herramienta importante para favorecer el desarrollo de habilidades de aprendizaje del tema, sin embargo, esto no sucedió para todos los estudiantes cuando el enfoque se dio con operaciones matemáticas. Lo anterior, demuestra la importancia que menciona Bucher (2017), sobre cómo la lectura influye en el aprendizaje de los estudiantes y que, mediante la utilización de la experimentación práctica con el uso de huertos, ayuda a mejorar el conocimiento, así como también se encontró en Barmpareos *et al.* (2018).

5.2 Conclusiones

De acuerdo al objetivo general de esta investigación se concluye que la experiencia de estudiantes de primaria con temas ambientales que abarcan conceptos modernos como la fitorremediación, les permitió reflexionar sobre cómo solucionar los problemas de contaminación ambiental, impactando positivamente en el desarrollo cognitivo, procedimental y actitudinal de los participantes, tal como se mostró en los grupos de San Gerardo y Gilma Casado. Resultó que al conceptualizar la fitorremediación a través de estrategias pedagógicas y actividades teórico-prácticas que conectan a los estudiantes con las plantas, se complementan los recursos educativos necesarios, fortaleciendo en los estudiantes el compromiso con el cuidado de las plantas por su capacidad descontaminante.

Considerando el primer objetivo específico de este estudio, se concluye que la población participante del ECOLBA no contaba con una enseñanza de descontaminación mediante conceptos de fitorremediación, revelando una oportunidad para implementar alternativas conceptuales de descontaminación. Se evidenció un desaprovechamiento del uso de plantas como recurso educativo para generar experiencias prácticas en la solución de problemas ambientales desde el aula. En cuanto a las actitudes, se encontró que los estudiantes de la sede Principal mostraron conductas considerablemente pasivas para sembrar y valorar el uso de las plantas en comparación con estudiantes de sedes Gilma Casado y San Gerardo.

Tomando en cuenta el segundo objetivo específico, los recursos naturales del entorno escolar mostraron gran utilidad para introducir la conceptualización de la fitorremediación en la educación primaria. Se evidenció que los grupos participantes, al utilizar las plantas como recursos educativos en los espacios físicos escolares para conceptualizar el uso de la fitorremediación, tienen mayor probabilidad de comprender el problema de la contaminación y promover alternativas de solución de bajo costo y fácil aplicación. Las actividades teórico-prácticas en conexión con los huertos del entorno escolar, permitieron a los estudiantes desarrollar habilidades cognitivas y constructivas mediante el reconocimiento de conceptos y la participación en labores ambientales que conducen a comportamientos sociales favorables.

En este estudio, no todos los estudiantes desarrollaron habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de aprendizaje ambiental a partir de una disciplina en particular. Incorporar una educación con enfoques interdisciplinarios, desarrollar actividades teórico-prácticas que aplican estrategias pedagógicas y conectar a los niños con las plantas, demostró la importancia de enseñar a los estudiantes de primaria los conceptos de fitorremediación desde diferentes áreas del conocimiento. Las acciones educativas en la enseñanza de la fitorremediación se facilitaron por la

metodología utilizada en las actividades teórico-prácticas, desarrollando en los estudiantes un aprendizaje ambiental desde asignaturas como la literatura y matemáticas, que son importantes para la enseñanza y el aprendizaje procedimental.

Los estudiantes de cuarto y quinto grado de Gilma Casado y San Gerardo, demostraron habilidades cognitivas y procedimentales que se derivaron en habilidades actitudinales para comprender el tema a partir de técnicas de lectura y actividades experimentales, resultando ser más efectivos en desarrollar actividades teórico-prácticas orientadas desde disciplinas de literatura y matemáticas. La inclusión de operaciones matemáticas, mostró un desarrollo favorable de las habilidades actitudinales, cognitivas y procedimentales al obtener aprendizajes con efectos positivos en los participantes de niveles altos de escolaridad, por ejemplo, motivados en elaborar sumas o restas con los diferentes mecanismos de fitorremediación y tipos de plantas que tiene su entorno escolar. Sin embargo, se evidenció una debilidad en el uso de esta estrategia para los grados de menor escolaridad, lo que genera una preocupación, ya que esta área del conocimiento es importante para que los niños desarrollen habilidades lógicas.

Otro enfoque interdisciplinario para desarrollar la instrucción de la fitorremediación fue con apoyo de la tecnología en la elaboración de videos y dibujos, evidenciando el potencial de los participantes para desarrollar diferentes habilidades, las cuales podrían ser tomadas como una fortaleza para ser aplicadas a estudiantes de otras sedes y/o colegios. La adaptación a los cambios conceptuales para comprender la fitorremediación usando técnicas didácticas a través del uso de la tecnología, demostró que los estudiantes de grados superiores tienen mayor fortaleza en esta estrategia para desarrollar sus habilidades en comparación con los de menor grado. Se evidenció que a través de ilustraciones gráficas los estudiantes dibujan los contaminantes que perciben de su entorno escolar y logran asociar y analizar los mecanismos de fitorremediación.

La estrategia de realizar actividades ambientales utilizando materiales de reciclaje para la elaboración de macetas y contribuyendo a la siembra de nuevas plantas, ampliando la dotación natural del entorno escolar, mostró motivaciones positivas en los estudiantes para mejorar la disposición física de los huertos escolares. Esta estrategia resultó relevante para fortalecer el desarrollo de habilidades actitudinales favorables en los estudiantes, cuando se realizan actividades que los responsabilizan y comprometen a trabajar de manera grupal, en comparación a las tareas educativas planificadas individualmente.

Del tercer objetivo específico planteado en esta investigación, se puede concluir que se deben aplicar estrategias pedagógicas y técnicas didácticas para instruir la fitorremediación de acuerdo a las necesidades de enseñanza de los estudiantes. La realización de actividades teórico-prácticas de aprendizaje ambiental de uso común para los cinco grados escolares, no garantiza que todos los estudiantes sean capaces de desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales. Se deduce que a medida que el estudiante avanza de grado escolar, se adapta a los cambios conceptuales y desarrolla habilidades cognitivas para comprender los mecanismos de la fitorremediación.

Entre las debilidades detectadas en el ECOLBA para que los participantes puedan desarrollar habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales favorables de aprendizaje ambiental en actividades teórico-prácticas, fue la falta de recursos económicos para contar con personal en el mantenimiento y el buen estado de las plantas, especialmente en épocas de vacaciones o en los días de receso escolar por huelgas convocadas a nivel nacional. Se comprobó que la participación de los docentes en el uso de los recursos naturales del colegio para la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes, puede ser motivo relevante para abordar temas que involucren alternativas como la fitorremediación, generando posiciones críticas para prevenir riesgos y

solucionar posibles problemas del entorno.

Los estudiantes demostraron comprender, asociar y analizar situaciones, percibiendo los problemas ambientales de su entorno, cuando realizan actividades relacionadas con las plantas del huerto escolar y les enseñan mecanismos de fitorremediación. Los problemas ambientales detectados por la población participante, especialmente en la sede San Gerardo, revelaron preocupaciones expresadas en los resultados de aprendizaje, al reconocer contaminantes en su entorno escolar. Esta situación permitió constatar que los estudiantes asocian y analizan las situaciones ambientales negativas que se presentan en su entorno, el cual es considerado como un problema que amenaza la calidad de la salud para la población alrededor.

Se encontró en los resultados del desempeño y en los productos de las actividades de aprendizaje, que los estudiantes recibieron y participaron favorablemente en la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de la fitorremediación, evidenciando respuestas positivas en el desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales. Este es un manifiesto de las potencialidades del análisis formal de conceptos para establecer agrupaciones entre objetos y atributos, contribuyendo a la generación de conocimiento para explorar aprendizajes a partir de los resultados de las evidencias obtenidas de desempeño y de producto, conformando asociaciones con grupos escolares.

Como recomendación se sugiere que en un futuro próximo se desarrollen otras estrategias pedagógicas que puedan ser accesibles para aplicar la fitorremediación en los niveles primero y segundo de educación primaria. Una de las razones para elaborar este estudio, fue estimar el aprendizaje de los participantes mediante los conocimientos adquiridos y demostrados en el desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales de aprendizaje ambiental a través

de actividades educativas teórico-prácticas y analizadas con la aplicación del análisis formal de conceptos. La metodología discutida permitió indagar las conclusiones aquí descritas, explorando las informaciones que buscaban la comprensión de las agrupaciones entre la población participante de cada sede con las respuestas de desarrollo de habilidades cognitivas, constructivas y actitudinales, a partir de la observación de actividades de aprendizaje y la evaluación de desempeño y del producto.

REFERENCIAS

- Acharya, K. P., Budhathoki, C. B., Bjønness, B. & Jolly, L. (2020). Policy Perspectives on Green School Guidelines: Connecting School Science with Gardens to Envision a Sustainable Future. *Journal of Sustainable Development*, 13(3), 95-102.
- Adams, S. & Savahl, S. (2017). Nature as children's space: A systematic review. *The Journal of Environmental Education*, 48(5), 291-321.
- Adhabi, E. & Anozie, C. (2017). Literature review for the type of interview in qualitative research. *International Journal of Education*, 9(3), 86-97.
- Adu, P. (2019). Using QDA Miner Lite to analyse qualitative data. In *A Step-by-Step Guide to Qualitative Data Coding* (pp.183-220). Publisher Routledge.
- Agarwal, P., Sarkar, M., Chakraborty, B. & Banerjee, T. (2019). Phytoremediation of air pollutants: prospects and challenges. *Phytomanagement of Polluted Sites*, 221-241.
- Akerson, V. L., Carter, I., Pongsanon, K. & Nargund-Joshi, V. (2019). Teaching and learning nature of science in elementary classrooms. *Science & Education*, 28(3), 391-411.
- Akoumianaki-Ioannidou, A., Paraskevopoulou, A. T. & Tachou, V. (2016). School grounds as a resource of green space to increase child-plant contact. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20(3), 375-386.
- Almers, E., Askerlund, P. & Kjellström, S. (2018). Why forest gardening for children? Swedish forest garden educators' ideas, purposes, and experiences. *The Journal of Environmental Education*, 49(3), 242-259.

- Ambusaidi, A. K. & Al-Alawi, K. A. (2019). The Impact of Utilizing School Gardens on Students' Academic Achievements and their Perceptions of Agriculture. *Journal of Educational & Psychological Sciences*, 20(2), 1-15.
- Amzil, M. & El Ghazi, A. (2021). Online Students' Classification Based on the Formal Concepts Analysis and Multiple-Choice Questions. In M. Fakir, M. Baslam & R. El Ayachi. (eds.) *Business Intelligence. Lecture Notes in Business Information Processing* (pp.119-129). Springer.
- Angelone, S. (2021). Storyboardgraphy. *Visual studies*, 36(4-5), 421-425.
- Arora, N. K., & Mishra, I. (2019). United Nations Sustainable Development Goals 2030 and environmental sustainability: race against time. *Environmental Sustainability*, 2(4), 339-342.
- Arredondo-Velázquez, M., Saldivar-Moreno, A. & Limón-Aguirre, F. (2018). Estrategias educativas para abordar lo ambiental. Experiencias en escuelas de educación básica en Chiapas. *Innovación educativa (México, DF)*, 18(76), 13-37.
- Asante-Badu, B., Kgorutla, L. E., Li, S. S., Danso, P. O., Xue, Z. & Qiang, G. (2020). Phytoremediation of organic and inorganic compounds in a natural and an agricultural environment: A review. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(5), 6875–6904
- Austin, S. (2021). The school garden in the primary school: meeting the challenges and reaping the benefits. *Education 3-13*, 1-15.

- Awotedu, O. L., Oluwatimilehin, O. P, Sesan, A. O., Eccepacem, C. & Folake, A. B. (2020). Phytoremediation: An Environmental Detoxification Technology using Plants. *Review of Environment and Earth Sciences*, 7(1), 15-26.
- Aydogan, A. & Cerone, R. (2021). Review of the effects of plants on indoor environments. *Indoor and Built Environment*, 30(4), 442-460.
- Aziz, S. F., Siraj, S., Hussin, Z., Norman, N. A. & Norman, N. I. (2017). Development of a Garden-based Curriculum Content Model for indigenous primary school students. *Science Journal of Business and Management*, 5(5), 62-76.
- Bandehali, S., Miri, T. Onyeaka, H. & Kumar, P. (2021). Current State of Indoor Air Phytoremediation Using Potted Plants and Green Walls. *Atmosphere*, 12(4), 473.
- Barbosa-Granados, S. H. & Colmenares-Quintero, R. F. (2020, February 17). *Teaching and learning styles for the design and application of curricular strategies in engineering towards a community-challenge based learning* [Conference]. II International Congress on Biorefineries and Renewable Energies Supported in ICTs: bresict. Piedecuesta, Colombia.
- Barmparesos, N., Assimakopoulos, M. N., Assimakopoulos, V. D., Loumos, N., Sotiriou, M. A. & Koukoumtzis, A. (2018). Indoor air quality and thermal conditions in a primary school with a green roof system. *Atmosphere*, 9(2), 55-75.
- Barrable, A. (2019). The case for nature connectedness as a distinct goal of early childhood education. *International Journal of Early Childhood Environmental Education*, 6(2), 59-70.
- Barrable, A. & Booth, D. (2022). Disconnected: What Can We Learn from Individuals with Very

Low Nature Connection?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 8021.

Barrett, A., Kajamaa, A. & Johnston, J. (2020). How to... be reflexive when conducting qualitative research. *The clinical teacher*, 17(1), 9-12.

Bedek, M. A. & Albert, D. (2015). Applying Formal Concept Analysis to visualize classroom performance. In T. Watanabe & K. Seta (eds.), *Proceedings of the 11th International Conference on Knowledge Management* (pp.1-8). University of Graz.

Bergstra, A. D., Brunekreef, B. & Burdorf, A. (2018). The effect of industry-related air pollution on lung function and respiratory symptoms in school children. *Environmental Health*, 17(1), 1-9.

Bisht, R., Chanyal, S. & Srivastava, R. K. (2020). A Systematic review on phytoremediation technology: removal of pollutants from waste water and soil. *International Journal of Engineering and Management*, 3(1), 54-59.

Bortoloti, G. A. & Baron, D. (2022). Phytoremediation of toxic heavy metals by brassica plants: A biochemical and physiological approach. *Environmental Advances*, 8, 100204.

Botella-Nicolás, A. M. & Ramos-Ramos, P. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos. Una revisión bibliográfica. *Perfiles educativos*, 41(163), 127-141.

