

**La meliponicultura como propuesta contextualizada para la enseñanza de la bioquímica, la
conservación de las abejas nativas y la biodiversidad**

Álvaro Javier Cabezas Vega

Directora de tesis: Sandra Ximena Ibáñez Córdoba

Grupo de investigación biología, enseñanza y realidades

Línea de investigación: enseñanza de las ciencias naturales, ambiente y ciudadanías

Universidad Pedagógica Nacional

Departamento de Química

Maestría en Docencia de la Química

Bogotá, noviembre de 2025

*A quienes toman un momento cada día para reflexionar
y hacer acciones que permitan proteger la biodiversidad.*

Agradecimientos

Agradecimientos a mi compañera Laura que con ella hemos conocido juntos el mundo de la meliponicultura. A mi directora Sandra Ximena que me apoyo y me asesoró en todo este proceso, a mis compañeros Leider y Julieth, a los evaluadores y al equipo de docentes e integrantes de la maestría.

De igual forma, agradecimientos especiales a los estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara, al señor rector José Jovani, a mis compañeros docentes: Ferney el director de grado noveno, a Jair profesor de química, a los profesores Leonardo, Johan y Andrés que desde el área de ciencias siempre me apoyaron, al igual que todo el equipo de docentes de la institución.

Mucha gratitud también con Campo Colombia y todo su equipo que siempre han sido un gran ejemplo de amor por las abejas, también por su apoyo y donación de las colmenas que realizaron junto con el meliponicultor Fabio Céspedes. A la Reserva Ecológica la Manigua que me ha permitido aprender sobre las abejas nativas y ahondar en las reflexiones sobre la sustentabilidad.

Tabla de contenido

Introducción	11
Antecedentes	12
Sobre las propiedades fisicoquímicas de los productos de las abejas	18
Fundamentos teóricos	20
Prácticas de meliponicultura	21
La química desde la meliponicultura	27
Conversión del néctar en miel.....	27
Fermentación del polen.....	29
Comunicación química de las abejas	31
Composición química de algunos productos de las abejas	33
Sobre la concepción del aprendizaje significativo	34
Evaluación del aprendizaje significativo	35
Secuencia didáctica	37
Conservación de la biodiversidad y la construcción de ciudadanías	38
Formulación del problema	39
Pregunta problema	45
Objetivos	45
Objetivo general.....	46
Objetivos específicos	46
Metodología	46
Fases de la investigación.....	48
Cronograma de actividades.....	49
Indicadores del aprendizaje significativo.....	50
Sesión de diagnóstico.....	53
Sesión sobre biodiversidad y polinización.....	54
Sesión sobre biología y diversidad de abejas.....	55
Sesión sobre meliponicultura.....	56
Sesión sobre bioquímica de las abejas	56
Sesión sobre fermentación	57
Práctica de laboratorio	58
Cuestionario final de aprendizajes	59
Resultados	62

Sesión 1: diagnóstico sobre biodiversidad, abejas nativas y fermentación.....	62
Sesión 2: características de la biodiversidad y la polinización	73
Sesión 3: biología y diversidad de abejas	81
Sesión 4: acercamiento a la meliponicultura.....	87
Sesión 5: acercamiento a la bioquímica de las abejas.....	94
Sesión 6: aproximación a la fermentación	100
Sesión 7: prácticas de laboratorio	106
Análisis fisicoquímicos de mieles (laboratorio Departamento de Química - UPN)	106
Prueba de Biuret.....	108
Prueba de Benedict	111
Prueba de pH.....	114
Prueba de densidad	116
Prácticas de laboratorio en la IED José María Vergara y Vergara.....	118
Práctica de laboratorio de fermentación láctica (pan de abejas)	122
Sesión 8: cuestionario final de aprendizajes	127
Compromisos y autoevaluación.....	137
Conclusiones.....	138
Recomendaciones	141
Bibliografía	142
Anexos	147
Cuestionario final versión estudiantes.	147

Listado de figuras

Figura 1.....	21
<i>Acercamiento a la clasificación taxonómica de las abejas.....</i>	<i>21</i>
Figura 2.....	23
<i>Tipos de piqueras de las abejas nativas sin aguijón</i>	<i>23</i>
Figura 3.....	24
<i>Dispositivo atrayente con una colmena de <i>Tetragonisca angustula</i> o abeja angelita</i>	<i>24</i>
Figura 4.....	25
<i>Colmena de abeja <i>Tetragonisca angustula</i> en atrayente durante el trasiego a una caja modular</i>	<i>25</i>
Figura 5.....	25
<i>Caja modular para abejas nativas sin aguijón</i>	<i>25</i>
Figura 6.....	26
<i>Caja modular con una colmena <i>Tetragonisca angustula</i></i>	<i>26</i>
Figura 7.....	27
<i>Meliponario colectivo de abejas nativas sin aguijón</i>	<i>27</i>
Figura 8.....	28
<i>Ánforas de miel de abejas nativas</i>	<i>28</i>
Figura 9.....	29
<i>Características del polen</i>	<i>29</i>
Figura 10.....	30
<i>Polen en colmenas de abejas nativas.....</i>	<i>30</i>
Figura 11.....	31
<i>Estructura de una abeja nativa del género <i>Scaptotrigona</i></i>	<i>31</i>
Figura 12.....	32
<i>Marcas de feromonas de abejas nativas</i>	<i>32</i>
Figura 13.....	34
<i>Aproximación interna de una abeja melífera.....</i>	<i>34</i>
Figura 14.....	43
<i>Nido natural de una colmena del género <i>Melipona</i></i>	<i>43</i>
Figura 15.....	48
<i>Metodología de la investigación</i>	<i>48</i>
Figura 16.....	63
<i>Significado de biodiversidad de los estudiantes.....</i>	<i>63</i>

Figura 17.....	65
<i>Conocimientos previos sobre polinización</i>	65
Figura 18.....	66
<i>Tipos de polinizadores que conocen los (as) estudiantes.....</i>	66
Figura 19.....	67
<i>Características de las abejas por los (as) estudiantes.....</i>	67
Figura 20.....	68
<i>Frecuencia de palabras con relación a las abejas</i>	68
Figura 21.....	69
<i>Frecuencia de palabras con productos de las abejas que reconocen los (as) estudiantes.....</i>	69
Figura 22.....	70
<i>Frecuencia de palabras asociadas a los conocimientos previos sobre fermentación</i>	70
Figura 23.....	71
<i>Conocimientos previos sobre fermentación</i>	71
Figura 24.....	72
<i>Frecuencia de palabras asociadas a los productos de la fermentación</i>	72
Figura 25.....	74
<i>Representaciones de los (as) estudiantes sobre diversidad de frutas</i>	74
Figura 26.....	75
<i>Ejemplo de diversidad con las frutas preferidas de los estudiantes.....</i>	75
Figura 27.....	77
<i>Mapa conceptual sobre biodiversidad realizado por estudiantes</i>	77
Figura 28.....	78
<i>Representación realizada por estudiantes sobre las características de la polinización</i>	78
Figura 29.....	79
<i>Mapa conceptual realizado por estudiantes sobre las características de la polinización.....</i>	79
Figura 30.....	80
<i>Afectaciones de la biodiversidad en la región.....</i>	80
Figura 31.....	82
<i>Estructura de una abeja</i>	82
Figura 32.....	83
<i>Ejemplo de estructura de colmena ANSA al interior de un árbol</i>	83
Figura 33.....	84

<i>Infografía realizada por estudiantes sobre Scaptotrigona magdalenae</i>	84
Figura 34.....	85
<i>Infografía realizada por estudiantes sobre Tetragonisca angustula</i>	85
Figura 35.....	86
<i>Infografía realizada por estudiantes sobre Paratrigona rinconi</i>	86
Figura 36.....	87
<i>Vista interior de una colmena de abejas ANSA</i>	87
Figura 37.....	89
<i>Cajas trabajadas durante la sesión con los (as) estudiantes</i>	89
Figura 38.....	91
<i>Adecuación del meliponario</i>	91
Figura 39.....	92
<i>Meliponario con abejas nativas en la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara</i>	92
Figura 40.....	93
<i>Exposición de estudiantes en la feria de la ciencia</i>	93
Figura 41.....	96
<i>Transformación del néctar en miel</i>	96
Figura 42.....	98
<i>Diagrama en V de Gowin diligenciado</i>	98
Figura 43.....	99
<i>Frecuencia de palabras relacionadas por los (as) estudiantes sobre bioquímica y abejas</i>	99
Figura 44.....	101
<i>Mapa conceptual sobre fermentación realizado por estudiantes</i>	101
Figura 45.....	102
<i>Cuadro comparativo realizado por estudiantes sobre características de los tipos de fermentación</i>	102
Figura 46.....	104
<i>Productos comerciales analizados por estudiantes</i>	104
Figura 47.....	105
<i>Ficha de registro de observaciones productos que involucran la fermentación</i>	105
Figura 48.....	105
<i>Fotografía tomada durante la sesión</i>	105
Figura 49.....	107