Braud, A. (2021). *Formal Concept Analysis: 16th International Conference, ICFCA 2021, Strasbourg, France, June 29–July 2, 2021, Proceedings*. Springer Nature.

Braud, A., Buzmakov, A., Hanika, T. & Ber, F. Le. (2021). *Formal Concept Analysis*. Springer

International Publishing.

Braun, T. & Dierkes, P. (2017). Connecting students to nature—how intensity of nature experience and student age influence the success of outdoor education programs. *Environmental Education Research*, 23(7), 937-949.

Brilli, F., Fares, S., Ghirardo, A., de Visser, P., Calatayud, V., Muñoz, A., Annesi-Maesano, I., Sebastian, F., Alivernini, A., Varriale, V. & Menghini, F. (2018). Plants for sustainable improvement of indoor air quality. *Trends in plant science*, 23(6), 507-512.

Broadbent, J., Panadero, E. & Boud, D. (2018). Implementing summative assessment with a formative flavour: a case study in a large class. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43(2), 307-322.

Buchanan, J., Pressick-Kilborn, K. & Maher, D. (2018). Promoting environmental education for primary school-aged students using digital technologies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(2), 1660-1661.

Bucher, K. (2017). Opening garden gates: Teachers making meaning of school gardens in Havana and Philadelphia. *Teaching and Teacher Education*, 63(2), 12-21.

Burt, K. G., Koch, P. & Contento, I. (2017). Implementing and sustaining school gardens by integrating the curriculum. *Health Behavior and Policy Review*, 4(5), 427-435.

Burt, K. G., Luesse, H. B., Rakoff, J., Ventura, A. & Burgermaster, M. (2018). School gardens in the United States: Current barriers to integration and sustainability. *American journal of public health*, 108(11), 1543-1549

- Busch, P. & Richards, D. (2000, december 3th). *Triangulated measurement of articulable tacit knowledge with an emphasis on formal concept analysis*. [Conference]. Australasian Symposium on Information Visualisation, InVis.au, Sydney, Australia.
- Busetto, L., Wick, W. & Gumbinger, C. (2020). How to use and assess qualitative research methods. *Neurological Research and practice*, 2(1), 1-10
- Buxton, C. A. & Provenzo, E. F. (2012). *Place-based science teaching and learning: 40 Activities for K-8 classrooms*. SAGE Publications.
- Carreo-Arango, M. L. & González-Rodríguez, M. F. (2016). La educación rural en Colombia: experiencias y perspectivas. *Praxis pedagógica*, 16(19), 79-89.
- Catalano, A. J. & Marino, M. A. (2020). *Measurements in Evaluating Science Education: A Compendium of Instruments, Scales, and Tests*. Routledge.
- Ceballos, M. (2017). Aprovechamiento didáctico de los huertos escolares en centros de Sevilla. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, Extra*, 787-792.
- Chacón-Moscoso, S., Anguera, M. T., Sanduvete-Chaves, S., López, L. J., Lozano-Lozano, J. A. & Portell, V. M. (2019). Methodological quality checklist for studies based on observational methodology (MQCOM). *Psicothema*, 31(4), 458-464.
- Chandra, Y. & Shang, L. (2019). Computer-Assisted Qualitative Research: An Overview. *Qualitative Research Using R: A Systematic Approach*, 2(4), 21-31.

- Chaparro-Mesa, C. P. & Torres-Niño, D. F. (2020). Huerto escolar “una estrategia pedagógica y de rescate cultural”. *Experiencias Investigativas y Significativas*, 6(6), 12-12.
- Chaves, C. R. (2005). La categorización un aspecto crucial en la investigación cualitativa. *Revista de investigaciones Cesmag*, 11(11), 113-118.
- Chawla, L. (2020). Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. *People and Nature*, 2(3), 619-642.
- Cheang, C. C., Wong-Diana, Y. S., Li, W. C. & Tsoi, K. H. (2020). Planting a seed of experience—long term effects of a co-curricular ecogarden-based programme in higher education in Hong Kong. *Frontiers in Psychology*, 11(4), 3598.
- Chlebek, D. & Hupert-Kocurek, K. (2019). Endophytic bacteria in the phytodegradation of persistent organic pollutants. *Postępy Mikrobiologii-Advancements of Microbiology*, 58(1), 70-79.
- Christensen, J. H., & Wistoft, K. (2019). Investigating the effectiveness of subject-integrated school garden teaching. *Journal of outdoor and environmental education*, 22(3), 237-251.
- Christodoulou, A. & Korfiatis, K. (2019). Children's interest in school garden projects, environmental motivation and intention to act: A case study from a primary school of Cyprus. *Applied Environmental Education & Communication*, 18(1), 2-12.
- Ciesielska, M., Boström, K. W., & Öhlander, M. (2018). Observation Methods. In M. Ciesielska, & D. Jemielniak (eds.), *Qualitative Research in Organization Studies: Volume 2 Methods and Possibilities*. Palgrave Macmillan.

- Collado, S., Rosa, C. D. & Corraliza, J. A. (2020). The effect of a nature-based environmental education program on children's environmental attitudes and behaviors: A randomized experiment with primary schools. *Sustainability*, 12(17), 6817.
- Colléony, A., White, R. & Shwartz, A. (2019). The influence of spending time outside on experience of nature and environmental attitudes. *Landscape and urban planning*, 187, 96-104.
- Corada, K., Woodward, H., Alaraj, H., Collins, C. M. & de Nazelle, A. (2021). A systematic review of the leaf traits considered to contribute to removal of airborne particulate matter pollution in urban areas. *Environmental Pollution*, 269(1), 1-16.
- Cortés, A. & García, G. (2017). Estrategias pedagógicas que favorecen el aprendizaje de niñas y niños de 0 a 6 años de edad en Villavicencio-Colombia. *Revista Interamericana de Investigación, Educación*, 10(1), 125-143.
- Corzo, J. Q. & Castañeda, Y. S. (2017). Promoting Respect as a Human Value in a Public School. *International Education Studies*, 10(12), 96-108.
- Dale, R. G., Powell, R. B., Stern, M. J. & Garst, B. A. (2020). Influence of the natural setting on environmental education outcomes. *Environmental Education Research*, 26(5), 613-631.
- Day, K., Tsupros, M. M. & Schober, D. J. (2022). To plant a garden is to believe in tomorrow: A case study of a Chicago community-based organization focused on health education through school gardens. *Journal of Prevention & Intervention in the Community*, 50(1), 72-88.

- Delgado-Lucas, D. G., Delgado-Anchundia, F. E. & Quiroz Zambrano, P. M. (2019). Permanent application of diagnostic assessment on learning teaching process. *International journal of Linguistics, Literature and Culture*, 5(4), 34-45.
- Dolphen, R. & Thiravetyan, P. (2015). Phytodegradation of ethanolamines by cyperus alternifolius: effect of molecular size. *International Journal of Phytoremediation*, 17(7), 686-692.
- Dorn, C. (2020). «A New Global Ethic»: A History of the United Nations International Environmental Education Program, 1975-1995. *Foro de Educación*, 18(2), 83-108.
- Duncan, D. W., Collins, A., Fuhrman, N. E., Knauft, D. A. & Berle, D. C. (2016). The Impacts of a School Garden Program on Urban Middle School Youth. *Journal of Agricultural Education*, 57(4), 174-185.
- Dyg, P. M. & Wistoft, K. (2018). Wellbeing in School Gardens: The case of the Gardens for Bellies food and environmental education program. *Environmental Education Research*, 24(8), 1177–1191.
- Edsand, H. E. & Broich, T. (2020). The impact of environmental education on environmental and renewable energy technology awareness: Empirical evidence from Colombia. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(4), 611-634.
- Edwards-Jones, A., Waite, S. & Passy, R. (2018). Falling into LINE: school strategies for overcoming challenges associated with learning in natural environments (LINE). *Education*, 46(1), 49-63.

- Eid, E. M. & Shaltout, K. H. (2016). Bioaccumulation and translocation of heavy metals by nine native plant species grown at a sewage sludge dump site. *International journal of Phytoremediation*, 18(11), 1075-1085.
- Eid, E. M., Shaltout, K. H., Moghanm, F. S., Youssef, M. S., El-Mohsnawy, E. & Haroun, S. A. (2019). Bioaccumulation and translocation of nine heavy metals by *Eichhornia crassipes* in Nile Delta, Egypt: perspectives for phytoremediation. *International journal of phytoremediation*, 21(8), 1-10.
- Eklund, P., Ducrou, J. & Brawn, P. (2004). Concept Lattices for Information Visualization: Can Novices Read Line-Diagrams? In P. Eklund (eds), *Concept Lattices. ICFCA 2004. Lecture Notes in Computer Science* (pp. 57-73). Springer.
- Elliott, V. (2018). Thinking about the coding process in qualitative data analysis. *The Qualitative Report*, 23(11), 2850-2861.
- Erdman, J., Weddle, R., Mical, T., Poss, J. S., Hinders, K., McCown, K. & Taylor, C. (2002). Designing/building/learning. *Journal of Architectural Education*, 55(3), 174-179.
- Eslava-Zapata, R. A., Zambrano-Vivas, M. V., Chacón-Guerrero, E. J., González-Júnior, H. A. & Martínez-Nieto, A. J. (2018). Estrategias didácticas para la promoción de valores ambientales en la educación primaria. *AiBi revista de investigación, administración e ingeniería*, 6(1), 1-16.
- Fan, B., Tsang, E. C., Xu, W., Chen, D. & Li, W. (2019). Attribute-oriented cognitive concept learning strategy: a multi-level method. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 10(9), 2421-2437.

- Faria, T., Martins, V., Correia, C., Canha, N., Diapouli, E., Manousakas, M., Eleftheriadis, K. & Almeida, S. M. (2020). Children's exposure and dose assessment to particulate matter in Lisbon. *Building and Environment*, 171(106666), 106666.
- Fatimah, S., Johar, R. & Zubainur, C. M. (2020). Students' logical mathematical intelligence in completing mathematical problems with natural disaster context. *Journal of Pharmaceutical Health Care and Sciences*, 14(1), 1-15.
- Feng, X. & Astell-Burt, T. (2017). Do greener areas promote more equitable child health? *Health and Place*, 46(2), 267-273.
- Ferré, S. & Cellier, P. (2020). Graph-FCA: An extension of formal concept analysis to knowledge graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 4(2), 273, 81-102.
- Figueroa-Saavedra, H. F., Ariza-Velazco, A. A., Espinoza-Castillo, D. D. & Domínguez-Gaibor, N. I. (2021). Phytoremediation and Training in Agro-environmental Values. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 18(4), 3692-3703.
- Figueroa-Vélez, J., Ruiz-Vargas, V., Hoyos, V. & Prowse, A. (2018). Fostering sustainable communities and resilient cities whilst supporting 'life on land' through a Colombian school's initiative. In *Handbook of Sustainability Science and Research* (pp. 145–160). Springer.
- Fisher-Maltese, C., Fisher, D. R. & Ray, R. (2018). Can learning in informal settings mitigate disadvantage and promote urban sustainability? School gardens in Washington, DC. *International Review of Education*, 64(3), 295-312.

- Flick, U. (2018). Triangulation in data collection. In U. Flick. *The sage handbook of qualitative data collection* (pp. 527-544). Sage Publications.
- Franco, J. F., Rojas, N. Y., Sarmiento, O. L. & Behrentz, E. (2013). Urban air pollution in school-related microenvironments in Bogota, Colombia. *Ingeniería e Investigación*, 33(2), 42-48.
- Freitas, F., Ribeiro, J., Brandão, C., Reis, L. P., de Souza, F. N. & Costa, A. P. (2017). Learn for yourself: The self-learning tools for qualitative analysis software packages. *Digital Education Review*, 2(32), 97-117.
- Gallardo, K. (2021). The importance of assessment literacy: Formative and summative assessment instruments and techniques. In *Workgroups e Assessment: Planning, Implementing and Analysing Frameworks* (pp. 3–25). Springer Singapore.
- Galli, F., de Campos, C. B., Bedim, L. M. & Sarriera, J. C. (2013). Actitudes hacia el medio ambiente en la infancia: un análisis de niños del sur de Brasil. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(3), 461-473.
- Gamboa-Mora, M. C., García-Sandoval, Y. & Beltrán-Acosta, M. (2013). Estrategias pedagógicas y didácticas para el desarrollo de las inteligencias múltiples y el aprendizaje autónomo. *Revista de Investigaciones UNAD*, 12(1), 101-128.
- Ganter, B. & Wille, R. (2012). Formal concept analysis: mathematical foundations. In B. Ganter & R. Wille (eds.). *Formal concept analysis: mathematical foundations*. Springer Science & Business Media.
- Ganter, B., Rudolph, S. & Stumme, G. (2019). Explaining data with formal concept analysis. In *Reasoning Web. Explainable Artificial Intelligence* (pp. 153–195). Springer.

- Gao, Y. (2018). To Study the Relationship between Environmental Education and Environmental Behavior Based on Environmental Attitude. *Ekoloji*, 27(106), 627-634.
- Garau, M., Castaldi, P., Diquattro, S., Pinna, M. V., Senette, C., Roggero, P. P. & Garau, G. (2021). Combining grass and legume species with compost for assisted phytostabilization of contaminated soils. *Environmental Technology & Innovation*, 22(2), 10-87.
- García-Barrero, J. E. (2019). El Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) como herramienta pedagógica para fortalecer la Educación Ambiental en dos Instituciones Educativas públicas en el municipio de El Espinal-Tolima. Investigación en curso. *Boletín divulgativo de la red de estudios rurales*, 8(1), 1-25.
- Garg, S. & Paliwal, R. (2020). Green technologies for restoration of damaged ecosystem. In *Soil Health Restoration and Management* (pp. 357-380). Springer, Singapore.
- Ghaljaie, F., Naderifar, M. & Goli, H. (2017). Snowball sampling: A purposeful method of sampling in qualitative research. *Strides in Development of Medical Education*, 14(3), 15-35.
- Gilmour, M. I., Krug, J. D., Gavett, S. H., Hazari, M., DeMarini, D. M. & Costa, D. L. (2018). Complex Air Pollution Mixtures Formed by Irradiation of Hydrocarbons Elicit an Array of Toxicological Responses. *Environmental Science & Technology*, 2(5), 2429-2431.
- Glaab, S., & Heyne, T. (2020). Focus wildlife park: Outdoor learning at workstations for primary school children. *Applied Environmental Education Communication*, 19(2), 141-154.
- Gonsalves, J., Hunter, D., & Lauridsen, N. (2020). School gardens: Multiple functions and multiple outcomes. In *Agrobiodiversity, School Gardens and Healthy Diets* (pp. 1–32). Routledge.