<i>Muestras de miel utilizadas en los análisis</i>	107
Figura 50.....	107
<i>Reactivos utilizados con sus respectivas muestras de control</i>	107
Figura 51.....	109
<i>Esquema del procedimiento prueba de Biuret</i>	109
Figura 52.....	110
<i>Resultado prueba de Biuret</i>	110
Figura 53.....	111
<i>Esquema procedimiento prueba de Benedict</i>	111
Figura 54.....	112
<i>Muestras con reactivo en baño de ebullición</i>	112
Figura 55.....	114
<i>Resultado final prueba de Benedict</i>	114
Figura 56.....	115
<i>Muestras de miel analizadas con tiras de pH</i>	115
Figura 57.....	116
<i>Masa del picnómetro vacío</i>	116
Figura 58.....	118
<i>Laboratorio Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara</i>	118
Figura 59.....	119
<i>Mieles utilizadas en la práctica demostrativa con estudiantes</i>	120
Figura 60.....	121
<i>Resultados obtenidos en las pruebas de la práctica demostrativa</i>	122
Figura 61.....	123
<i>Instrumentos entregados a estudiantes</i>	123
Figura 62.....	124
<i>Esquema del procedimiento para la elaboración de pan de abejas</i>	124
Figura 63.....	125
<i>Muestras realizadas por estudiantes</i>	125
Figura 64.....	126
<i>Microorganismos que realizan la fermentación</i>	126
Figura 65.....	127
<i>Presentación de cuestionario final</i>	127

Figura 66.....	128
<i>Respuestas a la primera pregunta del cuestionario final</i>	128
Figura 67.....	129
<i>Respuestas a la segunda pregunta del cuestionario final</i>	129
Figura 68.....	130
<i>Respuestas a la tercera pregunta del cuestionario final</i>	130
Figura 69.....	132
<i>Respuestas a la cuarta pregunta del cuestionario final</i>	132
Figura 70.....	133
<i>Respuestas a la quinta pregunta del cuestionario final</i>	133
Figura 71.....	134
<i>Respuestas a la sexta pregunta del cuestionario final</i>	134
Figura 72.....	135
<i>Análisis de las respuestas pregunta siete del cuestionario final</i>	135
Figura 73.....	136
<i>Categorías de las respuestas a la pregunta ocho</i>	136

Listado de tablas

Tabla 1.....	39
<i>Tipología de ciudadanías construidas por el equipo de investigación del proyecto Educación en Biología y construcción de ciudadanías, una perspectiva Latinoamericana</i>	39
Tabla 2.....	49
<i>Cronograma investigación</i>	49
Tabla 3.....	50
<i>Dimensiones e indicadores propuestos</i>	50
Tabla 4.....	51
<i>Estructura secuencia didáctica</i>	51
Tabla 5.....	53
<i>Sesión 1: diagnóstico sobre biodiversidad, abejas nativas y fermentación</i>	53
Tabla 6.....	54
<i>Sesión 2: características de la biodiversidad y la polinización</i>	54
Tabla 7.....	55
<i>Sesión 3: biología y diversidad de abejas</i>	55

Tabla 8.....	56
<i>Sesión 4: acercamiento a la meliponicultura.....</i>	<i>56</i>
Tabla 9.....	57
<i>Sesión 5: acercamiento a la bioquímica de las abejas</i>	<i>57</i>
Tabla 10.....	57
<i>Sesión 6: aproximación a la fermentación.....</i>	<i>58</i>
Tabla 11.....	58
<i>Sesión 7: prácticas de laboratorio.....</i>	<i>58</i>
Tabla 12.....	60
<i>Sesión 8: cuestionario final de aprendizajes.....</i>	<i>60</i>
Tabla 13.....	62
<i>Ejes temáticos y categorías de análisis.....</i>	<i>62</i>
Tabla 14.....	97
<i>Análisis preguntas diagrama en V.....</i>	<i>97</i>

Introducción

En el contexto de la crisis socioambiental global que ha afectado en gran medida a todos los ecosistemas de la biosfera, la conservación de la biodiversidad se hace fundamental. Una de las amenazas más grandes son las afectaciones a los procesos de polinización y a estas interacciones que evolutivamente se han desarrollado en cada región y que han sido alteradas por las construcciones sociales que han generado un desapego con las problemáticas que la misma humanidad ha generado. En esta situación, las abejas nativas sin aguijón (ANSA) son especies poco reconocidas en Colombia que representan un gran valor para los procesos de conservación y para generar actitudes favorables hacia la biodiversidad. La meliponicultura como actividad que relaciona distintos conocimientos en torno a las abejas nativas surge como una práctica agroecológica que contribuye a la conservación de estas especies y que favorece el aprendizaje de distintos procesos químicos y biológicos.

Primeramente, se abordan algunas fuentes que han desarrollado estrategias para el reconocimiento de estas especies de abejas nativas sin aguijón. También desde la perspectiva disciplinar (química) se indagan aspectos y el estado de algunas investigaciones asociadas a los productos de las ANSA (principalmente sobre la miel). A la vez, se exponen algunos referentes teóricos como la meliponicultura, la conservación de la biodiversidad y procesos químicos de las abejas: como la conversión del néctar en miel, la fermentación del polen, la comunicación química de las abejas y la composición química de algunos productos de las abejas. También se aborda conceptualmente la concepción del aprendizaje significativo y su evaluación, así como la secuencia didáctica.

Seguidamente, se presenta la problemática que contextualiza de forma detallada los temas que se abordan y que a la vez justifican los objetivos de este trabajo, que consisten principalmente en generar desde la meliponicultura actitudes favorables hacia la conservación de la biodiversidad y el aprendizaje significativo de algunos procesos químicos presentes en el ciclo de vida de las abejas, con los (as) estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara del municipio de Bituima, Cundinamarca. La metodología se enmarca en el enfoque cualitativo, desde el paradigma sociocrítico y la perspectiva de la investigación acción

participativa, además se detallan los indicadores e instrumentos propuestos para evaluar el aprendizaje significativo y la estructura de la secuencia didáctica.

Posteriormente, se presentan los análisis de resultados de cada una de las sesiones que se desarrollaron con los estudiantes, las cuales fueron sobre: indagación de conocimientos previos, biodiversidad y polinización, biología y diversidad de abejas, meliponicultura (en la cual se construyó y entregó un meliponario con cuatro colmenas de abejas nativas de tres especies diferentes), bioquímica asociada a la abejas, fermentación y experiencias de laboratorio. Dentro de esta última se incluyeron tres prácticas de laboratorio, una preparatoria (donde se hicieron análisis de azúcares reductores, presencia de proteínas, pH y densidad) de tipo cualitativo en el laboratorio de química de la Universidad Pedagógica Nacional y dos prácticas en la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara (una demostrativa sobre análisis de la miel y otra de tipo práctica sobre fermentación láctica del polen). Finalmente, el último apartado recoge las principales conclusiones de la investigación, las cuales están relacionadas con el potencial que tiene la meliponicultura para relacionar el aprendizaje de diversos conceptos bioquímicos y a la vez posibilitar una acción y reflexiones para la conservación de la biodiversidad.

Antecedentes

Abordar la problemática acerca de la conservación y la enseñanza de la bioquímica desde las prácticas de meliponicultura requirió una extensa revisión de documentos (los cuales se obtuvieron de bases de datos especializadas y recursos electrónicos que ofrecen la Universidad Pedagógica Nacional, la Universidad Externado de Colombia y la Pontificia Universidad Javeriana), estos contribuyeron significativamente en la delimitación y definición de la problemática. Se tomaron en cuenta los que cronológicamente eran cercanos a la actualidad (2019 – 2024), también se eligieron textos de contextos internacionales con el objetivo de dar un panorama amplio para el desarrollo de esta investigación.

En primer lugar, se retoma la tesis de maestría realizada en El Colegio de la Frontera Sur en México por García (2019) que tiene como título *Abejas nativas y educación ambiental: cambiando actitudes hacia la naturaleza* que tuvo como objetivo “evaluar el impacto de una estrategia de educación ambiental basada en las abejas nativas en la adquisición de conocimientos y el cambio de actitudes de niños y niñas de primaria sobre las abejas nativas y el medio natural”

(García, 2019, p. 24). La estrategia educativa implementada fue estructurada en diez sesiones con una duración por sesión de dos a tres horas en donde se trataron temas como la biología, la importancia ecológica y cuidado de las abejas nativas, relacionando esto a su entorno natural. En dicha investigación se realizó una estrategia de aprendizaje que:

Va de la mano con el amor por la naturaleza, este concepto es denominado biofilia (Wilson, 1984), contribuyendo a generar afinidad emocional hacia las abejas nativas de cada región, donde por medio de las actividades, especialmente con abejas nativas solitarias se logró una correlación positiva entre el cambio de actitudes hacia las abejas nativas y el cambio de actitudes hacia la naturaleza. Lo cual demuestra que es posible obtener resultados a favor del medio natural a través de la enseñanza y sensibilización. (García, 2019, p. 62)

Lo anterior demuestra la viabilidad de generar cambios y nuevas perspectivas de relacionarse con la biodiversidad desde el acercamiento a las abejas nativas.

Por otra parte, se retoma el trabajo realizado por Fernández, Maya, Guzmán, Hernández y Delfin (2021) titulado *Meliponicultura para el futuro. Experiencias de formación en la frontera sur* que se realizó en México, el cual a través de una metodología de investigación-acción participativa reflexiona en torno a la continuidad de la práctica de la meliponicultura junto con meliponicultores. Siendo uno de sus objetivos el conservar la práctica de la meliponicultura como un legado biocultural y utilizarla como una herramienta pedagógica para impulsar la agroecología, recogiendo diversas experiencias realizadas. De esta manera, se enfoca en una “propuesta de crianza de abejas nativas como un legado por conservar, y una poderosa herramienta desde el marco de la pedagogía crítica para impulsar la agroecología” (Fernández, et al., p. 23). Además, busca fortalecer la organización comunitaria en torno a la práctica de la meliponicultura, especialmente la participación de mujeres y jóvenes, donde el “contenido temático de los cursos incluye las dimensiones biológica y ecológica, el manejo tradicional y el tecnificado, y diversos aspectos culturales, sociales y económicos”, destacando en esta instancia la necesidad de trabajar inclusiva e igualitariamente las temáticas (Fernández, et al., p. 22). Asimismo, este proyecto integra actividades como: talleres en escuelas, charlas con adultos de las comunidades, siembra de plantas en viveros y la construcción de meliponarios.

Lo mencionado anteriormente fue de gran importancia para el desarrollo de esta tesis de maestría, pues evidencia factores asociados a la problemática, como lo son la necesidad de transmitir estos conocimientos tradicionales y las rutas metodológicas para abordar los temas asociados a los conocimientos químicos, biológicos y ecológicos. Además, evidencian que el trabajo con meliponarios institucionales como los de ECOSUR han sido un esfuerzo importante para la investigación y docencia en torno a las abejas nativas sin aguijón. Las experiencias realizadas demuestran el vínculo entre la diversidad biológica y cultural, desde el uso de la meliponicultura como una herramienta pedagógica para fomentar la agroecología, lo cual refuerza las intenciones de desarrollar actividades enfocadas a la formación de una cultura ecológica desde el trabajo con abejas nativas del territorio.

De igual manera, la tesis doctoral realizada por Pérez (2022) en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (México) que tiene como título *Abejas nativas para resistir: hacia una ecología para desalamburar y liberar-nos*, la cual ha sido uno de los principales referentes en cuanto a las posturas críticas de reflexión y motivación para este trabajo. El objetivo de esta tesis fue abrir posibilidades para sentir y aprender desde la perspectiva de las abejas nativas, promoviendo una forma de resistir en medio de la devastación del Capitaloceno/Plantacionceno (los cuales representan una mirada crítica a la forma en que se ha configurado las dinámicas globales y que han afectado en todas sus formas la biosfera).

La tesis se desarrolla a partir de tres experiencias en diferentes contextos en donde se entrelazan los conocimientos y prácticas específicas. La autora emplea una metodología de etnografía multi-especies e inter-especies, en donde hace tres análisis de casos: uno en Veracruz, otro en Oaxaca y Tabasco (parte sur de México), y por último en el Norte del Cauca – Colombia. Ante esto la autora señala:

La coproducción de conocimiento a través de la co-labor en un vaivén de haceres y sentipensares. En ese sentido, sigue el arte de la investigación que busca justamente abrir una brecha, en este caso compuesta por tres caminos distintos. Se mueve con las vidas de quienes aquí aparecen y que están más allá. (p. 36)

Pérez (2022), destaca la importancia de los saberes de quienes habitan los contextos donde se realiza la investigación y desarrolla una metodología co-operativa, donde utiliza herramientas

como la etnografía colaborativa inter-reflexiva siendo el conocimiento experiencial el que “consiste en estar presente, en el encuentro directo con la persona, el lugar o la cosa. Es el conocimiento a través de la inmediatez de la percepción, a través de la empatía y la resonancia” (Pérez, 2022, p. 38). Dentro de su amplio trabajo de investigación en donde compartió y aprendió con las comunidades, llevó a cabo actividades como caminatas para imaginar el territorio como abeja nativa, taller-compartición con fichas y fotos, altares, ceremonias y círculos de palabra dentro de los cuales se cuentan historias y la etnografía inter-subjetiva. De esta manera, es de resaltar la propuesta de generar una conexión con la Madre Tierra y sus guardianas (como la autora lo expone), lo cual conlleva transformar la mente y el corazón, y aprender a vivir de manera digna y colectiva, tejiendo redes de vida que incluyen a las abejas nativas como hilo conductor.

La tesis también invita a reconocer la importancia de las abejas en la polinización y la salud del ecosistema, así como en la necesidad de recuperar y fortalecer las relaciones con la tierra y entre las comunidades. Para finalizar, se destaca que el trabajo apoyo ese interés de fortalecer la reflexión sobre las actuales dinámicas que afectan la biodiversidad, la complejidad que estos retos presentan, la ontología para abordar estas temáticas y apoya (aunque no directamente desde el desarrollo del texto, sino más desde la reflexión personal que genera) la necesidad de involucrar las ciencias como la bioquímica, que refuercen las estrategias para el reconocimiento del territorio y las abejas.

Por otro lado, el artículo realizado por Mares y Rivera (2021) que tiene como título *La meliponicultura un aliado en el cuidado de la flora desde la escuela*, tuvo por objetivo analizar el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) como herramienta de educación ambiental en la Institución Educativa San Francisco, sede Las Aguadas del municipio de San Francisco, Antioquia, en donde se desarrolla la modalidad de escuela nueva. De esta manera, se implementó una estrategia de trabajo formativo con la comunidad educativa mediante la meliponicultura enfocado en el cuidado y conservación de la flora. Por lo cual, se diseñó una estrategia de intervención en donde los estudiantes podían reconocer cómo las abejas sin aguijón participan en el proceso de diseminación de material vegetal y en el crecimiento de la diversidad de flora en los bosques por medio de la polinización. En primer lugar, se realizó un estudio exploratorio con alcance descriptivo desde la investigación-acción, se elaboró una matriz de doble entrada para analizar las categorías: cuidado

del agua, manejo de residuos sólidos, y cuidado de flora y fauna en el PRAE y se llevó a cabo una observación participante de las prácticas ambientales en la institución.

La investigación mencionada anteriormente se relacionó mucho con los intereses de este trabajo de maestría, puesto que aborda actividades con la meliponicultura en un entorno educativo como lo es el sector rural. Además, en el desarrollo del trabajo se evidenció que la estrategia posibilitó acercar a los estudiantes a la recolección de polen y néctar; comprender la relación entre el cuidado de la flora y su disponibilidad para la subsistencia de las abejas y su producción de miel; reconocer la forma como el uso de los pesticidas afecta la presencia de las abejas y su influencia en los procesos de polinización. De igual forma, exponen que el “contexto natural sirve de laboratorio de observación y participación en la construcción del propio conocimiento, para lo cual el estudio de la cultura ambiental de los estudiantes es un paso importante en el diseño de un modelo” (Mares y Rivera, 2021, p. 67). Por último, se resalta que la investigación permitió modificar las percepciones del docente sobre su propia práctica educativa, lo cual es fundamental para generar cambios en las perspectivas de las problemáticas socioambientales.

Por otra parte, relacionando el concepto de fermentación con la secuencia didáctica que se plantea, se retoma el trabajo titulado: *Unidad didáctica para el aprendizaje del concepto fermentación de Gómez (2017)*. En este trabajo se diseña “una unidad didáctica para el aprendizaje del concepto fermentación con estudiantes de grado octavo de Educación Básica Secundaria de la Institución Educativa Alfonso Córdoba (I.E.A.C) del municipio de Rosas Cauca” (p. 13). Lo cual se relaciona directamente con los intereses de esta investigación y se resalta que las actividades involucraron algunas prácticas de fermentación. Donde al estudiante se le “otorga la responsabilidad de autorregular y reconstruir su aprendizaje, en compañía del docente, lo que se ve favorecido aún más con la metodología de la investigación acción pedagógica” (p.13). Este antecedente demuestra que por medio de una unidad didáctica que integra prácticas y otras actividades, se logra acercar a los estudiantes al aprendizaje del concepto de fermentación.

Asimismo, otro antecedente cercano a esta investigación es el trabajo de Buitrago Garzón (2016), quien diseñó un programa de curso para la enseñanza de la bioquímica en grado undécimo, enfatizando la necesidad de organizar los contenidos de manera progresiva y conectada con los saberes previos de los estudiantes. Se destaca la relevancia de partir de las concepciones iniciales

y de utilizar actividades experimentales que permitan relacionar conceptos abstractos con situaciones concretas, en consonancia con lo que afirma Ausubel (2002) respecto a que la significación del aprendizaje depende de la manera en que el nuevo conocimiento se ancla en la estructura cognitiva del estudiante. En esa tesis, el autor plantea que la enseñanza de la bioquímica debe favorecer la construcción de modelos explicativos y promover la reflexión sobre los fenómenos biológicos, lo cual coincide con la intención de esta investigación al integrar actividades experimentales y representaciones visuales en torno a la biología de las abejas y los procesos de fermentación.