- González, P. S., Salcedo, T. C. C., Hernández, C. A. N., Álvarez, J. H. M. & Herrera, B. S. (2019). Promoción de la salud escolar y medio ambiente: revisión de la literatura. *Gerencia y Políticas de Salud*, 18(37), 1-28.
- Graham, H., Beall, D. L., Lussier, M., McLaughlin, P. & Zidenberg-Cherr, S. (2005). Use of school gardens in academic instruction. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 37(3), 147-151.
- Guest, G., Namey, E. & McKenna, K. (2017). How many focus groups are enough? Building an evidence base for nonprobability sample sizes. *Field methods*, 29(1), 3-22.
- Gul, I., Manzoor, M., Hashim, N., Shah, G. M., Waani, S. P. T., Shahid, M., Antoniadis, V., Rinklebe, G. H. J. & Arshad, M. (2021). Challenges in microbially and chelate-assisted phytoextraction of cadmium and lead—A review. *Environmental Pollution*, 287, 117667.
- Gülen, G. & Bozdoğan, A. E. (2021). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Derslerinde Okul Bahçelerini Kullanma Durumlarının İncelenmesi. *Turkish Journal of Primary Education*, 6(1), 89-108.
- Hammarsten, M., Askerlund, P., Almers, E., Avery, H. & Samuelsson, T. (2019). Developing ecological literacy in a forest garden: children's perspectives. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 19(3), 227-241.
- Harvey, C., Hallam, J., Richardson, M. & Wells, R. (2020). The good things children notice in nature: An extended framework for reconnecting children with nature. *Urban Forestry & Urban Greening*, 49(2), 126-573.

- Hazzard, E. L., Moreno, E., Beall, D. L. & Zidenberg-Cherr, S. (2011). Best practices models for implementing, sustaining, and using instructional school gardens in California. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 43(5), 409-413.
- Hernández-Flórez, L. J., Aristizabal-Duque, G., Quiroz, L., Medina, K., Rodríguez-Moreno, N., Sarmiento, R. & Osorio-García, S. D. (2013). Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007. *Revista de Salud Pública*, 15(4), 552-565
- Hernández-Sampieri S., Fernández- Collado, C. & Baptista Lucio, L. (2003). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
- Hernández-Sampieri S., Fernández- Collado, C. & Baptista Lucio, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Herrera, C. D. (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista Universum. *Revista general de información y documentación*, 28(1), 119.
- Holloway, I. & Galvin, K. (2016). *Qualitative research in nursing and healthcare*. John Wiley & Sons.
- Holmes, E. A., Campbell, M. F., James, W. & Matthews, K. (2021). “Sow, Grow, Know, and Show”: The Impact of School Gardens on Student Self-Perception in the Mississippi Delta. *Ecology of Food and Nutrition*, 60(2), 140-162.
- Hong, J. C., Ye, J. H., Chen, P. H. & Yu, Y. Y. (2020). A checklist development for meaningful learning in classroom observation. *International Journal of Information and Education*

Technology, 10(10), 728-735.

Hong-Pak, C., Hong-Kim, J. & Guk-Jong, M. (2021). Describing hierarchy of concept lattice by using matrix. *Information Sciences*, 542, 58–70.

Hurtado-Soler, A., Marín-Liébana, P., Martínez-Gallego, S. & Botella-Nicolás, A. M. (2020). The Garden and Landscape as an Interdisciplinary Resource Between Experimental Science and Artistic–Musical Expression: Analysis of Competence Development in Student Teachers. *Frontiers in psychology*, 11(2), 21-63.

Huys, N., De Cocker, K., De Craemer, M., Roesbeke, M., Cardon, G. & De Lepeleere, S. (2017). School gardens: A qualitative study on implementation practices. *International Journal of Environmental*, 14(12), 1454.

Jagannathan, R., Camasso, M. J. & Delacalle, M. (2019). Promoting cognitive and soft skills acquisition in a disadvantaged public school system: Evidence from the Nurture thru Nature randomized experiment. *Economics of Education Review*, 70(4), 173-191.

James, A. (2022). Phytoremediation of Urban Air Pollutants: Current Status and Challenges. *Urban Ecology and Global Climate Change*, 140-161.

Jarpa, A. M., Haas, P. V. & Collao, D. D. (2017). Escritura para la reflexión pedagógica: rol y función del Diario del Profesor en Formación en las Prácticas Iniciales. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 43(2), 163-178.

Jeong, N. R., You, S. J., Kim, K. J. & Han, S. W. (2020). Effect of Plant Educational Programs Elementary School using Vertical Garden. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 23(5), 73-86.

- Jhanji, S. & Dhatt, U. K. (2021). Phytoremediation of Indoor Air Pollutants: Harnessing the potential of Plants beyond Aesthetics. *Journal of Horticultural Sciences*, 16(2), 131-143.
- Jorgensen, D. L. (2020). *Principles, approaches and issues in participant observation*. Routledge.
- Kafle, A., Timilsina, A., Gautam, A., Adhikari, K., Bhattarai, A. & Aryal, N. (2022). Phytoremediation: mechanisms, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents. *Environmental Advances*, 100203.
- Kaltakci-Gurel, D., Eryilmaz, A. & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 11(5), 25-36.
- Karpudewan, M. & Roth, W. M. (2018). Changes in primary students' informal reasoning during an environment-related curriculum on socio-scientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(3), 401-419
- Katz, I. R. (2009). Instrumentation and measurement in educational assessment. *IEEE Instrumentation y Measurement Magazine*, 12(5), 18-19.
- Kavanaugh, K. (2017). *Project Learning Garden: A Systematic Review of the Effectiveness of the Evaluation Techniques on School Gardens*. Georgia State University.
- Khan, M., McGeown, S. & Bell, S. (2020). Can an outdoor learning environment improve children's academic attainment? A quasi-experimental mixed methods study in Bangladesh. *Environment and Behavior*, 52(10), 1079-1104.

- Khan, N., Park, S. H., Pursell, D. P. & Zimmermann, K. (2017). *Leveraging student interest in environmental topics for undergraduate research in an interdisciplinary environmental research cluster*. American Chemical Society.
- Kickmeier-Rust, M. D., Bedek, M. & Albert, D. (2016). *Theory-Based learning Analytics: using Formal Concept Analysis for intelligent student Modelling*. Computer Engineering and Applied Computing.
- Kim, K. J., Khalekuzzaman, M., Suh, J. N., Kim, H. J., Shagol, C., Kim, H. H. & Kim, H. J. (2018). Phytoremediation of volatile organic compounds by indoor plants: a review. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59(2), 143-157.
- Klaassen, R. G. (2018). Interdisciplinary education: a case study. *European Journal of Engineering Education*, 43(6), 842-859.
- Kochkorbaevna, K. B., Pulatovna, N. G. & Nurmahamatovna, O. Z. (2022). It in Individual Learning. *Spanish Journal of Innovation and Integrity*, 6, 284-290.
- Koprowska, K., Łaszkiewicz, E., Kronenberg, J. & Marcińczak, S. (2018). Subjective perception of noise exposure in relation to urban green space availability. *Urban Forestry & Urban Greening*, 31(8), 93-102.
- Korthagen, F. A. (2010). La práctica, la teoría y la persona en la formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(2), 83-101.
- Kristanti, R. A., Ngu, W. J., Yuniarto, A. & Hadibarata, T. (2021). Rhizofiltration for removal of inorganic and organic pollutants in groundwater: a review. *Biointerafce Res. Appl. Chem*, 4, 12326-12347.

- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2019). *Analyzing qualitative data with MAXQDA*. Springer International Publishing.
- Kumar, P., Kumar, A. & Kumar, R. (2021). *Phytoremediation and Nanoremediation*. Springer.
- Kuo, M., Barnes, M. & Jordan, C. (2019). Do experiences with nature promote learning? Converging evidence of a cause-and-effect relationship. *Frontiers in Psychology*, 10(4), 285-305.
- Kurade, M. B., Ha, Y. H., Xiong, J. Q., Govindwar, S. P., Jang, M., & Jeon, B. H. (2021). Phytoremediation as a green biotechnology tool for emerging environmental pollution: a step forward towards sustainable rehabilitation of the environment. *Chemical Engineering Journal*, 415, 129040.
- Kuru, G., Öztürk, E. D. & Atmaca, F. (2020). A Field of learning and living: Suitability of school gardens for children. *Ilkogretim Online*, 19(3), 1-15.
- Laghlimi, M., Baghdad, B., El Hadi, H. & Bouabdli, A. (2015). Phytoremediation mechanisms of heavy metal contaminated soils: a review. *Open Journal of Ecology*, 5(8), 375-388.
- Laham, B. S., Aires, F. M., Soto, G. A. T. & Arruda, G. L. (2020). The state of the art of school gardens as a pedagogical tool for the new environmental rationale paradigm in Butanta, Sao Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Development*, 6(4), 17184-17219.
- Lamarra, J., Chauhan, A. & Litts, B. (2019, June). *Designing for Impact: Shifting Children's Perspectives of Civic and Social Issues Through Making Mobile Games* [Conference]. International Conference on Interaction Design and Children.

- Langley, A. & Meziani, N. (2020). Making interviews meaningful. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 56(3), 370-391.
- LaPan, C. (2013). Review of QDA miner. *Social Science Computer Review*, 31(6), 774-778.
- Lara-Perea, J. L. (2019). Trabajo colaborativo: una estrategia para estimular ambientes escolares pacíficos en primaria. *Educación y ciencia*, 4(22), 33-49.
- Largo-Wight, E., Guardino, C., Wludyka, P. S., Hall, K. W., Wight, J. T. & Merten, J. W. (2018). Nature contact at school: The impact of an outdoor classroom on children's well-being. *International Journal of Environmental health Research*, 28(6), 653-666.
- Laurie, S. M., Faber, M. & Maduna, M. M. (2017). Assessment of food gardens as nutrition tool in primary schools in South Africa. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 30(4), 80-86.
- Leal-Filho, W., Mifsud, M. & Pace, P. (Eds.). (2018). *Handbook of lifelong learning for sustainable development*. Springer International Publishing.
- Lee, B. X. Y., Hadibarata, T. & Yuniarto, A. (2020). Phytoremediation mechanisms in air pollution control: a review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231(8), 1-13.
- Leuven, J. R., Rutenfrans, A. H., Dolfing, A. G. & Leuven, R. S. (2018). School gardening increases knowledge of primary school children on edible plants and preference for vegetables. *Food science & Nutrition*, 6(7), 1960-1967.
- Lewis, R. B. & Maas, S. M. (2007). QDA Miner 2.0: Mixed-model qualitative data analysis software. *Field methods*, 19(1), 87-108.

Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la ley general de educación. 8 de febrero de 1994. D.O. No. 46341.

Ley 1549 de 2012. Por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial. 5 de julio de 2012. D.O. No. 48482.

Li, J., Zhong, J., Liu, Q., Yang, H., Wang, Z., Li, Y., Zhang, W. & Agranovski, I. (2021). Indoor formaldehyde removal by three species of Chlorophytum comosum under dynamic fumigation system: part 2-plant recovery. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(7), 8453–8465.

Li, N., Chan, D., Mao, Q., Hsu, K. & Fu, Z. (2018). Urban sustainability education: Challenges and pedagogical experiments. *Habitat International*, 71(2), 70-80.

Liao, J., Zhang, B., Xia, W., Cao, Z., Zhang, Y., Liang, S., Hu, K., Xu, S. & Li, Y. (2019). Residential exposure to green space and early childhood neurodevelopment. *Environment international*, 128, 70-76.

Liefländer, A. K. & Bogner, F. X. (2018). Educational impact on the relationship of environmental knowledge and attitudes. *Environmental Education Research*, 24(4), 611-624.

Limmer, M. & Burken, J. (2016). Phytovolatilization of organic contaminants. *Environmental Science & Technology*, 50(13), 6632-6643.

Liu, W. & Chen, J. (2021). Green Spaces in Chinese Schools Enhance Children's Environmental Attitudes and Pro-Environmental Behavior. *Children, Youth and Environments*, 31(1), 55-87.

- Liu, Z., Yang, H. C. & Shiao, Y. C. (2020). Investigation on evaluation framework of elementary school teaching materials for sustainable development. *Sustainability*, 12(9), 3736.
- Livia-Segovia, J. & Ortiz-Morán, M. (2008). Análisis psicométrico de la Lista de Chequeo de Problemas de Conducta para niños de 6 a 11 años. *Avances en Medición*, 6(2), 55-66.
- Liviu, M. & Liliana, M. (2018). Contributions to corroborating instruments and techniques for assessment in motor learning. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(4), 2058-2064.
- Lochner, J., Rieckmann, M. & Robischon, M. (2019). Any sign of virtual School garden exchanges? education for sustainable development in school gardens since 1992: A systematic literature review. *Journal of Education for Sustainable Development*, 13(2), 168-192.
- Lohr, A. M., Bell, M. L., Coulter, K., Marston, S., Thompson, M., Carvajal, S. C., Wilkinson-Lee, A. M., Gerald, L. B. & Korchmaros, J. (2022). The association between duration of school garden exposure and self-reported learning and school connectedness. *Health Education & Behavior: The Official Publication of the Society for Public Health Education*, 10901981221084266.
- Lohr, A. M., Henry, N., Roe, D., Rodriguez, C., Romero, R., & Ingram, M. (2020). Evaluation of the impact of School Garden exposure on youth outlook and behaviors toward vegetables in Southern Arizona. *Journal of School Health*, 90(7), 572-581.
- Lohr, A. M., Krause, K. C., McClelland, D. J., Van Gorden, N., Gerald, L. B., Casino del. Jr, V., Wilkinson-Lee, A. & Carvajal, S. C. (2021). The impact of school gardens on youth social and emotional learning: a scoping review. *Journal of Adventure Education and Outdoor*

Learning, 21(4), 371-384.

López, B. D., Espinoza, A. U. & Chacón, L. J. (2020). El biohuerto como recurso pedagógico y aprendizaje de la biodiversidad en instituciones educativas. *Conrado*, 16(76), 199-206.

Lorenzetti, L., Domiciano, T. D. & Geraldo, A. P. (2020). A utilização do software QDA miner lite nas pesquisas que utilizam a análise textual discursiva. *Revista Pesquisa Qualitativa*, 8(19), 971-990.