Asimismo, el enfoque metodológico propuesto en ese antecedente subraya la importancia de utilizar estrategias que articulen teoría y práctica para facilitar la comprensión de fenómenos complejos, como las transformaciones bioquímicas que ocurren en los sistemas vivos. Este planteamiento resulta pertinente para la presente investigación, ya que, como señala Pozo y Gómez Crespo (1998), la construcción del conocimiento científico requiere superar explicaciones intuitivas mediante actividades que permitan al estudiante reorganizar sus ideas y contrastarlas con modelos científicos. En este sentido, la propuesta de Buitrago Garzón ofrece elementos que respaldan el uso de secuencias didácticas estructuradas y actividades experimentales contextualizadas, las cuales favorecen procesos de aprendizaje significativo y permiten abordar contenidos como la fermentación, la transformación del néctar en miel y la diversidad funcional de las abejas desde una perspectiva integrada.

Por otra parte, en el contexto de la enseñanza de la bioquímica, el artículo *Una nueva forma de aprender bioquímica: metodología del caso* de Ñique (2020) presenta una contribución relevante como antecedente, ya que documenta la aplicación de la metodología del caso (MdC) para promover el aprendizaje activo, autónomo y colaborativo mediante situaciones reales vinculadas a fenómenos bioquímicos. En esta experiencia, los estudiantes trabajaron casos centrados en la deshidratación por pérdida de líquidos y electrolitos, la cetosis derivada de ayunos prolongados con estudiantes universitarios de enfermería. En ese estudio piloto, el autor informa que el 77 % de los estudiantes consideraron adecuada la estrategia pedagógica, destacando mejoras en dimensiones fundamentales como el autoaprendizaje, el trabajo en equipo y la toma de decisiones. Así, este antecedente respalda la pertinencia de emplear experiencias contextualizadas

Sobre las propiedades fisicoquímicas de los productos de las abejas

Se retoma la tesis: *Caracterización fisicoquímica de la miel y propóleo de la abeja nativa sin aguijón (Trigona angustula) y elaboración de granola, caramelo y marshmello* de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Norbert Wiener de Perú, realizada por Sandoval (2023), la cual tuvo como objetivo determinar la caracterización fisicoquímica de la miel y propóleo de la abeja nativa sin aguijón (*Trigona angustula*) y la elaboración de granola, caramelo y marshmello, en la cual por medio de una metodología con enfoque cuantitativo realizó los análisis de miel y propóleo recolectados en dos zonas de la región de Cajamarca, Perú. Dentro de los análisis fisicoquímicos realizados están los de proteína, humedad, ceniza, azúcares reductores, hidroximetilfurfural y pH, mientras que por cromatografía se realizaron los de fructosa, glucosa, lactosa, maltosa, sacarosa y azúcares totales.

Dentro de sus variadas conclusiones se resaltan algunas como determinar que la miel de abeja nativa *Tetragonisca angustula* posee un 50 % menos azúcar comparado con la miel de abeja *Apis mellifera* y que para el propóleo el parámetro de humedad no se encuentra en los rangos establecidos por norma, el cual estuvo por encima del parámetro que se exige para la especie *Apis mellifera* (lo cual es de tener en cuenta, ya que la norma es emitida solo para esta especie). Para finalizar, es de destacar que este trabajo ofrece un amplio esquema de las técnicas utilizadas para hacer los análisis fisicoquímicos de la miel y el propóleo, también contienen una extensa revisión del estado de las reglamentaciones que existen para estos productos en países de la región.

En esta misma línea, el trabajo realizado por Ormeño, Castillo, Garay y Vallejos (2021) con título *Calidad de miel por “abejas nativas” (Meliponini) en la Región San Martín, Perú*, se presenta como un antecedente para realizar esta investigación. En primer lugar, se resalta que analizaron muestras de miel de dos especies de abejas sin aguijón (*Melipona eburnea* y *Tetragonisca angustula*), las cuales se recolectaron en los distritos rurales de Cumbaza, Perú. De este modo, los análisis químicos se enfocaron en determinar los azúcares reductores (fructosa, glucosa, sacarosa), compuestos fenólicos totales, sólidos solubles, contenido de humedad, pH y

conductividad eléctrica de las muestras de miel. Es de destacar que el análisis de azúcares reductores se realizó mediante el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), utilizando el cromatógrafo; también se realizó una evaluación sensorial involucrando atributos de color, tamaño, forma, conformación, uniformidad, aroma y sabor, así como propiedades físicas como dureza, granularidad y viscosidad. Mostrando además del abordaje desde los análisis químicos, la importancia de acercarse a las situaciones desde los sentidos, lo cual es un potencial para trabajar en los distintos niveles educativos.

Los resultados mostraron diferencias en la composición de azúcares y algunos parámetros fisicoquímicos entre las dos especies de abejas y los distritos, probablemente influenciados por la flora circundante que visitan las abejas. Los autores señalan que los parámetros de calidad establecidos para la miel de *Apis mellifera* no son adecuados para la miel de abejas sin aguijón, lo cual es en tema que en Colombia en los últimos años (2023 y 2024) se ha venido discutiendo y se pretende contextualizar más adelante en este trabajo. Por último, se destaca que esta investigación, amplía el conocimiento sobre las propiedades de la miel de abejas sin aguijón, que pueden llegar a representar un potencial económico como actividad sostenible para las comunidades rurales en la región amazónica del Perú, lo mismo que para otros países que cuentan con estas especies como lo es Colombia.

Por otra parte, es pertinente abordar el artículo de Blanco-Rodríguez, Montilla, Morales y Escobar (2023) que tiene como título: *Características fisicoquímicas de mieles obtenidas en unidades productivas de meliponicultura en la Amazonia colombiana*. Este artículo presenta un estudio sobre diferentes características fisicoquímicas de la miel obtenida de diferentes especies de abejas sin aguijón de varios productores que trabajan con la meliponicultura en el departamento del Caquetá. De este modo, identificaron 15 productores y se tomaron muestras de miel de 56 colmenas de 8 especies diferentes, la metodología de análisis fisicoquímico de la miel se realizó de varias maneras. En primer lugar, realizó una inspección visual con el objetivo de identificar impurezas macroscópicas, luego con el uso de un estereoscopio identificaron las impurezas microscópicas, las cuales se clasificaron en gruesas (2-10mm) y finas (0.2-2mm), evidenciando restos de propóleos, partes de hojas, rocas, residuos de madera, patas y alas de abejas. De igual forma, realizaron medición de sólidos solubles y humedad, para esto utilizaron un refractómetro de mesa con escalas en grados Brix:

De 0 – 95° Brix/ 1,30 – 1,70 índice de refracción, tomando dos gotas de miel sin diluir en el prisma. Luego se cerró y se verificó que no quedaran burbujas para observar, por el ocular dirigido hacia la luz, los grados Brix de la muestra, donde, además, se indicó el porcentaje de la humedad. (Escobar, 2023, p. 5)

Dentro de este análisis se evidencia la metodología para el análisis químico y sus resultados, permitiendo observar que dentro de la meliponicultura ya se han adelantado estudios en cuanto a las propiedades fisicoquímicas de la miel de las ANSA. Para el cálculo de pH se usó un medidor Edge® dedicado a pH/ORPP; para la acidez libre se realizó una titulación con NaOH 0.1N utilizando fenolftaleína como indicador. Se calculó la acidez libre en mEq/g. Dentro de los resultados se destaca que las mieles se encuentran en un valor de pH esperado, que debe estar entre 3,0 y 6,1 y que los valores de humedad, sólidos solubles y acidez se encontraron dentro de los parámetros normales, razón por la que la miel de diferentes especies de la tribu *Meliponini* se consideran de excelente calidad. Este trabajo aportó grandes elementos, evidenciando algunos procesos químicos desde el trabajo con abejas nativas, además de evidenciar el potencial de trabajar con estas especies como alternativas sustentables en el sector rural.

Para finalizar, es necesario mencionar que la revisión de antecedentes permitió identificar una variedad de trabajos relacionados con la importancia de la conservación de las abejas nativas que se abordan desde distintos ámbitos educativos. Por otra parte, se encuentran investigaciones asociadas a lo disciplinar en cuanto a los análisis fisicoquímicos de la miel, evidenciando que ya es un campo trabajado, pero reconociendo que cada lugar puede tener resultados particulares en estos análisis, se opta por realizar un acercamiento con pruebas cualitativas y de análisis rápidos sobre algunas características de la miel y que puedan ser trabajadas con los estudiantes. Asimismo, un pequeño abordaje de los procesos enzimáticos para la transformación del néctar en miel y los procesos de fermentación del polen.

Fundamentos teóricos

La temática de este trabajo abarca una revisión teórica que relaciona las prácticas de meliponicultura, la química presente en el ciclo de vida de las abejas nativas y la conservación de la biodiversidad. Cada uno de estos se verán enlazados a definiciones conceptuales adyacentes.

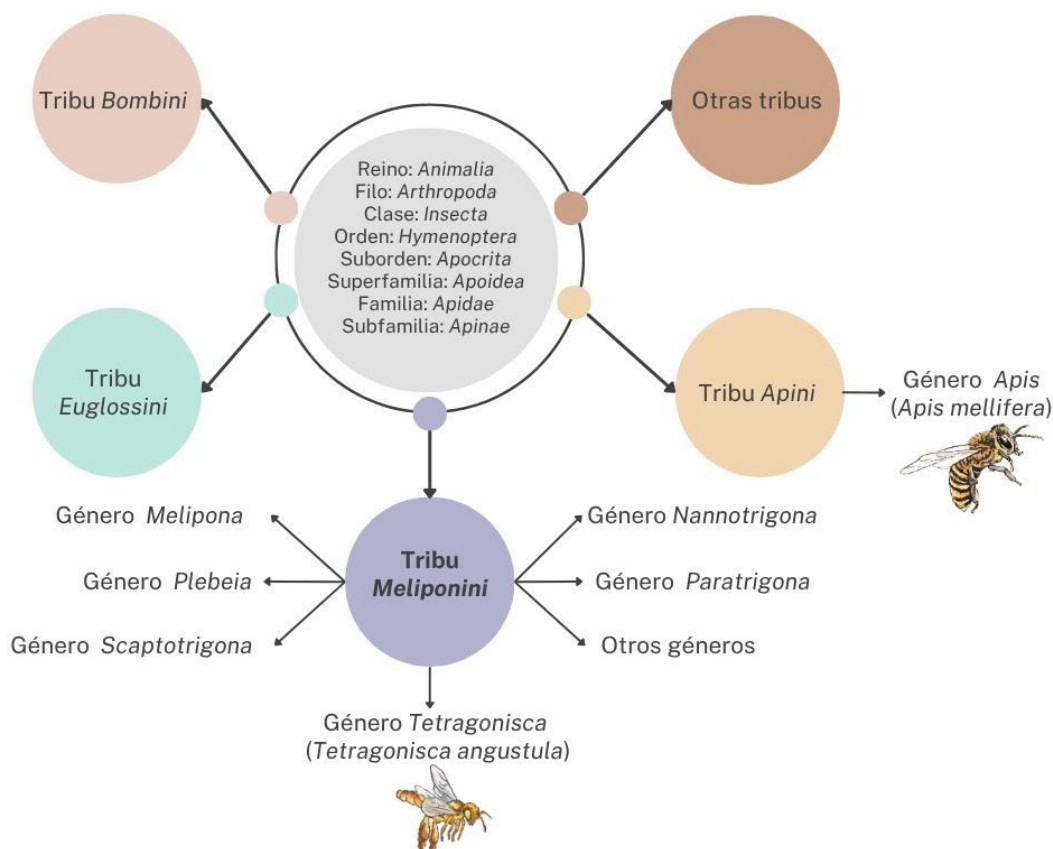
Prácticas de meliponicultura

Revisar este fundamento implica analizar variadas características que se relacionan principalmente con los lugares donde se desarrolla la meliponicultura, el enfoque, propósitos y principios que se plantean. De esta manera, se puede comenzar aclarando que desde distintos autores la meliponicultura se concibe como “la cría y el aprovechamiento de abejas nativas [la cual] fue una práctica bien establecida por los pueblos originarios en el pasado y hoy se viene revitalizando y fortaleciendo debido a su inmenso aporte a la sustentabilidad de los territorios” (The Nature Conservancy, 2020, p.16). De hecho, esta práctica se remonta a los 2,000 A.C. en la civilización Maya, quienes implementaban la meliponicultura, y en la actualidad se ha venido tecnificando con el propósito de “mantener Meliponas [haciendo referencia a las abejas de la tribu *Meliponini*] en colmenas artificiales para la producción de miel y polinización, a diferencia de la abeja de la miel (*Apis mellifera*) que fue introducida por los [europeos] durante el siglo XVI (Díaz, 2015)” (Cevallos Erazo et al., 2023, p. 3). Otras culturas de Centroamérica como los Aztecas también realizaban prácticas de meliponicultura, mientras que en Colombia fueron los Muiscas y los Taironas (Campo Colombia, 2024).

De igual manera, también definen la meliponicultura como un conjunto de “saberes agroecológicos esenciales para el manejo de los paisajes, ya que forman parte de la agroecología histórica (Rivera-Núñez, 2020; Remmers, 1993)” (Delgado et al., 2024, p. 3). De este modo, las prácticas de meliponicultura están atravesadas por una diversidad de saberes que van desde los conocimientos indígenas, campesinos, académicos, técnicos, entre otros, con el fin de reproducir, criar o conservar algunas especies de abejas nativas. De hecho, la meliponicultura recibe el nombre “debido a que a este tipo de abejas se clasifica taxonómicamente dentro de la tribu *Meliponini* (*Hymenoptera, Apoidea*), que corresponde a uno de los muchos grupos de abejas nativas de América” (Cevallos Erazo et al., 2023, p. 3). Sin embargo, la perspectiva de la conservación no debe abarcar solo a la tribu *Meliponini*, por el contrario, debe extenderse a otras tribus de la Familia *Apidae* (véase figura 1), las cuales benefician la polinización, la biodiversidad y que son de valor intrínseco dentro de las prácticas de meliponicultura.

Figura 1

Acercamiento a la clasificación taxonómica de las abejas



Fuente: elaboración propia.

De esta manera, “la meliponicultura es la cría de abejas sin aguijón, nativas de los bosques tropicales que, a diferencia de la apicultura, en esta práctica no se trabaja con una o dos especies sino con cientos de ellas” (Cevallos Erazo et al., 2023, p. 4). En el caso de Colombia y en especial del departamento de Cundinamarca, entre los géneros asociados a la tribu *Meliponini*¹, los más comunes para las prácticas de meliponicultura pueden ser: *Melipona*, *Paratrigona*, *Plebeia*, *Scaptotrigona*, *Nannotrigona*, *Tetragonisca*, entre otros (véase figura 1). Sin embargo, es necesario aclarar que existen otros géneros muy predominantes en el departamento como *Partamona*, *Oxytrigona*, *Trigona*, entre otras. De hecho, en Colombia las ANSA reúnen a más de 30 géneros que pertenecen a la tribu *Meliponini* (Campo Colombia, 2024).

Dentro de las prácticas tecnificadas de meliponicultura se tienen en cuenta diversos factores como las adaptaciones que tienen estas abejas, principalmente esta práctica se desarrolla

¹ Se debe aclarar que dentro de este grupo solo están las abejas sociales, puesto que, por ejemplo, las solitarias pertenecen a otras tribus.

en zonas menores a los 2000 msnm de altitud, pues es aquí donde se encuentra la mayor diversidad de especies que se han adaptado a estas actividades. Algunas de las principales características de estas abejas son: no presentan un agujón², su tamaño varía según la especie (desde 2 mm hasta 20mm), la forma de disposición de discos de cría es en forma horizontal (lo que hace que las cajas para su manejo sean en módulos horizontales, véase figura 5), el número de individuos por colmena varía según la especie, las entradas a la colmena son características de cada género (pueden ser en forma de tubo, hechas por cera y diversos materiales presentes en el ecosistema, véase figura 2), la mayoría responden a una estrategia ecológica tipo K donde tienen poca descendencia con altas posibilidades de sobrevivir (Campo Colombia, 2024), y su ubicación dependerá de cada especie (algunas construyen sus nidos expuestos, otras bajo la tierra, otras buscan árboles secos o vivos, y algunas se adaptan a las construcciones humanas).

Figura 2

Tipos de piqueras de las abejas nativas sin aguijón



Fuente: Ruth Briones @abeja.guardiana curso latinoamericano de guardianas y guardianes de abejas nativas, 2025.

² Por lo cual no pican, presentan otras formas de defenderse como morder, revolotear, entre otras.

Las características de los productos como miel, polen, propóleo, entre otros, son característicos de la especie, el lugar donde se encuentran y la temporada climática³. Es necesario aclarar que, en una práctica de meliponicultura responsable, no se adquieren las colmenas de nidos silvestres, por lo que existen metodologías para su obtención como: la creación de atrayentes⁴ que se ubican en el bosque⁵ para aprovechar las temporadas de reproducción y división de las colmenas (véase figura 3), permitiendo que las colmenas que anidan naturalmente en árboles o en otros sitios sigan allí y no se afecta de manera significativa sus adaptaciones al medio. Otra metodología es el rescate, que consiste en aprovechar aquellas colmenas que corren riesgo, por ejemplo, en podas o talas de árboles, colmenas que están en edificaciones, entre otras. Las colmenas obtenidas se trasiegan a una caja modular (figura 4 y 6) y se trasladan a un meliponario, estructura individual o colectiva donde se cuidarán las abejas (figura 7).

Figura 3

*Dispositivo atrayente con una colmena de *Tetragonisca angustula* o abeja angelita*



Nota. Es importante cubrir adecuadamente el dispositivo y ubicarlo de forma en que puedan drenar líquidos. Fotografía tomada por el autor (2025).

³ Por ejemplo, los tipos de floración del momento para la recolección de néctar y polen.