Lu, S., Yang, X., Li, S., Chen, B., Jiang, Y., Wang, D. & Xu, L. (2018). Effects of plant leaf surface and different pollution levels on PM_{2.5} adsorption capacity. *Urban Forestry & Urban Greening*, 34(2), 64-70.

Lyle, K. S. & Robinson, W. R. (2002). An action research report: Improving pre-laboratory preparation of first-year university chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 663-675.

Maker, C. J. & Zimmerman, R. H. (2020). Concept maps as assessments of expertise: Understanding of the complexity and interrelationships of concepts in science. *Journal of Advanced Academics*, 31(3), 254-297.

Mannion, G., Fenwick, A. & Lynch, J. (2013). Place-responsive pedagogy: Learning from teachers' experiences of excursions in nature. *Environmental Education Research*, 19(6), 792-809.

Marques-Souza, T. D. J. & Cuéllar-Padilla, M. D. C. (2021). Los huertos escolares y su potencial como innovación educativa. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. 39(2), 163-180.

- Martínez, M. (2006). Validez y confiabilidad en la metodología cualitativa. *Paradigma*, 27(2), 7-33.
- Martínez, Y. G. & Jiménez, J. A. M. (2020). Huertas escolares, una estrategia didáctica para la educación rural. *Warisata-Revista de Educación*, 2(5), 112-129.
- Mastrángelo, M. E., Pérez-Harguindeguy, N., Enrico, L., Bennett, E., Lavorel, S., Cumming, G. S., Abeygunawardane, D., Amarilla, L. D., Burkhard, B., Egoh, B. N., Frishkoff, L., Galetto, L., Huber, S., Karp, D. S., Ke, A., Kowaljow, E., Kronenburg-García, A., Locatelli, B., Martín-López, ...& Zoeller, K. (2019). Key knowledge gaps to achieve global sustainability goals. *Nature Sustainability*, 2(12), 1115–1121.
- Mato-Vázquez, D. & Álvarez-Seoane, D. (2019). La implementación de TIC y MDD en la práctica docente de Educación Primaria. *Campus Virtuales*, 8(2), 73-84.
- McCarty, J., Ford, V. & Ludes, J. (2018). Growing experiential learning for the future: Real school gardens. *Childhood Education*, 94(2), 47-55.
- McCullough, M. B., Martin, M. D. & Sajady, M. A. (2018). Implementing green walls in schools. *Frontiers in psychology*, 9(4), 6-19.
- McGrath, C., Palmgren, P. J. & Liljedahl, M. (2019). Twelve tips for conducting qualitative research interviews. *Medical Teacher*, 41(9), 1002-1006.
- Mejía-Cáceres, M. A., Huérfano, A., Reid, A. & Freire, L. M. (2021). Colombia's national policy of environmental education: A critical discourse analysis. *Environmental Education Research*, 27(4), 571-594.

Menéndez-Cevallos, I. Y., Cobeña Napa, M. A., Mendoza-Moreira, M. L. & Vélez-Zambrano, G.

G. (2019). The importance of formative assessment in the learning teaching process. *International Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(2), 238-249.

Merma-Molina, G., Gavilán-Martín, D., Baena-Morales, S. & Urrea-Solano, M. (2022). Critical Thinking and Effective Personality in the Framework of Education for Sustainable Development. *Education Sciences*, 12(1), 28.

Mey, G. (2022). Qualitative methodology. In *International Handbook of Psychology Learning and Teaching* (pp. 1-26). Cham: Springer International Publishing.

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2018). *Consentimiento informado padres o acudientes de estudiantes*.
http://maestro2025.edu.co/uploads/user/files/consentimiento_final.pdf

Misra, P. K. (2021). *Approaches to Learning*. In Learning and Teaching for Teachers.

Misra, S. & Misra, K. G. (2019). *Phytoremediation: an alternative tool towards clean and green environment*. In *Sustainable Green Technologies for Environmental Management* (pp.87-109). Springer.

Missaoui, R. & Emamirad, K. (2017). Lattice Miner-A Formal Concept Analysis Tool. In *14th International Conference on Formal Concept Analysis* (pp.1- 91). Springer.

Mohajan, H. K. (2017). Two criteria for good measurements in research: Validity and reliability. *Annals of Spiru Haret University. Economic Series*, 17(4), 59-82.

Moola, A. K., Balasubramanian, P., Satish, L., Shamili, S., Ramesh, M., Kumar, T. S., & Kumari,

- B. D. (2021). Hairy Roots as a Source for Phytoremediation. In *Strategies and Tools for Pollutant Mitigation* (pp. 29-47). Springer, Cham.
- Moral, M. del, Bellver, M. & Guzmán-Duque, A. (2019). Evaluación de la potencialidad creativa de aplicaciones móviles creadoras de relatos digitales para Educación Primaria. *Ocnos*, 18(1), 7–20.
- Moreno, A. J., Nagasawa, M. K. & Schwartz, T. (2019). Social and emotional learning and early childhood education: Redundant terms? *Contemporary Issues in Early Childhood*, 20(3), 221-235.
- Moscoso-Loaiza, L. F. & Díaz-Heredia, L. P. (2018). Aspectos éticos en la investigación cualitativa con niños. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 18(1), 51-67.
- Moser, A. & Korstjens, I. (2018). Series: Practical guidance to qualitative research. Part 3: Sampling, data collection and analysis. *European Journal of General Practice*, 24(1), 9-18.
- Muangprathub, J., Boonjing, V. & Chamnongthai, K. (2020). Learning recommendation with formal concept analysis for intelligent tutoring system. *Heliyon*, 6(10), 200-227.
- Muhonen, H., Verma, P., Von Suchodoletz, A. & Rasku-Puttonen, H. (2020). *Exploring types of educational classroom talk in early childhood education centres*. Research Papers in Education.
- Munkebye, E., Scheie, E., Gabrielsen, A., Jordet, A., Misund, S., Nergård, T. & Øyehaug, A. B. (2020). Interdisciplinary primary school curriculum units for sustainable development. *Environmental Education Research*, 26(6), 795–811.

- Nassaji, H. (2020). Good qualitative research. *Language Teaching Research*, 24(4), 427-431.
- Niemann, D. & Martens, K. (2018). Soft governance by hard fact? The OECD as a knowledge broker in education policy. *Global Social Policy*, 18(3), 267–283.
- Norwood, M. F., Lakhani, A., Fullagar, S. Maujean, A., Downes, M., Byrne, J. A., Stewart, A., Barber, B & Kendall, E. (2019). A narrative and systematic review of the behavioural, cognitive and emotional effects of passive nature exposure on young people: Evidence for prescribing change. *Landscape and Urban Planning*, 189(4), 71-79.
- Nwoko, C. O. (2010). Trends in phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *African Journal of Biotechnology*, 9(37), 6010-6016.
- O’Kane, P., Smith, A. & Lerman, M. P. (2021). Building transparency and trustworthiness in inductive research through computer-aided qualitative data analysis software. *Organizational Research Methods*, 24(1), 104-139.
- Oberle, E., Zeni, M., Munday, F. & Brussoni, M. (2021). Support factors and barriers for outdoor learning in elementary schools: A systemic perspective. *American Journal of Health Education*, 52(5), 251-265.
- Oleinik, A. (2019). Content analysis of big qualitative data. *International Journal of Open Information Technologies*, 7(10), 36-49.
- Orenes-Cárceles, J., Ayuso-Fernández, G. E., Fernández-Díaz, M. & Egea-Fernández, J. M. (2022). School Gardens: Initial Training of Future Primary School Teachers and Analysis of Proposals. *Education Sciences*, 12(5), 303.

- Ozer, E. J. (2007). The effects of school gardens on students and schools: Conceptualization and considerations for maximizing healthy development. *Health Education & Behavior*, 34(6), 846-863.
- Pandey, N., Chandra, J., Xalxo, R. & Sahu, K. (2021). Concept and Types of Phytoremediation. In *Approaches to the Remediation of Inorganic Pollutants* (pp. 281-302). Springer, Singapore.
- Pandey, V. C. & Souza-Alonso, P. (2019). *Market opportunities: in sustainable phytoremediation*. Elsevier.
- Papadopoulou, A., Kazana, A. & Armakolas, S. (2020). Education for sustainability development via school garden. *European Journal of Education Studies*, 7(9), 1-20.
- Paull, N. J., Krix, D., Irga, P. J. & Torpy, F. R. (2020). Airborne particulate matter accumulation on common green wall plants. *International Journal of Phytoremediation*, 22(6), 594-606.
- Paulus, T. M., & Lester, J. N. (2020). Using software to support qualitative data analysis. In *Handbook of Qualitative Research in Education* (pp. 420–429). Edward Elgar Publishing.
- Pemmaraju, S. & Skiena, S. (2003). *Computational Discrete Mathematics: Combinatorics and Graph Theory with Mathematica®*. Cambridge University press.
- Pérez, W., Montañez, N. P. & González, J. C. (2021). Repertorios interpretativos en educación ambiental de docentes de instituciones educativas en el páramo de Pisba. *Praxis & Saber*, 12(31), e11393.

- Pérez-Pino, M., Enrique-Clavero, J. O., Carbó-Ayala, J. E. & González-Falcon, M. (2017). La evaluación formativa en el proceso enseñanza aprendizaje. *Edumecentro*, 9(3), 263-283.
- Pérez-Van-Leenden, M. D. J. (2019). La investigación acción en la práctica docente. Un análisis bibliométrico (2003-2017). *Magis Revista Internacional de Investigación en Educación*, 12(24), 177–192.
- Pérsico, C. L. & Venator, J. (2021). The effects of local industrial pollution on students and schools. *Journal of Human Resources*, 56(2), 406-445.
- Petrou, S. & Korfiatis, K. (2022). Transformations of children’s environmental conceptions through their participation in a school kitchen-garden project. *Environmental Education Research*, 28(4), 524-544.
- Pirchio, S., Passiatore, Y., Panno, A., Cipparone, M. & Carrus, G. (2021). The Effects of Contact With Nature During Outdoor Environmental Education on Students’ Wellbeing, Connectedness to Nature and Pro-sociality. *Frontiers in Psychology*, 4(1), 1-12.
- Pires-De Sousa, C. L. & Núñez-García, R. (2019). Uma análise do conteúdo de Botânica sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. *Ciência & Educação*, 25(1), 111-130.
- Pollin, S. & Retzlaff-Fürst, C. (2021). The school garden: A social and emotional place. *Frontiers in Psychology*, 12, 567720.
- Prasad, V. N., Ramarao, D. T., Rao, T. S., Rao, T. N. & Prasad, K. (2020). Some Basic Principles on Posets, Hasse Diagrams and Lattices. *Test Engineering and Management*, 83(2), 10771-10775.

- Qizi, R. D. T. & Qizi, M. F. M. (2021). Developing the critical thinking of primary school students. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11, 769–772
- Quintero-Corzo, J., Munévar-Molina, R. A. & Munévar-Quintero, F. I. (2015). Ambientes escolares saludables. *Revista de Salud Pública*, 17(2), 229-241.
- Quiros, O. E. (2019). Puppet Drama as an Instrument of Environmental Preservation. *International Journal of Science and Society*, 1(3), 103-119.
- Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2021). *Análisis de Datos Cualitativos con MAXQDA: Texto, Audio, Video*. BoD-Books on Demand.
- Ramírez, A. B. & Alcántara, A. N. (2010). La enseñanza del español en la primaria mexicana. *Revista Mexicana de Psicología*, 27(2), 205-220.
- Ramírez-Ordóñez, M. J., Herrera-Mendoza, K. M. & Orozco-Acosta, E. (2021). Effects of a training programme aimed at improving the pro-environmental competency of school children (Efectos de un programa de entrenamiento en competencias proambientales dirigido a niños escolarizados). *Psychology*, 12(1), 1-23
- Ramos, F., Prieto, N., Cárdenas, N. & Bernal, S. (2016). Implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora El Malmo, Boyacá, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(1), 93-103.
- Ramos-Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *Ciencia América*, 9(3), 1-6.

- Ranieri, E., Moustakas, K., Barbafieri, M., Ranieri, A. C., Herrera-Melián, J. A., Petrella, A. & Tommasi, F. (2020). Phytoextraction technologies for mercury-and chromium-contaminated soil: a review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95(2), 317-327.
- Redondo-Bermúdez, M. C., Gulenc, I. T., Cameron, R. W. & Inkson, B. J. (2021). ‘Green barriers’ for air pollutant capture: leaf micromorphology as a mechanism to explain plants capacity to capture particulate matter. *Environmental Pollution*, 288, 117809.
- Renatovna, A. G. (2019). Modern approaches to the development of critical thinking of students. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences*, 7(10), 1-15.
- Rezende, F., Rodrigues, E., & Pereira, A. (2018). Horta escolar, Educação Ambiental e a interdisciplinaridade. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 13(2), 10-31.
- Rickinson, M. (2001). Learners and learning in environmental education: A critical review of the evidence. *Environmental Education Research*, 7(3), 207-320.
- Ricoy, M. C. & Sánchez-Martínez, C. (2019). Tablet use in primary education. *Technology, Pedagogy and Education*, 28(3), 301-316.
- Rodas-Pacheco, F. D. R. & Pacheco-Salazar, V. G. P. (2020). Grupos focales: marco de referencia para su implementación. *INNOVA Research Journal*, 5(3), 182-195.
- Rodríguez, M. P. & Cerdá, J. M. (2002). Paso a paso en el diseño de un estudio mediante grupos focales. *Atención primaria*, 29(6), 366.

- Rodríguez, M. W. & Zárate, L. E. (2020). OrgBR-M: a method to assist in organizing bibliographic material based on formal concept analysis a case study in educational data mining. *International Journal on Digital Libraries*, 21(4), 423-448.
- Rodríguez, P. Morrón, A. & Cabarca, B. (2018). Diseño de una huerta escolar como estrategia pedagógica para fomentar la investigación. *Modulo Arquitectura-Cuc*, 20(1), 81–94.
- Rofiah, C. & Bungin, B. (2021). Qualitative Methods: Simple Research With Triangulation Theory Design. *Develop*, 5(1), 18-28.
- Roseman, M. G., Riddell, M. C. & McGee, J. J. (2020). Kindergarten to 12th grade school-based nutrition interventions: putting past recommendations into practice. *Journal of nutrition education and behavior*, 52(8), 808-820.
- Rudyanto, H. E., & Widayanti, E. Y. (2018). *Exploring the Students' Critical Reflection Ability in Elementary School Place-Based Education Program*, 2(4), 367–374.
- Ruzikulovna, S. D. (2021). The importance of personal values of elementary school students in learning. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(10), 1711-1715.
- Sade, A. G. (2020). Role of Agroforestry in Phytoremediation of Contaminated Soils: Review. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 8(9), 29-37.
- Saeed, M., Tahir, H. & Latif, I. (2018). Teachers' Perceptions about the Use of Classroom Assessment Techniques in Elementary and Secondary Schools. *Bulletin of Education and Research*, 40(1), 115-130.