⁴ Una forma muy común es hacerlos con botellas plásticas y realizarles algunas adaptaciones para que las abejas las utilicen para formar un nido.

⁵ En lugares estratégicos como árboles o barrancos.



Figura 4

*Colmena de abeja
Tetragonisca angustula en
atrayente durante el
trasiego a una caja
modular*

Nota. Se observa en los contornos ánforas o pots con las reservas de alimento y en el centro el nido rodeado de involucro. Fotografía tomada por el autor (2025).



Figura 5

*Caja modular para abejas
nativas sin agujón*

Nota. Tamaño de la casa para la especie *Tetragonisca angustula*. Fotografía tomada por el autor (2025).

Por otra parte, las prácticas de meliponicultura también reúnen conocimientos interdisciplinarios que facilitan y tecnifican esta actividad, tales como la ecología, la bioquímica, la biología, entre otros. Puesto que, la propia actividad en sí está relacionada con diversos conceptos científicos, desde hacer los atrayentes, su instalación, la observación de colmenas, la adecuación de las cajas, el seguimiento, la elaboración de suplementos nutricionales, la cosecha de productos, los análisis de estos, las evaluaciones a las prácticas, entre otros, que requieren un constante proceso de aprendizaje, que posibilite una mejor comprensión y desarrollo del trabajo con abejas nativas. Lo

anterior, hace que esta práctica se encuentre “en constante transformación y diálogo con la ‘modernidad’, el internet, las redes, personas, procesos y trasfondos epistémicos. Además, se reconfiguran a partir del aprendizaje autodidacta, la experimentación propia, la observación, el intercambio entre personas” (Delgado et al., 2024, p. 3), entre otros.

En general, la meliponicultura es una práctica muy diversa que atiende a cada contexto y que “puede ser una de las acciones a llevar a cabo para contribuir con el desarrollo regional sustentable de la comunidad” (Argüello et al., p. 725), ayudar a la conservación de la biodiversidad y aprender de ciencias. En este sentido, en este trabajo se concibe la meliponicultura como las prácticas responsables enfocadas en el conocimiento, conservación de abejas nativas y el manejo sustentable de algunas especies de la tribu *Meliponini*, conllevando un compromiso formativo para quienes la desarrollan, con el objetivo de hacer una actividad que bióticamente represente un ejemplo de sana interacción en los ecosistemas y la biodiversidad.

Figura 6

*Caja modular con una colmena *Tetragonisca angustula**



Nota. A la izquierda se observa el alza superior con las reservas de alimento, a la derecha, dos alzas inferiores que contiene el nido con los discos de cría. Fotografía tomada por el autor (2025).

Figura 7

Meliponario colectivo de abejas nativas sin aguijón



Nota. Este meliponario tiene 6 colmenas de la especie *Tetragonisca angustula*. Fotografía tomada por el autor (2025).

La bioquímica desde la meliponicultura

El abordaje de la química desde las prácticas de meliponicultura es amplio, a continuación, se acotan y definen algunos fundamentos que pueden posibilitar un acercamiento a la enseñanza de la química desde el trabajo y manejo con abejas nativas con estudiantes de educación media.

Conversión del néctar en miel

La producción de la miel parte de la recolección de néctar que hacen las abejas en sus actividades diarias de pecoreo, para esto las abejas visitan un número determinado de flores, según la especie. Cuando están en las flores, recogen el néctar (la principal fuente de carbohidratos de las abejas) que va a ser característico de la especie floral que visite, sin embargo, se pueden reconocer algunas características comunes del néctar: tiene una humedad alta, casi el 80% es agua, también es rico en azúcares (principalmente sacarosa), aminoácidos, vitaminas y minerales. Las abejas transportan el néctar en el buche melario (un compartimento elástico especializado para transportar y transformar el néctar, véase figura 13) el cual tiene enzimas como “las invertasas [que] convierten la sacarosa en glucosa y fructosa. Una cantidad pequeña de glucosa es transformada por la glucosa oxidasa en ácido glucónico y peróxido de hidrógeno” (Grajales, et al., 2022, p. 11), los cuales tienen propiedades antifúngicas y antibacterianas que permiten la conservación de la miel.

Figura 8

Ánforas de miel de abejas nativas



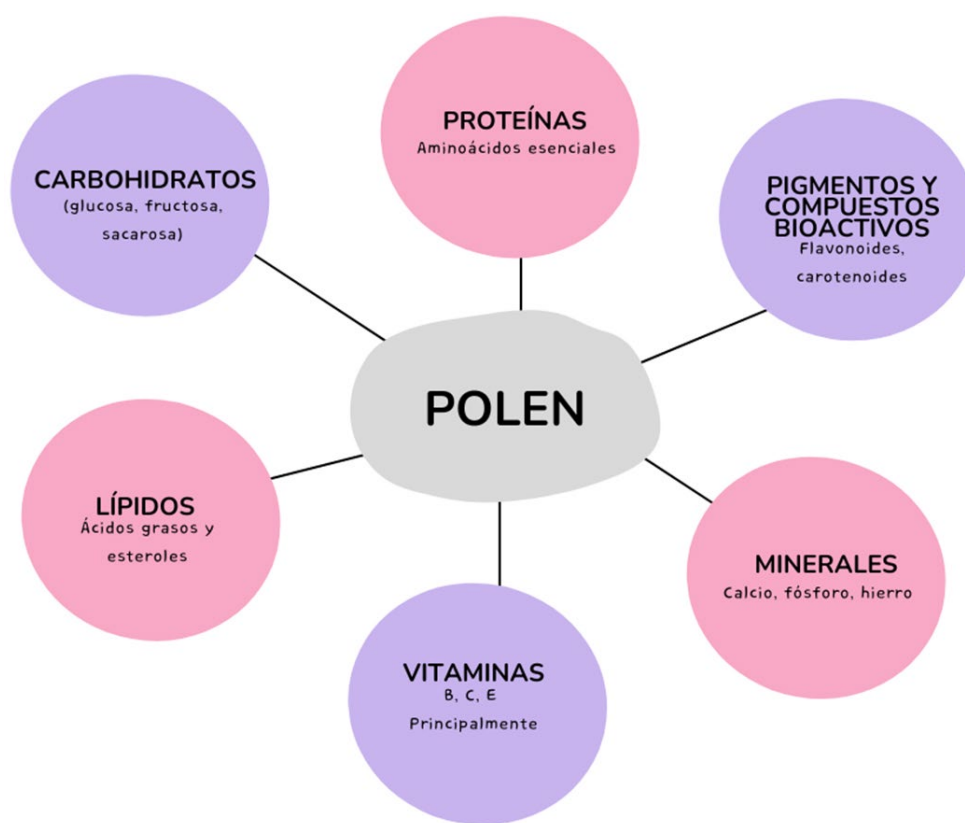
Nota. Alza mielera de abejas *Tetragonisca angustula*. Fotografía tomada por el autor (2025).

Es necesario mencionar que dentro del buche melario también se encuentran otras enzimas como “amilasas, proteasas y lipasas, estas enzimas ayudan a convertir carbohidratos, aminoácidos y lípidos que puedan digerir o absorber las abejas” (Grajales, et al., 2022, p. 11) que son propias de su metabolismo. Ya en la colmena, las abejas regurgitan el néctar a otra abeja (enriqueciéndolo con más enzimas) o directamente en las ánforas o potes (almacenes de la miel, véase la figura 4, 6 y 8) empezando un proceso de disminución de la humedad presente en el néctar con ayuda del calor interno de la colmena (que por lo general está por encima de los 30 grados Celsius); a medida que se evapora el agua, la solución se vuelve más concentrada en azúcares, un proceso que puede tardar varios días (dependiendo de la especie) hasta convertirse en miel y ser un alimento nutritivo para las abejas.

Fermentación del polen

Figura 9

Características del polen



Fuente: elaboración propia.

Este proceso inicia con la recolección del polen en las actividades de pecoreo de las abejas, el polen es compactado (donde se añaden los primeros microorganismos que producen la fermentación) y transportado en las corbículas de las abejas (estructuras ubicadas en la parte exterior de las patas traseras, véase figura 11). En cuanto a la composición química del polen, se pueden encontrar “proteínas (560 %), aminoácidos esenciales, azúcares reductores (1-55 %), lípidos (4-7 %), ácidos nucleicos (especialmente ARN) y fibra bruta (0.3-20 %)” (Cáceres, 2020, p. 28; figura 9). Una vez que llega a la colmena, las abejas depositan el polen en ánforas exclusivas para almacenarlo, lo compactan y antes de sellarlo (para producir un ambiente anaerobio) ponen una delgada capa de miel. Una vez allí por acción de microorganismos como bacterias (por ejemplo, *Lactobacillus kunkeei* o *Leuconostoc pseudomesenteroides*), levaduras (como *Candida magnoliae*) y otros, que son simbiosntes en estos procesos con las abejas, comienzan el proceso de fermentación del polen.

Figura 10

Polen en colmenas de abejas nativas

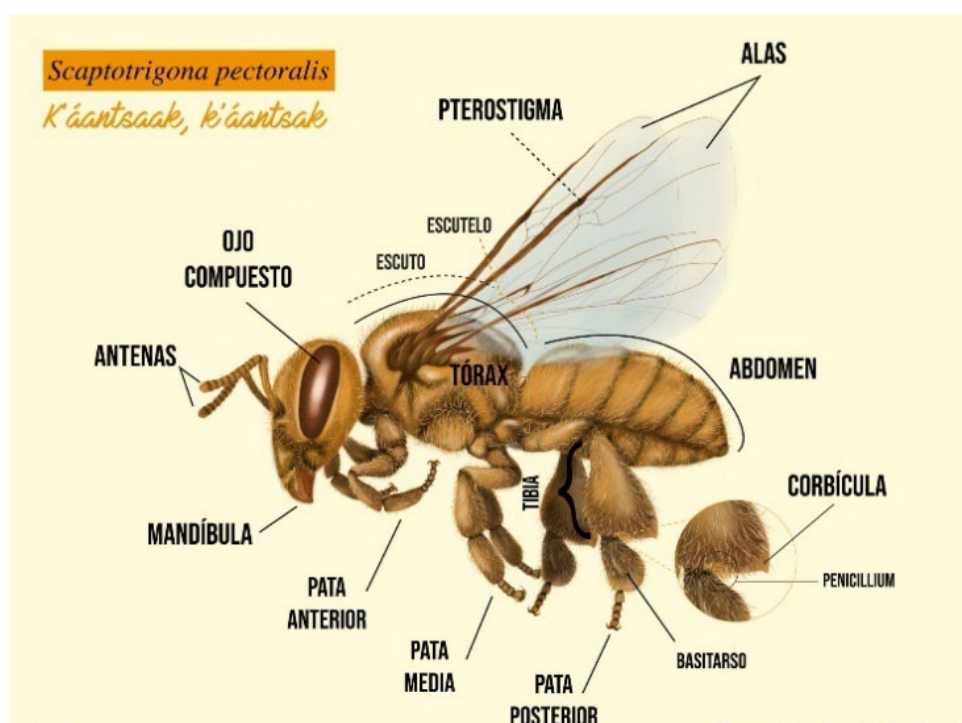


Nota. A la izquierda ánforas con polen fermentado y mezclado con miel de abejas del género *Nannotrigona*. A la derecha, ánforas con polen y miel de *Tetragonisca angustula*. Fotografía tomada por el autor (2025).

De esta manera, el polen se transforma en productos más digeribles para las abejas, las proteínas son desdobladas a aminoácidos y los carbohidratos en azúcares simples, también se producen metabolitos como ácidos grasos, alcoholes, gases, entre otros, este alimento también llamado tradicionalmente dentro de la meliponicultura como pan de abejas. Posterior a la fermentación del polen, es mezclado con miel para producir el alimento de larval, el cual es depositado en las celdas en donde la reina deposita los huevos (Campo Colombia 2024) es consumido por todos los individuos de la colmena, siendo su principal fuente proteica.

Figura 11

Estructura de una abeja nativa del género Scaptotrigona



Nota. En Colombia esta abeja es conocida como enreda pelo, a la derecha la corbícula donde transporta el polen. Fuente: Villareal (2020, *sp.*).

Comunicación química de las abejas

Los insectos sociales han desarrollado distintas formas de comunicarse, una de estas es por medio de las feromonas, las abejas por ejemplo presentan varios tipos de glándulas exocrinas que secretan feromonas cuando existe la necesidad de transmitir una señal a un individuo de la colmena que

hace de receptor, cuya respuesta está mediada por el sistema nervioso. De este modo. Se clasifican dos tipos de hormonas, las iniciadoras que consisten en generar reacciones que no producen respuesta inmediata, por ejemplo “la feromona mandibular de la reina que inhibe el desarrollo de los ovarios de las obreras de la colmena” (Álvarez y Córdoba, 2012, p. 9) y que permite que las abejas obreras realicen acciones estables en la colmena (alimentar larvas, recoger alimentos, preparar celdas, entre otros), cuando los niveles de esta feromona bajan genera una respuesta y es señal de cambios en la actividad de la reina (está débil o murió, también se ha demostrado que cuando esta hormona baja en el género *Apis mellifera* se produce la enjambrazón).

Figura 12

Marcas de feromonas de abejas nativas



Nota. A la izquierda colmena de *Tetragonisca angustula*, la caja se encuentra llena de puntos de cera impregnada de feromonas de rastreo de las abejas limón (género *Lestrimelittas*) las cuales tienen comportamiento cleptobiótico. A la derecha piquera impregnada con feromonas de orientación de abejas del género *Melipona*. Fotografías tomadas por el autor (2025).

Por otra parte, están las hormonas liberadoras que al ser percibidas por el individuo receptor genera una respuesta inmediata, dentro de estas se pueden encontrar, feromonas sexuales (para la

reproducción o actividades relacionadas con este proceso), feromonas de alarma (invasión o ataques a la colmena), feromonas de rastro o pista (para marcar lugares como el de la colmena o algunas fuentes de alimento), feromonas de funeral (cuando hay presencia de cadáveres y se tienen que sacar de la colmena) y feromonas demostrativas o de densidad poblacional (que permite la regulación de recursos presentes vs el número de individuos de la colmena). En cuanto a la transmisión de estas hormonas se pueden hacer por difusión volátil, por trofalaxia (por ejemplo, cuando se alimentan o pasan la señal boca a boca), acicalamiento y por rozamientos espontáneos. Además, la secreción y respuesta de las feromonas depende de varios factores como temperatura, humedad y la edad, incluida la etapa larvaria.

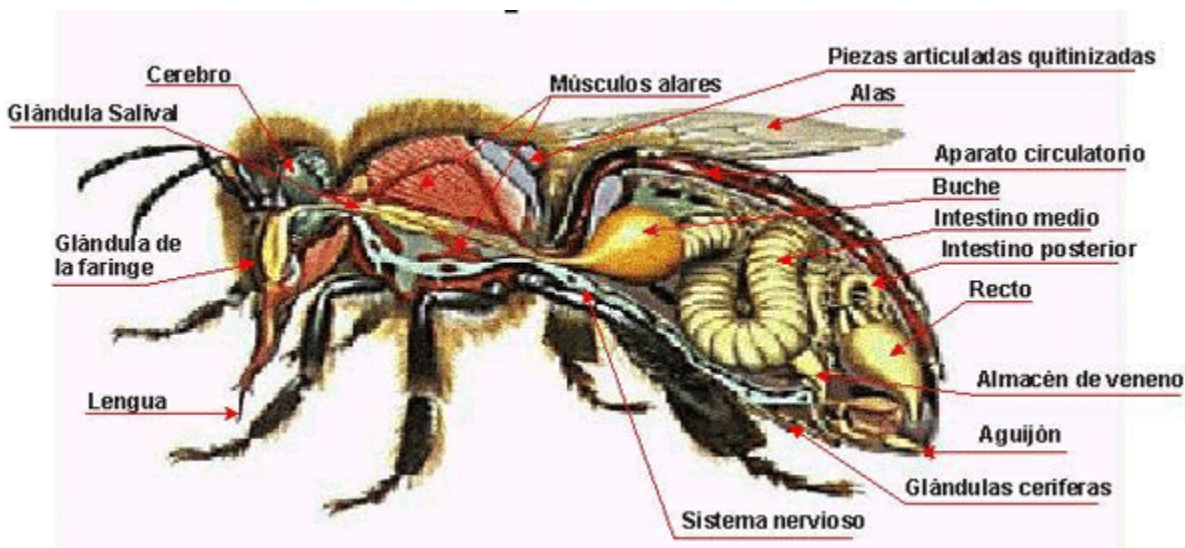
Composición química de algunos productos de las abejas

Los productos de las abejas son variados según la especie, los que más relacionan a toda la diversidad de abejas son la miel, la cera y el propóleo. La miel es una sustancia compuesta principalmente por azúcares (como glucosa y fructosa), agua, y pequeñas cantidades de enzimas, vitaminas, minerales y aminoácidos, tiene propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y antioxidantes, sus características fisicoquímicas van a depender de la especie de abeja y la zona en la que se encuentra. Por otra parte, la cera de abejas es un compuesto lipídico que se produce en las glándulas ceríferas o abdominales de las abejas obreras (véase figura 13), contiene alquenos, alcoholes, ácidos grasos y ésteres principalmente (Campo Colombia, 2024). El proceso para su producción comienza con el metabolismo de azúcares, la síntesis de ácidos grasos que luego son combinados con alcoholes para formar ésteres que es el principal componente de la cera de abejas. La cera es masticada y moldeada por las abejas para formar los discos de cría, involucro, ánforas o pots para el alimento, para sellar y proteger la colmena.

Otro producto de las abejas es el propóleo, que es una mezcla de materiales provenientes de distintos lugares como de resinas o aceites de plantas, minerales que las abejas recolectan, también son mezclados con productos secretados por ellas como la cera, por lo que sus componentes pueden llegar a ser muy variados. El propóleo tiene propiedades antibacterianas y antifúngicas que permiten mantener a la colmena aislada de patógenos (Salamanca, 2017), por lo que lo utilizan para sellar el contorno de la colmena y en algunas especies para crear trampas pegajosas para insectos invasores de la colmena.