- Sageidet, B. M., Almeida, C. & Dunkley, R. (2018). Children's access to urban gardens in Norway, India and the United Kingdom. *International Journal of Environmental and Science Education*, 13(5), 467-480.
- Sánchez-García, J. A. & Gómez-Aguilar, D. L. (2017). Diseño e implementación de un proyecto de investigación en el aula sobre la fitorremediación de CR (VI) como una estrategia para el desarrollo de competencias científicas investigativas. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 10(18), 75-88.
- Sandoval, L., Zamora-Castro, S. A., Vidal-Álvarez, M. & Marín-Muñiz, J. L. (2019). Role of wetland plants and use of ornamental flowering plants in constructed wetlands for wastewater treatment: A review. *Applied Sciences*, 9(685), 1-17.
- Sarwar, N., Imran, M., Shaheen, M. R., Ishaque, W., Kamran, M. A., Matloob, A., Rehim, A. & Hussain, S. (2017). Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: Modifications and future perspectives. *Chemosphere*, 171(12), 710-721.
- Schutte, A. R., Torquati, J. C. & Beattie, H. L. (2017). Impact of urban nature on executive functioning in early and middle childhood. *Environment and Behavior*, 49(1), 3-30
- Selçuk, A. R. & Yilmaz, M. (2020). The effect of constructivist learning approach and active learning on environmental education: A meta-analysis study. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 10(1), 44-84.
- Senthamarai, S. (2018). Interactive teaching strategies. *Journal of Applied and Advanced Research*, 3(1), S36-S38.

- Sharma, P., Tomar, P. C. & Chapadgaonkar, S. S. (2019). Phytoremediation of indoor pollution-a mini review. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 8(7), 2136-2143.
- Shaughnessy, M. F., Fulgham, S. M. & Reiser, R. (2017). Interview with Robert Reiser. *Educational Technology*, 2(4), 60-64.
- Shi, J., Zhang, G., An, H., Yin, W. & Xia, X. (2017). Quantifying the particulate matter accumulation on leaf surfaces of urban plants in Beijing, China. *Atmospheric Pollution Research*, 8(5), 836-842.
- Shmaefsky, B. R. (2020). *Principles of Phytoremediation*. Springer Nature.
- Shonfeld, M., Cotnam-Kappel, M., Judge, M., Ng, C. Y., Ntebutse, J. G., Williamson-Leadley, S. & Yildiz, M. N. (2021). Learning in digital environments: a model for cross-cultural alignment. *Educational Technology Research and Development*, 4(2), 1-20.
- Siczek, M. M., & Engel, L. C. (2019). Teachers' cognitive interpretation of US global education initiatives. *Educational Policy*, 33(3), 486-515.
- Sierra-Severiche. A. S., Gómez-Bustamante, E. M. & Jaimes-Morales, J. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 18(2), 266-281.
- Şimşek, Ü. & Şenyiğit, Ö. (2020). Examination of vertical green systems in educational buildings: a field study in Çukurova University. *Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning*, 1(1), 33-56.

- Singh, P. K. (2018). Concept learning using vague concept lattice. *Neural Processing Letters*, 48(1), 31-52.
- Singla, S., Baliyan, A., & Singh, B. (2021). Phytoremediation: Importance and General Mechanisms. In *Innovative Bio-Based Technologies for Environmental Remediation* (pp. 197–206). CRC Press.
- Sivarajah, S., Smith, S. M. & Thomas, S. C. (2018). Tree cover and species composition effects on academic performance of primary school students. *PLoS One*, 13(2), 1-11.
- Slegers, F. (2015). Landscape Frameworks for the Revitalization of Urban Neighborhoods in the Context of Phytoremediation. In A. Ansari, S. Gill, R. Gill, G. Lanza, L. Newman (eds.), *Phytoremediation*. Springer, Cham.
- Smit, B. & Scherman, V. (2021). Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software for Scoping Reviews: A Case of ATLAS.ti. *International Journal of Qualitative Methods*, 4(2), 1-15.
- Šorytė, D. & Pakalniškienė, V. (2019). Why it is important to protect the environment: reasons given by children. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 28(3), 228-241.
- Suárez-López, R. & Eugenio, M. (2018). Wild botanic gardens as valuable resources for innovative environmental education programmes in Latin America. *Environmental Education Research*, 24(8), 1102-1114.

- Suárez-López, R., Ramos-Truchero, G., Tutor, D. & Gutiérrez, C. (2021). Percepciones y aprendizajes en un huerto educativo en Educación Primaria. *Investigación en la Escuela*, (103), 64-74.
- Sukma, E., Ramadhan, S. & Indriyani, V. (2020). Integration of environmental education in elementary schools. *Journal of Physics. Conference Series*, 1481(1), 012136.
- Suto, I. & Ireland, J. (2021). Principles for minimizing errors in examination papers and other educational assessment instruments. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 2(4), 310–325.
- Sweta, B. K., Singh, R. & Singh, R. P. (2015). The suitability of *Trapa natans* for phytoremediation of inorganic contaminants from the aquatic ecosystems. *Ecological Engineering*, 83(3), 39-42.
- Syaputra, A. & Hasanah, E. (2022). Learning Strategies In The Digital Era. *International Journal of Educational Management and Innovation*, 3(1), 74-83. Kochkorbaevna, K. B., Pulatovna, N. G. & Nurmahamatovna, O. Z. (2022). It in Individual Learning. *Spanish Journal of Innovation and Integrity*, 6, 284-290.
- Szczytko, R., Stevenson, K. T., Peterson, M. N. & Bondell, H. (2020). How combinations of recreational activities predict connection to nature among youth. *The Journal of Environmental Education*, 51(6), 462-476.
- Szpytma, C. & Szpytma, M. (2019). Model of 21st century physical learning environment (MoPLE21). *Thinking Skills and Creativity*, 34(2), 356-381.
- Taimur, S. & Sattar, H. (2020). Education for sustainable development and critical thinking

- competency. *Quality education*, 238-248.
- Talano, M. A., Ibañez, S., Sosa Alderete, L. G., Wevar Oller, A. L., Vezza, M. E., Medina, M. I., & Agostini, E. (2021). Increasing knowledge about phytoremediation through a practical approach for undergraduate students. *Journal of Biological Education*, 55(5), 548-554
- Taylor, N., Wright, J. & O'Flynn, G. (2021). Cultivating 'health' in the school garden. *Sport, Education and Society*, 26(4), 403-416.
- Thomas, C. G. (2021). *Research methodology and scientific writing*. Springer.
- Thor, D. & Karlsudd, P. (2020). Teaching and fostering an active environmental awareness design, validation and planning for action-oriented environmental education. *Sustainability*, 12(8), 3209.
- Trapp, E. (2021). Unconsciousness rising: Sublimation and environmental loss. *Psychoanalysis, Culture & Society*, 4(2), 1-19.
- Tripathy, S. (2018). An Experiment on Kitchen Garden through Organic Farming Approach. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 1(9), 287-290.
- Trujillo-Losada, M. F., Hurtado-Zúñiga, M. C. & Pérez-Paredes, M. J. (2019). Fortalecimiento de los proyectos educativos de las instituciones educativas oficiales del municipio de Santiago de Cali. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(2), 319-331.
- Tsai, C. Y., Lin, H. S. & Liu, S. C. (2020). The effect of pedagogical GAME model on students' PISA scientific competencies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(3), 359-369.

- Ubilla, C. & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111-118.
- Uzcátegui-Lares, K. Y. & Albarrán-Peña, J. M. (2020). Percepciones de los docentes de educación primaria sobre el proceso de evaluación de los aprendizajes. *Revista Andina de Educación*, 3(1), 39-45.
- Veldman, M. A., Doolaard, S., Bosker, R. J. & Snijders, T. A. B. (2020). Young children working together. Cooperative learning effects on group work of children in Grade 1 of primary education. *Learning and instruction*, 67, 101308.
- Venegas-Rioseco, J., Ginocchio, R. & Ortiz-Calderón, C. (2021). Increase in Phytoextraction Potential by Genome Editing and Transformation: A Review. *Plants*, 11(1), 86.
- Villanueva-Morales, C., Ortega-Sánchez, G. & Díaz-Sepúlveda, L. (2022). Aprendizaje Basado en Proyectos: metodología para fortalecer tres habilidades transversales. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 21(45), 433-445.
- Volodina, A., Heppt, B. & Weinert, S. (2021). Relations between the comprehension of connectives and school performance in primary school. *Learning and Instruction*, 74(2), 1-10.
- Wallace, H. D. (2019). Transdisciplinary learning in a kitchen garden: connecting to nature and constructing a path to ecoliteracy? *International Research in Geographical and Environmental Education*, 28(4), 309-323.

- Wei, Z., Van, L. Q., Peng, W., Yang, Y., Yang, H., Gu, H., Lam, S. S. & Sonne, C. (2021). A review on phytoremediation of contaminants in air, water and soil. *Journal of Hazardous Materials*, 403(8), 1-12.
- Weiss, E., Block, S. D., Civera, A., Dávalos, A. & Naranjo, G. (2019). La enseñanza de distintas asignaturas en escuelas primarias: una mirada a la práctica docente. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 24(81), 349-374.
- Wells, N. M., Myers, B. M., Todd, L. E., Barale, K., Gaolach, B., Ferenz, G., Aitken, M., Henderson, J. C. R., Tse, C., Ostlie, P. K., Taylor, C., Connerly, L., Carson, J. B., Gensemer, A. Z., Frank, N. K. & Falk, E. (2015). The effects of school gardens on children's science knowledge: a randomized controlled trial of low-income elementary schools. *International Journal of Science Education*, 37(17), 2858-2878.
- Whitburn, J., Linklater, W. L. & Milfont, T. L. (2019). Exposure to urban nature and tree planting are related to pro-environmental behavior via connection to nature, the use of nature for psychological restoration, and environmental attitudes. *Environment and behavior*, 51(7), 787-810.
- Whitehead, K. (2018). James Greenlees' school garden and the suburban dream in colonial Australia. *Studies in the History of Gardens y Designed Landscapes*, 38(4), 342-352.
- Whiting, J. (2020). Comics as reflection: In opposition to formulaic recipes for reflective processes. *The Permanente Journal*, 24.
- Wille, R. (2009). Restructuring lattice theory: an approach based on hierarchies of concepts. In *International conference on formal concept analysis* (pp. 314-339). Springer.

- Williams, D. R., Brule, H., Kelley, S. S. & Skinner, E. A. (2018). Science in the Learning Gardens (SciLG): A study of students' motivation, achievement, and science identity in low-income middle schools. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 1-14.
- Williams, M. & Moser, T. (2019). The art of coding and thematic exploration in qualitative research. *International Management Review*, 15(1), 45-55.
- Williams, P., Morton, J. K., & Christian, B. J. (2021). Mathematics from the ground up: An emerging model for enriching mathematical learning for children aged 4–12 using a school garden program. *Education 3-13*, 1-14.
- Wilschut, M., Theuws, P. A. W. & Duchhart, I. (2013). Phytoremediative urban design: Transforming a derelict and polluted harbour area into a green and productive neighbourhood. *Environmental pollution*, 183(12), 81-88.
- Xalilova, M. F. & Niyazova, D. S. (2021). Ecological education of children in primary school. *ACADEMICIA: AN INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY RESEARCH JOURNAL*, 11(1), 615-622.
- Yeşilyurt, M., Ozdemir-Balakoğlu, M. & Erol, M. (2020). The impact of environmental education activities on primary school students' environmental awareness and visual expressions. *Qualitative Research in Education*, 9(2), 188-216.
- Yetti, E., Syarah, E. S., Pramitasari, M., Iasha, V. & Setiawan, B. (2021). The Influence of Dance Instructional Strategy and Teacher's Pedagogy Competence on Classroom Climate. *Ilkogretim Online*, 20(1), 1-15.

You, H. S. (2017). Why Teach Science with an Interdisciplinary Approach: History, Trends, and Conceptual Frameworks. *Journal of Education and Learning*, 6(4), 66-77.

Zelenika, I., Moreau, T., Lane, O. & Zhao, J. (2018). Sustainability education in a botanical garden promotes environmental knowledge, attitudes and willingness to act. *Environmental Education Research*, 24(11), 1581-1596.

Zhang, Q., Kong, W., Wei, L., Wang, Y., Luo, Y., Wang, P., Liu, J., Schnoord, J. L. & Jiang, G. (2020). Uptake, phyto volatilization, and interconversion of 2, 4-dibromophenol and 2, 4-dibromoanisole in rice plants. *Environment international*, 142, 105888.

APÉNDICES

Apéndice 1. Formato para la validación de la entrevista

Formato para la validación de la entrevista

Título: Aplicación de la fitorremediación para instruir con estrategias pedagógicas alternativas de descontaminación en educación primaria usando huertos escolares

Objetivo del proyecto de investigación: Usar huertos escolares como recurso educativo para instruir con estrategias pedagógicas la fitorremediación y generar alternativas de descontaminación en entornos escolares de básica primaria para mejorar la calidad del medio ambiente.

Objetivo del instrumento:

Entrevista: Recolectar información sobre el conocimiento que tienen o no los estudiantes de las sedes en estudio sobre el uso de las plantas para descontaminar el aire.

Lista de Chequeo de Desempeño y de Producto: Verificar el desempeño y los productos de los estudiantes controlando de manera subjetiva el cumplimiento de las actividades de aprendizaje.

Descripción del instrumento: Entrevista: contiene 10 ítems.

Lista de Chequeo: contiene 20 ítems.

Población a la que va dirigido: Estudiantes de educación primaria (1 – 5 grado) del Colegio Eustorgio Colmenares Baptista de la ciudad de Cúcuta, Colombia. Muestra: Tres de cinco sedes, San Gerardo, Gilma Casado y Principal (situación, cercanía con industrias y vías principales).

<p>Pregunta de investigación: ¿Cómo implementar la conceptualización de la fitorremediación a través de recursos educativos naturales con huertos y estrategias pedagógicas, que ayuden a construir el pensamiento crítico y constructivo en los estudiantes de básica primaria con alternativas para descontaminar su entorno escolar y mejorar la calidad ambiental?.</p>	<p>Justificación: Es importante que a partir de la educación se busquen alternativas de solución ante los problemas de contaminación. Una manera viable de lograrlo es mediante el uso de recursos educativos que pueden ser usados como medios importantes para establecer estrategias pedagógicas que mejoren la enseñanza y el aprendizaje en los estudiantes. El uso de huertos escolares puede ser usados para instruir la fitorremediación, como una alternativa económica, efectiva, estéticamente amigable con el medio ambiente y viable de implementar en la institución educativa. Esta implementación permite llegar al estudiante de manera pedagógica en cómo remediar la contaminación del aire y en cómo mitigar el uso deficiente de los recursos naturales desde su entorno escolar.</p>
<p>Objetivos específicos:</p> <p>Construir huertos escolares que permitan a los estudiantes de la básica primaria tener un recurso educativo para interactuar, experimentar, analizar y valorar la naturaleza centrada en la enseñanza de la fitorremediación como alternativa de descontaminación del aire.</p>	<p>Diseño: El tipo de investigación que se plantea usar en este trabajo es la investigación-acción, que mediante un estudio cualitativo se enfocará para explorar aspectos descriptivos relevantes en el uso de los recursos naturales como las plantas y con el apoyo de estrategias didácticas, se aplicará la fitorremediación. El uso del recurso educativo con plantas permitirá el desarrollo de actividades</p>

<p>Implementar herramientas pedagógicas en las principales áreas de enseñanza de la básica primaria, enfocando a los estudiantes en el uso de la fitorremediación, para generar conocimiento ambiental y proponer soluciones a problemas de contaminación del aire.</p> <p>Verificar en los estudiantes la aplicabilidad pedagógica de la fitorremediación, explorando reglas de asociación entre las evidencias del desempeño y entrega de las actividades de aprendizaje y el resultado de la valoración del producto.</p> <p>Aborda la categoría principal: Fitorremediación</p> <p>Aborda la categoría secundaria: Estrategias pedagógicas.</p> <p>Aborda la relación entre la categoría principal y la secundaria: Estimación del aprendizaje para verificar si el estudiante asocia y analiza la conceptualización del tema a través del desarrollo de las actividades y los resultados del aprendizaje.</p>	<p>teórico-prácticas, donde se buscará sensibilizar a los estudiantes para generar un cambio social que contribuya a una cultura ambiental como posible solución a los problemas ambientales. El propósito de utilizar la investigación cualitativa a través de la exploración y descripción de aspectos relevantes será para estimar el uso de los recursos educativos con plantas mediante actividades desarrolladas con estrategias didácticas implementadas a la fitorremediación. Este método permitirá la interacción entre el investigador y los estudiantes, enfocándose en la realidad y la sensibilización para el desarrollo de acciones que promuevan un aprendizaje apropiado. El estudio se basará en el uso del paradigma interpretativo, que se utilizará para describir y comprender la problemática presente de la falta de recursos educativos naturales, contaminación del aire, los efectos que generan en el entorno escolar y la estimación de acciones de mitigación usando alternativas como la fitorremediación, para generar conocimiento y promover acciones futuras que beneficien la situación actual mediante una conciencia ambiental.</p>
--	--

Operacionalización de las categorías de estudio

Categorías	Dimensión	Subdimensión	Indicador
1. Fitorremediación	1.1 Recurso educativo 1,2,3	1.1.1 Elaboración de sistemas de fitorremediación 1,2,3	1.1.1.1 Participa en la construcción y desarrollo del sistema de fitorremediación 1,2,3
	1.2 Implicación escolar 4,5,6	1.2.1 2 Experimentación a cambios 4,5,6	1.2.1.1 Identifica, caracteriza y relaciona conceptos y situaciones ambientales 4,5,6
2. Estrategias pedagógicas	2.1 Disciplinas científicas 7	2.1.1 Mecanismo interdisciplinario de reconocimiento de	2.1.1.1 Combina enfoques desde distintas ciencias

		información 7	sobre la fitorremediación 7
	2.2 Proyección docente y estudiante 8,9	2.2.1 Contenidos conceptuales y procedimentales 8,9	2.2.1.1 Expresa el conocimiento con desarrollo y habilidad teórica y práctica 8,9
3. Estimación de aprendizaje	3.1 Análisis de conceptos formales 10	3.1.1 Asociación de conceptos formales 10	3.1.1.1 Asocia conceptos formales según el conocimiento 10

Guía de preguntas:

Fitorremediación 1: recurso educativo 1.1: elaboración de sistemas de fitorremediación 1.1.1: participación en la construcción y desarrollo del sistema de fitorremediación 1.1.1.1

Pregunta 1. ¿Cómo consideras tu participación en la siembra y conservación de huertos en tu colegio mediante el uso de materiales de reciclaje como parte del desarrollo de sistemas de fitorremediación?

Pregunta 2. ¿Cómo consideras la cantidad de plantas existentes en el entorno escolar?

Pregunta 3. ¿Cuáles son los nombres de las plantas que identificas que se han sembrado en el colegio y para qué las usan?

Fitorremediación 1: implicación escolar 1.2: experimentación a cambios 1.2.1: Identifica, caracteriza y relaciona conceptos y situaciones ambientales.

Pregunta 4. ¿Cómo expresas tus emociones al contribuir al cuidado de las plantas?

Pregunta 5. ¿Por qué la idea de construir huertos como sistema de fitorremediación se considera importante para fortalecer las habilidades teóricas y prácticas en la reducción de la contaminación?

Pregunta 6. ¿Por qué crees que percibes un aroma y un ambiente agradable y fresco con el uso de plantas, incluso cuando hay aire contaminado en el ambiente?.

Estrategias pedagógicas 2: disciplinas científicas 2.1: mecanismos interdisciplinarios de reconocimiento de información 2.1.1: combina enfoques desde distintas ciencias sobre la fitorremediación.

Pregunta 7. ¿Por qué la detección de olores desagradables en el entorno escolar está relacionada con la contaminación del aire?

Estrategias pedagógicas 2: proyección del docente y estudiante 2.2: contenidos conceptuales y procedimentales 2.2.1: expresa el conocimiento con desarrollo y habilidad teórica y práctica 2.2.1.1.

Pregunta 8. ¿Por qué logra comprender que los gases y humo en el entorno escolar son contaminantes?

Pregunta 9. ¿Cuáles actividades didácticas conoces usando los huertos escolares de tu colegio en la implementación de la fitorremediación?.

Estimación de aprendizaje 3: análisis de conceptos formales 3.1: asociación de conceptos formales 3.1.1: asocia conceptos formales según el conocimiento.

Pregunta 10. ¿Qué has aprendido sobre el uso de las plantas para reducir la contaminación del medio ambiente, mediante actividades educativas que tus profesores han asociado contigo desde las ciencias naturales, las matemáticas y el español?

Lista de Chequeo con indicadores para evaluar conocimiento, de desempeño y de producto a la aplicación de la fitorremediación

Lista de chequeo										
Grado escolar:	1		2		3		4		5	
Edad promedio del grupo focal:	6-9		7-10		8-11		9-12		10-13	
Sede:	San Gerardo			Gilma Casado			Principal			

Items: Fitorremediación, reconocimiento del uso de plantas en el entorno escolar como recurso para implementar la fitorremediación

FT-1: ¿Usa los huertos escolares para aplicar la fitorremediación como recurso educativo experimentando y reflexionando sobre el cuidado de la naturaleza?	SI	NO
FT-2: ¿Verifica por observación directa que el número de plantas en el entorno escolar es muy pequeño?	SI	NO
FT-3: ¿Informa el nombre de al menos cinco plantas que se encuentran sembradas en el colegio?	SI	NO
FT-4: ¿Construye huertos experimentando la importancia de fortalecer las habilidades teóricas y prácticas para reducir la contaminación y conservar el medio ambiente?	SI	NO
FT-5: ¿Detecta el ambiente fresco y percibe olores agradables cuando se encuentra cerca a las plantas del entorno escolar?	SI	NO

Items: Estrategias pedagógicas, efectos percibidos en la aplicación educativa de la fitorremediación.

EP-1: ¿Realiza con los profesores actividades que ayudan a embellecer el colegio a través de la siembra y conservación de plantas?	SI	NO
EP-2: ¿Organiza horarios con los compañeros de clase para hidratar y limpiar las plantas del colegio?	SI	NO
EP-3: ¿Utiliza actividades educativas que incluyen la enseñanza de conceptos sobre la fitorremediación como alternativa de descontaminación?	SI	NO
EP-4: ¿Expresa el gusto por usar la sombra que proporcionan los árboles grandes para jugar en las horas de descanso?	SI	NO
EP-5: ¿Participa con los profesores en actividades que incluyen el uso de materiales de reciclaje para dotar el huerto?	SI	NO

Items: Estima la reducción de la contaminación y conservación ambiental aplicando el uso de plantas.

EA-1: ¿Demuestra solidaridad y compromiso por compartir el cuidado de las plantas con los compañeros del colegio y no permitir que sean maltratadas?	SI	NO
EA-2: ¿Desarrolla trabajos matemáticos como operaciones de suma, resta, división y multiplicación que incluyan los procesos de la fitorremediación?	SI	NO
EA-3: ¿Desarrolla lecturas que comprenden la explicación de los mecanismos de la fitorremediación y participa en lluvias de ideas con sus compañeros de clase?	SI	NO
EA-4: ¿Elabora con motivación macetas y siembra de plantas para hacer uso de	SI	NO

la aplicación de la fitorremediación?		
EA-5: ¿Utiliza el internet para descargar programas y crear imágenes que muestren aspectos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de la fitorremediación?	SI	NO
EA-6: ¿Elabora videos de forma individual o grupal que explican el uso apropiado de las plantas y sus procesos para biotransformar contaminantes?	SI	NO
EA-7: ¿Dibuja plantas describiendo los mecanismos de fitorremediación?	SI	NO
EA-8: ¿Observa contaminantes como gases o humo provenientes de las industrias mientras está en el colegio?	SI	NO
EA-9: ¿Experimenta emociones al ensuciarse las manos mientras realiza actividades educativas usando las plantas?.	SI	NO
EA-10: ¿Demuestra emociones positivas al contribuir con el cuidado de las plantas?	SI	NO

Fuente: Edgar Rincón Villamizar, investigador principal.

Validez	
Aplicable	No aplicable
Aplicando haciendo los respectivos cambios	

Aspectos Generales	Sí	No	Observaciones
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario			
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación			
Los ítems están distribuidos en forma lógica y secuencial			
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir			

Validado por:
Experiencia docente:
Nivel Académico:
Fecha:
Observaciones en general:

Apéndice 2. Resultados de la validación de instrumentos realizada por tres expertos

RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DE EXPERTOS		
Experto 1: Dra Genoveva Gutiérrez		
Item inicial	Observación del experto	Item final con modificación
¿Comprueba que la cantidad de plantas existentes en el entorno escolar es muy poca?	¿bajo cuál parámetro?	¿Verifica por observación directa que el número de plantas en el entorno escolar es muy pequeño
¿Programa el cuidado de las plantas del colegio con sus compañeros para hidratarlas y limpiarlas diariamente?	Cuando corresponda, no todas son de riego diario	¿Organiza horarios con los compañeros de clase para hidratar y limpiar las plantas del colegio
¿Experimenta emociones al ensuciarte las manos mientras realiza actividades educativas usando las plantas?	Cambiar "ensuciarte" por "ensuciarse"	¿Experimenta emociones al ensuciarse las manos mientras realiza actividades educativas usando las plantas?
¿Realiza actividades que incluyen la siembra de plantas en el hogar, conservándolas frecuentemente?	Es la única que retoma el hogar, ahondar en ese contexto o descartar esta pregunta	Se descarta la pregunta.
Experto 2: Dra Nancy Yaneth Quintero		
¿Cuáles son los nombres de las plantas que identificas que se han sembrado en el colegio y por qué las usan?	Cambiaría el ¿por qué? por un ¿para qué las usan?.	¿Cuáles son los nombres de las plantas que identificas que se han sembrado en el colegio y para qué las usan?
¿Por qué crees que percibes un aroma y una temperatura adecuada con el uso de plantas, incluso cuando hay aire contaminado en el ambiente?.	Cambiaría: temperatura adecuada por ambiente agradable y/o fresco que implique indirectamente la temperatura	¿Por qué crees que percibes un aroma y un ambiente agradable y fresco con el uso de plantas, incluso cuando hay aire contaminado en el ambiente?.
¿Detecta una temperatura adecuada y percibe olores agradables cuando se encuentra cerca de las plantas que se encuentran en su entorno escolar?	En esta pregunta sugiere: ¿Es adecuada la temperatura y el ambiente cuando se encuentra cerca de las plantas que existen en el entorno escolar?	¿Detecta el ambiente fresco y percibe olores agradables cuando se encuentra cerca a las plantas del entorno escolar?
¿Programa el cuidado de las plantas del colegio con sus compañeros para hidratarlas y limpiarlas diariamente?	En esta pregunta sugiere: ¿ Se organiza con sus compañeros para regar y limpiar las plantas diariamente?	¿Organiza horarios con los compañeros de clase para hidratar y limpiar las plantas del colegio?
¿Experimenta con sus profesores actividades educativas que incluyen la interacción con las plantas del colegio?	En esta pregunta sugiere: ¿Participa junto con sus profesores en actividades educativas que permitan la interacción con las plantas del colegio?	¿Realiza con los profesores actividades que ayudan a embellecer el colegio a través de la siembra y conservación de plantas?
¿Elabora dibujos que muestran las plantas detallando la descripción de los mecanismos que se dan por la fitorremediación?	En esta pregunta sugiere reescribir: ¿Dibuja plantas y describe mecanismos de fitorremediación?	¿Dibuja plantas describiendo los mecanismos de fitorremediación?
Experto 3: Dra Martha Leticia Barba M.		
¿Cómo expresas sus emociones al contribuir al cuidado de las plantas?.	Sugiere cambiar "sus" por "tus"	¿Cómo expresas tus emociones al contribuir al cuidado de las plantas?
¿Cuáles actividades didácticas conoce usando los huertos escolares de tu colegio en la implementación de la fitorremediación?	Sugiere incluir el plural a la palabra "conoces"	¿Cuáles actividades didácticas conoces usando los huertos escolares de tu colegio en la implementación de la fitorremediación?

Apéndice 3. Guía de aprendizaje 1

ACTIVIDAD 1	
Objetivos	Procedimental: Participar en la construcción de sistemas de fitorremediación para el mejoramiento del entorno escolar usando materiales de bajo costo y siembra de plantas con disponibilidad para jardín en clima cálido.
Actividades de aprendizajes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar macetas con material plástico reciclado, unirlas con cuerda conservando una distancia de 30cm, teniendo en cuenta el trabajo en equipo del grupo focal. 2. Realizar la siembra de plantas disponibles para jardinería con la participación de los estudiantes por grupo focal y con la instrucción y orientación del investigador principal y docente del aula. 3. Desarrollar un mapa conceptual en una hoja de block tamaño oficio, que contenga los nombres de las plantas que se vayan a sembrar en los huertos escolares y describir brevemente sus usos y aplicaciones. 4. Dibujar un proceso de fitorremediación usando una hoja de block tamaño oficio, donde muestre el uso de plantas como barreras purificadoras de partículas de aire contaminado.
Preparación del ambiente de aprendizaje	<p>Ambiente: muros de aulas para construir jardines verticales y espacios horizontales con disposición de siembra.</p> <p>Materiales de formación: material plástico reciclado de 3 litros, hojas de block tamaño oficio, marcadores, lápices, borrador, abono orgánico, plantas ixoras, durantas, cariaquito, sábila, mirto, orégano, otras.</p>
Proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los estudiantes deben traer materiales plásticos reciclados y aplicar la construcción de macetas teniendo en cuenta la instrucción del investigador. 2. Solicitar a los estudiantes abono orgánico y plantas para la siembra en las macetas. 3. Permitir la interacción de los estudiantes al ensuciar sus manos con abono, cuidar las plantas en la siembra y sensibilizar su conservación e hidratación. 4. Facilitar los recursos de hojas de block, colores, marcadores en la elaboración del mapa mental y del dibujo aplicados en los puntos 3 y 4 de la actividad de aprendizaje.
Criterio de evaluación	<p>Realiza de manera activa e integra el trabajo en equipo para la construcción de sistemas de fitorremediación basados en la experimentación con el uso de materiales reciclados, tipos y cuidado de las plantas.</p> <p>Organiza los nombres de las plantas sembradas en la disposición de jardines del colegio, de acuerdo a los usos y aplicaciones.</p> <p>Experimenta cambios en la mejora estética del colegio cuando se realizan actividades de siembra y conservación de los huertos escolares.</p>
Evaluación: Descripción de la evidencia de aprendizaje	<p>Técnica: Observación directa, aplicada en el trabajo grupal, actitud positiva y capacidad para desarrollar experiencias prácticas de siembra y cuidado de plantas, exposición didáctica y mapa conceptual.</p> <p>Instrumento: Lista de chequeo de desempeño, lista de chequeo de producto. Instrumentos de apoyo para las listas de chequeo; mapa conceptual, huerto como material experimental, técnicas grupales, prtafolio.</p>

Apéndice 4. Guía de aprendizaje 2

ACTIVIDAD 2	
Objetivos	Desempeño: Participar de la pedagogía en conceptos de la fitorremediación mediante actividades estructuradas con estrategias didácticas que promuevan el conocimiento en, descripción, clasificación, usos y aplicaciones de los mecanismos alternativos para descontaminar el medio ambiente.
Actividades de aprendizajes	<p>1. Elaborar de forma individual un dibujo en una hoja de block tamaño oficio o en cartelera que represente el proceso de transformación de contaminantes en la planta donde identifique compuestos como el oxígeno, hojas, tallo, flor, raíz y dióxido de carbono y otros contaminantes. Igualmente, aplique la técnica de caída de lluvia que se ejemplifica en el apéndice 9, describiendo en la parte de las nubes si ha detectado contaminantes en el entorno escolar, entonces dibujar nubes grises; luego las gotas de agua representan los contaminantes y otras sustancias que logre entender que hay en esas nubes grises, como por ejemplo, dióxido de carbono, agua, oxígeno, material particulado (polvo), entre otras y la caída (parte baja) describa los efectos que se producen los contaminantes en el organismo humano.</p> <p>2. Elaborar gráficas que describan los diferentes mecanismos de la fitorremediación basados en el uso del <i>software</i> de acceso gratuito del <i>Storyboard That</i> y mediante grupos focales mostrar el trabajo al docente y al investigador.</p> <p>3. Desarrollar mediante la técnica de lluvia de ideas y en grupo focal soluciones a una guía de preguntas (ver apéndice 6) con contenidos matemáticos que incluyen operaciones de suma, resta, multiplicación y división y, otra guía con preguntas que tengan temas de gramática y vocabulario con base en enfoques aplicados a implementación de la fitorremediación.</p>
Preparación del ambiente de aprendizaje	<p>Ambiente: Aula de clase y entornos verdes del colegio.</p> <p>Materiales de formación: Computador, internet, <i>software</i> de acceso gratuito <i>Storyboard That</i>. Tablero, video beam, carteleras, marcadores, lápiz, borrador, resma, guía de aprendizaje, macetas y plantas.</p>
Proceso	<p>1. Una vez realizada la instrucción de la conceptualización y descripción de la fitorremediación entregar una cartelera por cada grupo focal para que elaboren un dibujo que represente cada mecanismo de fitorremediación identificando partes fundamentales del proceso.</p> <p>2. Facilitar a cada grupo focal mediante una explicación el uso del <i>Storyboard That</i> basado diferentes pasos que incluyen el registro, nombre, creación de correo electrónico y descripción detallada sobre la elección de gráficas y texto en la elaboración de gráficas e historietas.</p> <p>3. El docente entregará a cada grupo focal una guía de preguntas basada en operaciones matemáticas y aplicaciones de las ciencias naturales, así mismo de gramática y vocabulario aplicando un enfoque de la fitorremediación. El apéndice 6 muestra el ejemplo de preguntas con un enfoque del tema de fitorremediación. Luego el docente deberá escribir los aspectos observados en los estudiantes a través de la guía de observación que muestra el apéndice 7.</p>
Criterio de evaluación	<p>Distingue operaciones matemáticas y el uso de las ciencias naturales aplicadas de forma correcta entendiendo el enfoque del proceso la fitorremediación.</p> <p>Representa correctamente gráficas de la fitorremediación de acuerdo a los problemas de las operaciones matemáticas.</p> <p>Demuestra situaciones en el entorno natural, describiendo aspectos de interés a</p>

	través de lecturas, reconociendo la estructura gramatical, vocabulario y el uso de la ortografía.
Evaluación: Descripción de la evidencia de aprendizaje	<p>Proceso 1 y 2. Técnica: Entrevista aplicada con guía de preguntas cerradas que identifiquen la interpretación del tema de la fitorremediación como alternativa tecnológica para mitigar la contaminación. Instrumento: Guía de observación.</p> <p>Proceso 1,2, 3 y 4 Técnica: Observación directa, formación con base en las TIC. Instrumento: Lista de Chequeo de producto. Instrumentos de apoyo para la lista de chequeo; técnicas grupales, preguntas sobre procedimientos, uso de la tecnología y portafolio.</p>

Apéndice 5. Guía de aprendizaje 3

ACTIVIDAD 3	
Objetivos	Desempeño: Analizar las actitudes de los estudiantes ante la enseñanza y aprendizaje de la aplicación de la fitorremediación como alternativa para descontaminar y promover cultura ambiental
Actividades de aprendizajes	<p>1. Realizar un juego para sensibilizar la participación del estudiante que promueva la actividad física y el aprovechamiento de la sombra de los entornos verdes del colegio aplicado con conocimientos temáticos de la fitorremediación. Para comprender la actividad el apéndice 8 muestra la estructura del procedimiento a seguir para el desarrollo del juego.</p> <p>2. Elaborar un concurso de carteleras donde por grupo focal dibujen un mecanismo de fitorremediación usando materiales de reciclaje. Posteriormente realizar una exposición de las carteleras y socializar los criterios del trabajo.</p>
Preparación del ambiente de aprendizaje	<p>Ambiente: Entornos verdes del colegio, escenario deportivo o espacio que facilite la interacción de los estudiantes al juego.</p> <p>Materiales de formación: Tiza, pintura blanca, roja, verde, brocha, regla y metro, papel para cartelera.</p>
Proceso	<p>1. Pintar 6 cuadros cada uno de 2 metros cuadrados en el piso de la zona escolar que se ubique debajo de los árboles del colegio y escribir el nombre de uno de los procesos de fitorremediación en la parte inferior del cuadro. La distancia entre cuadros debe ser de al menos 1 a 2 metros de distancia. Luego, usando la tiza, dibuje 3 círculos verticales y 3 horizontales a distancias centradas dentro del cuadro pintado. En cada círculo escribir el nombre de alguna planta sembrada en el colegio. Posteriormente, los estudiantes que participarán de la actividad lúdica, se formarán en un grupo focal por cada cuadro pintado, es decir, un grupo focal por cuadro pintado. Cada estudiante debe saltar entre círculos sin salir del recuadro y mencionando de manera verbal el nombre de la planta escrito en el círculo. El salto debe iniciar por el primer nivel de cuadros de manera horizontal de derecha a izquierda, luego subir de izquierda a derecha y el tercer nivel de derecha a izquierda. A medida que el estudiante avance en el cuadro, otro estudiante del mismo grupo focal, debe también comenzar con las mismas indicaciones dadas hasta completar la participación de todos los integrantes del grupo. El docente orientador, puede usar música de fondo para animar la actividad y algún incentivo para el grupo más organizado que mejor desarrolle la actividad y hagan en el menor tiempo.</p> <p>2. Seleccionar un mecanismo de fitorremediación por grupo focal, luego se debe dibujar ese mecanismo en una cartelera apoyándose de la participación de todos los integrantes del grupo focal. Exponer la cartelera en muros del colegio y seleccionar un representante por grupo focal para que exprese mediante socialización a los demás compañeros del colegio, los criterios de interés usados en la realización del trabajo.</p>
Criterio de evaluación	<p>Expresa atención al trabajo colaborativo y disfruta de la actividad participando de manera activa y pertinente.</p> <p>Valora la importancia de los árboles en el entorno escolar y social como un medio para generar sombra, reducir la temperatura y medio estético para el embellecimiento del colegio.</p> <p>Valora la capacidad y habilidad del trabajo colaborativo en la realización de una exposición de carteleras.</p>
Evaluación: Descripción de la evidencia de aprendizaje	<p>Técnica: juego lúdico, dinámica y reunión de grupo.</p> <p>Instrumento: Lista de Chequeo de desempeño. Instrumentos de apoyo para la lista de chequeo; juego como instrumento de enseñanza y aprendizaje y uso de la tecnología.</p>

Apéndice 6. Ejemplos aplicados a las matemáticas y español

Hay 6 alternativas tecnológicas para aplicar la fitorremediación en la descontaminación ambiental, por lo anterior, resuelve los siguientes problemas:

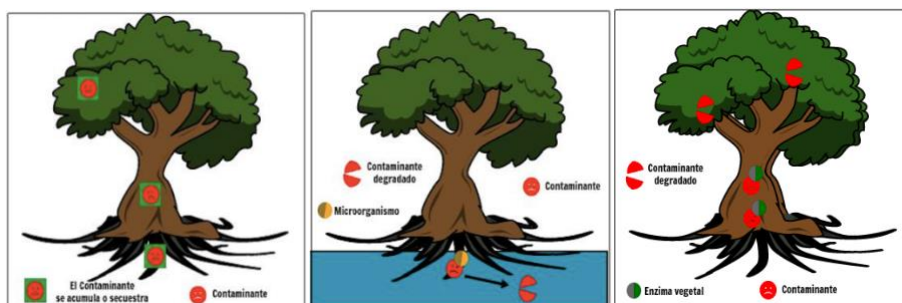
1. Carlos tiene 20 plantas aromáticas para sembrar en el colegio y las quiere repartir a 20 de sus amigos ¿cuánto le repartiría a cada uno de sus amigos?.

A. Cinco manzanas a cada uno de sus amigos.

B. Una manzana a cada uno de sus amigos.

C. Ninguna de las dos opciones es correcta.

2. La fitodegradación es un mecanismo que usan las plantas para absorber contaminantes y por medio de procesos enzimáticos los transforma en sustancias amigables al ambiente. De acuerdo a lo anterior, ¿qué figura muestra un proceso de fitodegradación?.



A. B. C.

3. selecciona las palabras que estén ordenadas alfabéticamente

A. Fitodegradación, Rizodegradación, Fitovolatilización.

B. Fitodegradación, Fitovolatilización, Rizodegradación.

C. Rizodegradación, Fitodegradación, Fitovolatilización.

4. ¿Cuál de las siguientes imágenes ilustra el favorecimiento de implementación de la fitorremediación?



A. B. C.


5. En la planta A se tienen 3 contaminantes que se acumulan, uno en la raíz, otro en el tallo y el tercero en la parte alta de la planta. Si se tiene una planta B con dos contaminantes en la raíz, 2 en el tallo y 3 en las partes altas, ¿Cuántos contaminantes le faltaría colocar a la planta A para completar el mismo número de contaminantes de B? ¿Cuántos contaminantes habría en total entre las plantas A y B?




A. B.

6. Observe la siguiente figura y registre el dato que allí se pregunta

Matemáticas


Tengo 

Me regalan 

Simbolizando el problema

$$3 + 2 = \square$$

¿Cuántas plantas tengo?



Apéndice 7. Guía de observación

Grado escolar		Sede del Colegio	San Gerardo	Gilma Casado	Principal
Nombre del Docente titular					
Objetivo:	Participar de la pedagogía en conceptos de la fitorremediación mediante actividades estructuradas con estrategias didácticas que promuevan el conocimiento básico en, descripción, clasificación, usos y aplicaciones de los mecanismos alternativos para descontaminar el medio ambiente.				
Criterios de evaluación	<p>Distingue operaciones matemáticas y el uso de las ciencias naturales aplicadas de forma correcta entendiendo el enfoque del proceso la fitorremediación.</p> <p>Representa correctamente gráficas de la fitorremediación de acuerdo a los problemas de las operaciones matemáticas.</p> <p>Demuestra situaciones del entorno natural reconociendo la estructura gramatical y de vocabulario, así mismo reconoce correctamente el uso de la ortografía.</p>				

Aspectos a observar

¿Cómo reaccionan los estudiantes frente a las operaciones matemáticas de suma, resta, multiplicación y división usando como elementos descriptivos imágenes de plantas y nombres de mecanismos de fitorremediación?

¿Cómo interactúan los estudiantes cuando se proponen actividades de ejercicios de gramática y vocabulario con enfoques aplicados a la fitorremediación?

¿Qué comentarios hacen los estudiantes cuando se les propone actividades de trabajo colaborativo con el uso de diversas ciencias del conocimiento escolar y aplicadas al contexto de la fitorremediación?

¿Qué referencian los estudiantes cuando se les propone elaborar carteleras y exponer los criterios con base en la aplicación de la fitorremediación?

¿Qué decisiones toman los estudiantes cuando se les propone actividades lúdicas con información contenida en el tema de la fitorremediación?

¿Qué razones tienen los estudiantes para identificar las plantas que tienen en el colegio?

¿Cuáles son los criterios que argumentan los estudiantes para comprender los procesos tóxicos de los contaminantes y la depuración que realizan las plantas?

¿En que se basan los estudiantes para detectar contaminantes en el aire?

¿Cómo consideran los estudiantes la cantidad de plantas sembradas en el colegio?

¿Qué antecedentes exploran los estudiantes al hablarles de la contaminación del aire en el entorno escolar?

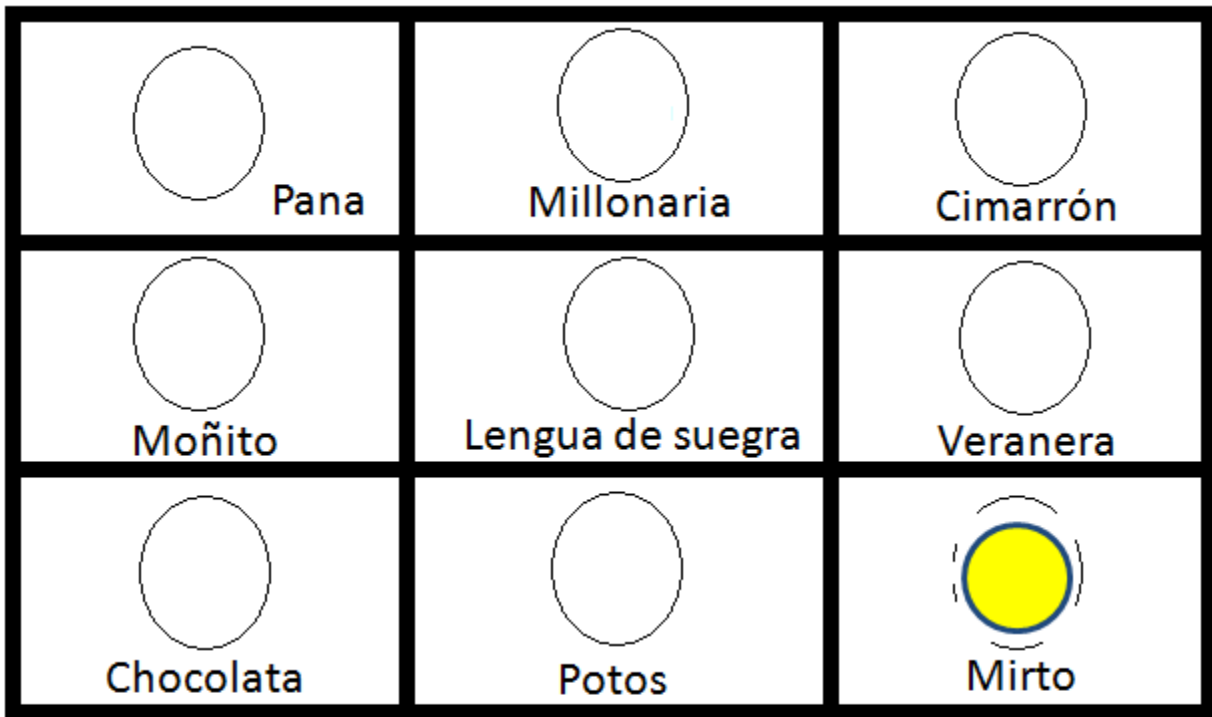
¿Qué argumentos muestran los estudiantes para creer que la fitorremediación puede ser usada para reducir la contaminación?

¿Qué actitudes muestran los estudiantes al sembrar y conservar las plantas?

¿Qué consecuencias argumentan los estudiantes por la exposición frecuente a la contaminación?

¿Cómo interactúan los estudiantes cuando se les propone usar las TIC en la aplicación de la fitorremediación?

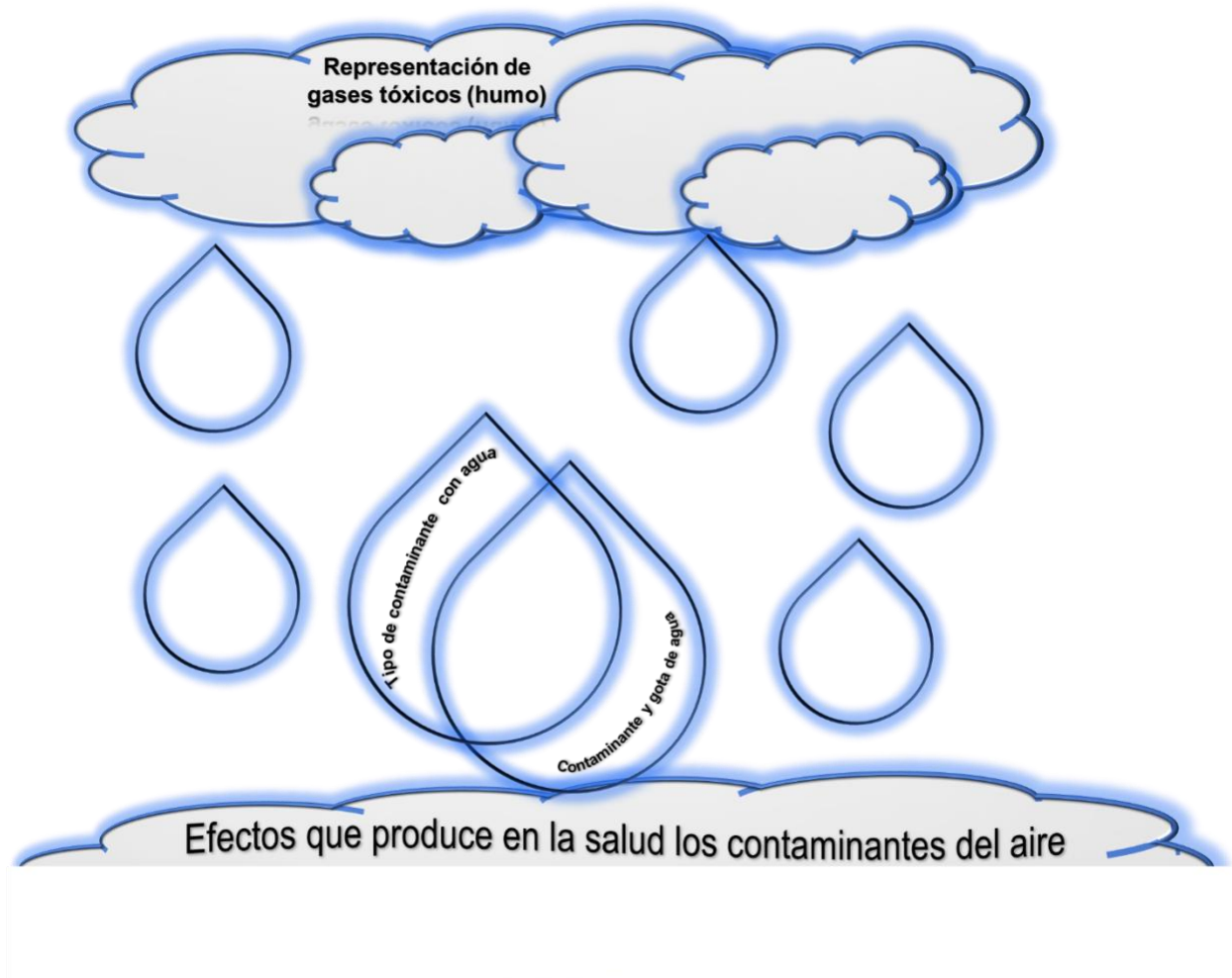
Apéndice 8. Juegos con aplicación a la fitorremediación



Grupo Fitodegradación

Cada círculo coloreado corresponde a un estudiante del mismo grupo focal, quien deberá ingresar al cuadro y saltar sobre cada círculo mencionando el nombre de las plantas

Apéndice 9. Técnica didáctica caída de lluvia



Descripción de la técnica:

Nubes: representan si hay humo o gases tóxicos en el entorno escolar.

Gotas: Indican la presencia de tipos de contaminantes (dióxido de carbono, material particulado, otros) y otros componentes como oxígeno, agua, otros.

Caída del agua. Representa los efectos que produce los contaminantes del aire en el organismo humano y medio ambiente.

Apéndice 10. Consentimiento informado y autorización de imagen

FECHA _____

CONSENTIMIENTO INFORMADO Y AUTORIZACIÓN DE USO DE IMAGEN

Suscribo el presente documento, obrando como representante o acudiente del niño, niña o adolescente (datos del estudiante), _____ identificado con el documento de identidad número _____ de _____, quien lo autorizo para que pueda participar en el Proyecto Educativo denominado: **“APLICACIÓN DE LA FITORREMEDIACIÓN PARA INSTRUIR ALTERNATIVAS DE DESCONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA BÁSICA PRIMARIA USANDO HUERTOS ESCOLARES”** a cargo del investigador Edgar Rincón Villamizar, estudiante de doctorado de la Universidad de Cuahtémoc, México, quien realizará actividades de aprendizaje que utilizará fotografías, audios, videos, entrevistas, juegos y otros instrumentos y técnicas con fines pedagógicos a realizarse en las instalaciones educativas del Eustorgio Colmenares de Cúcuta, sedes Gilma Casado, Principal y San Gerardo.

La autorización de las actividades pedagógicas de este proyecto y las que de él se deriven, estarán en conformidad con lo establecido en el artículo 7 de la Ley 1581 de 2012, y su Decreto Reglamentario No. 1377 de 2013.

Suscriben:

Firma:

Firma:

Representante del niño, niña o adolescente
Cédula de ciudadanía _____
Teléfono o celular: _____

Estudiante (niño o niña)

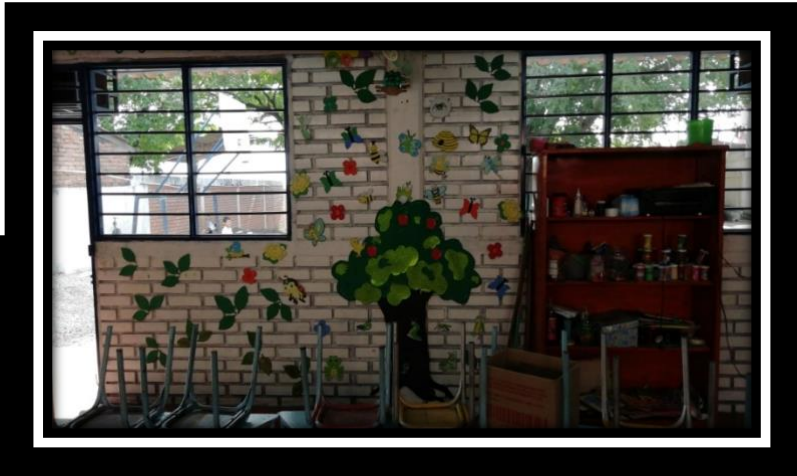
Apéndice 11. Evidencias fotográficas en el uso de recursos naturales como recurso educativo y la implicación escolar para instruir conceptos de fitorremediación en la escuela de primaria del ECOLBA



Apéndice 12. Evidencias fotográficas con proyección docente-estudiante, uso de recurso educativo, implicación escolar aplicando el enfoque de diferentes disciplinas científicas en la instrucción de conceptos de fitorremediación



Apéndice 13. Evidencias fotográficas evaluando por observación directa el desempeño y productos de los estudiantes del ECOLBA



Apéndice 14. Evidencias fotográficas en el uso de materiales de reciclaje para construir nuevas macetas y disponer de huertos.



Apéndice 15. Evidencias fotográficas sobre la implicación escolar, asocia-analiza en evento académico que demuestra la participación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje



Apéndice 16. Ponencia sobre los avances de resultados de esta investigación en el 1er Seminario Manejo Agronómico de Cultivos de la Región Nororiental y de Frontera Colombiana, realizando en la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, noviembre del 2018



Apéndice 17. Ponencia "participación y cumplimiento de estudiantes en conceptualización de fitorremediación con evidencias de aprendizaje usando el análisis formal de conceptos", realizado en Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, mayo del 2022.

VI ENCUENTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Participación y cumplimiento de estudiantes en conceptualización de la fitorremediación con evidencias de aprendizaje usando el análisis formal de conceptos

M.Sc. Edgar Rincón Villamizar

Zoom meeting interface showing participants: Seir Antonio Salazar Mer..., Miller Riaño Solano, Luz Estela Romero R..., Edgar Rincón Villamizar, and others.

VI ENCUENTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Metodología

Item-1	Item-2	Item-3	Item-4	Nº.	Concepto (extensión, intensión)
S01	X			1	{0}, {Item-1, Item-2, Item-3, Item-4}
S02	X	X	X	2	{GG4, GG5, PG4, PG5}, {Item-2, Item-4}
GG4	X	X	X	3	{GG4, GG5}, {Item-1, Item-2, Item-3, Item-4}
GG5	X	X	X	4	{SG2, GG4, GG5, PG4, PG5}, {Item-4}
PG4	X	X	X	5	{S01, S02, GG4, GG5}, {Item-1}
PG5	X	X	X	6	{S02, GG4, GG5}, {Item-1, Item-4}

Formal Concepts Analysis (FCA)

Witt, R. (2005). Restructuring lattice theory: an approach based on hierarchies of concepts. *Heidelberg*.

Diagram illustrating the relationship between Concept A and Concept B, showing their extensions (Extensión) and intensions (Intensión).

Concepto A: Extensión {GG4, GG5, PG4, PG5, SG2}, Intensión {Item-4}

Concepto B: Extensión {GG4, GG5, PG4, PG5}, Intensión {Item-2, Item-4}

Zoom meeting interface showing participants: Nelson Javier Cely C..., Miller Riaño Solano, Luz Estela Romero R..., Edgar Rincón Villamizar, and others.



VI ENCUESTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA

CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN

Que se otorga a:

Edgar Rincón Villamizar



**Universidad Francisco
de Paula Santander**
Vigilada Mineducación

Quien participó en el VI Encuentro Internacional de
Educación Matemática (VI EIEM)

19 y 20 de mayo de 2022, Cúcuta, Colombia

MAWENCY VERGEL ORTEGA
Comité organizador

HÉCTOR PARRA LÓPEZ
Rector