Figura 13

Aproximación interna de una abeja melífera



Nota. Se observa en la parte inferior izquierda las glándulas ceríferas, lo mismo que en la parte central del individuo el buche melario. Fuente: Asociación Malagueña de Apicultores (2008, *sp.*).

Sobre la concepción del aprendizaje significativo

En el marco de este proyecto es importante definir la concepción o postura sobre el aprendizaje significativo el cual se cimienta desde el constructivismo y desde autores como David Ausubel que señala la importancia de los conocimientos para que se produzca una conexión sustancial con una nueva información. De esta manera, viendo una mirada más actual se retoma a Balseca et al (2024), quienes señalan que el aprendizaje significativo se define como los procesos dinámicos constantes que posibilitan adquirir, desarrollar y aplicar conocimientos y habilidades, los cuales están atravesados desde las actitudes de los sujetos. De igual forma, estos procesos se relacionan con la participación activa de los (as) estudiantes, quienes integran sus conocimientos previos a las experiencias que se realizan para construir argumentos de las maneras en que se entiende la realidad.

Asimismo, señalan que, dentro del aprendizaje, uno de los factores para que sea significativo, es que estos procesos se desarrollen desde una forma contextualizada, lo que se hace fundamental en disciplinas como la química, por lo que es necesario conectar los diversos contextos

con situaciones prácticas que sean cercanas de los (as) estudiantes. De igual forma, el aprendizaje abarca una mirada crítica en el abordaje de las situaciones contextuales, que junto con el conocimiento teórico debe buscar de forma creativa un desarrollo de habilidades que permita afrontar los desafíos de la actualidad. En esta instancia, el desarrollo de prácticas de meliponicultura posibilita estos espacios contextuales que faciliten el aprendizaje significativo de algunos procesos bioquímicos y sobre la conservación de las abejas y la biodiversidad.

Evaluación del aprendizaje significativo

De esta manera, para aproximarse más al aprendizaje significativo es pertinente planear una serie de indicadores que evidencien este proceso. En donde el material de interacción de los (as) estudiantes sea significativo, que tenga en cuenta sus estructuras cognitivas y busque un empoderamiento de sus acciones enfocadas en su aprendizaje (Ramos y Pesantes, 2016). Para lo cual, es de importancia la planeación desde la indagación de las estructuras cognitivas previas de los (as) estudiantes, al igual que sus intereses y el reconocimiento de su contexto. Además de esto, las actividades deben de estar orientadas con un desarrollo que tenga un determinado grado de complejidad con respecto a la estructura cognitiva del estudiante, buscando así una propicia y mayor significación de su aprendizaje (Ramos y Pesantes, 2016).

De este modo, los indicadores son la herramienta que pueden dar cuenta de este proceso o conjunto de experiencias, por lo cual representan un reto con respecto a la aplicabilidad, puesto que va a depender de múltiples factores como el número de estudiantes, sus edades, intereses, gustos, conocimientos previos, habilidades, contextos, entre otros, debido a que estos indicadores “deben precisar qué se quiere obtener como resultado del aprendizaje y reflejar si los estudiantes han cumplido o no de forma satisfactoria los requerimientos de la asignatura [temáticas de actividades, talleres, aproximaciones a la reflexión, etc.] de que se trate” (Ramos y Pesantes, 2016, p. 30). De modo que, la planeación se hace fundamental y es necesario tener la claridad del objetivo e intereses de las actividades de aprendizaje, para que de esta manera se pueda hacer análisis desde el inicio del proceso, en su desarrollo y en el momento del cierre.

Para conceptualizar un poco más sobre estos indicadores se retoman como ejemplo los realizados por Ramos y Pesantes (2016) en donde proponen una dimensión llamada funcionalidad donde ubican la totalidad de los indicadores, esta dimensión la consideran como el grado de

significación que se buscan obtener con las actividades de aprendizaje, al igual que la flexibilidad en la que se usa lo aprendido. Mientras que los indicadores son tomados como lo complejo y lo que puede abarcar la materia de estudio, los cuales evalúan la dimensión de funcionalidad que se refiere a:

Grado de significación de los aprendizajes que permite valorar si los conocimientos, habilidades, destrezas, valores y actitudes aprendidos por los estudiantes, pueden ser efectivamente utilizados por este en la solución de problemas de la profesión y en la construcción de nuevos significados. (Ramos y Pesantes, 2016, p. 33)

Teniendo esto en cuenta, algunos ejemplos de indicadores que hicieron los autores son: diseño de mapas conceptuales, modelación y solución de problemas de la profesión, nivel de amplitud de los contenidos evaluados, nivel de complejidad de las tareas solucionadas, habilidad para el manejo de equipos, herramientas e instrumentos, dominio de procesos tecnológicos, dominio del nuevo vocabulario técnico de la asignatura, integración de contenidos, entre otros (Ramos y Pesantes, 2016). En donde se debe señalar la importancia de los contenidos de estudio y contexto para la elección de los indicadores.

Por otra parte, otro ejemplo para la definición de dimensiones e indicadores es lo propuesto por Flores (2018) quien los agrupa en cinco dominios: el pensante que se relaciona con lo cognitivo, actuante que se relaciona con lo práctico y procedimental, sintiente (afectivo y actitudinal), consciente (relacionado con lo intencional y crítico) y por último el contextual que se relaciona con lo situacional. De este modo puede haber dimensiones variadas dependiendo el dominio, algunos ejemplos de dimensiones (o variables como las toma la autora) son: la estructura cognitiva, relación de significados, actitud de aprendizaje, resolución de problemas, emociones, afectos, sentimientos, conciencia activa y contexto potencialmente significativo. Mientras que para los indicadores toman dependiendo la variable o dimensión y se basan en el contenido de estudio, algunos que trabaja la autora son: reconocimiento y denominación, conceptualización, interpretación, modificación de conceptos por extensión o limitación, estabilidad y claridad de conceptos relevantes, dominio del contenido, resolución de situaciones problemas, nivel de autonomía, formulación de preguntas, entre otros (Flores, 2018). Para lo cual propone diversos formatos evaluativos que darán cuenta del aprendizaje significativo por cada indicador.

Por último, en cuanto a la enseñanza de la bioquímica se retoma a Acevedo y Marcano (2010) quienes señalan que enseñanza de la bioquímica solo puede volverse significativa articulándose con fenómenos observables, y situaciones reales, de modo que el estudiante pueda establecer conexiones entre lo molecular y lo macroscópico. Proponen, por ello, estrategias basadas en la modelización, la experimentación guiada, el análisis de productos alimentarios, el trabajo con muestras biológicas y el uso de secuencias de preguntas que conduzcan a la problematización conceptual. Según su planteamiento, actividades como la observación de procesos fermentativos, la caracterización de sustancias presentes en alimentos, la identificación de propiedades fisicoquímicas y la interpretación de transformaciones metabólicas permiten que el alumnado transite desde explicaciones intuitivas hacia una comprensión más formal de los procesos bioquímicos. En suma, Acevedo y Marcano argumentan que la enseñanza de la bioquímica debe apoyarse en estrategias activas que resignifiquen los contenidos al situarlos en contextos auténticos, favoreciendo así el aprendizaje significativo y la construcción de modelos coherentes sobre el funcionamiento molecular de los seres vivos.

Secuencia didáctica

La secuencia didáctica se presenta como un conjunto de actividades bien estructuradas de forma coherente que buscan aproximar a los estudiantes a temas específicos de una manera significativa. Estas consisten en “generar procesos centrados en el aprendizaje, trabajar por situaciones reales, reconocer la existencia de diversos procesos intelectuales y de la variada complejidad de los mismos” (Díaz, 2013, p.18). De esta manera, para el desarrollo de una secuencia didáctica se plantean tres fases: apertura, desarrollo y cierre. La primera está orientada a indagar, reconocer y activar aquellos conocimientos previos de los estudiantes en relación con los ejes temáticos a trabajar, por medio de actividades y situaciones problema.

La siguiente fase de desarrollo tiene como propósito la introducción de actividades que posibiliten la interacción con los nuevos contenidos a trabajar, teniendo en cuenta las motivaciones de los (as) estudiantes para generar interés y apropiación. Por último, en la fase de cierre se busca que los (as) estudiantes puedan consolidar la integración de los aprendizajes por medio de la aplicación de estos a situaciones reales, haciendo que el proceso de enseñanza sea dinámico y significativo. De este modo, se deben gestionar “acciones que vinculen sus conocimientos y

experiencias previas, con algún interrogante que provenga de lo real y con información sobre un objeto de conocimiento” (Díaz, 2013, p. 19) promoviendo diferentes métodos didácticos para generar la movilización de saberes.

Conservación de la biodiversidad y la construcción de ciudadanías

Actualmente, la conservación de la biodiversidad es fundamental para afrontar las problemáticas que han llevado al deterioro de la biosfera, “constituye una de las prioridades ambientales, reconocida actualmente en las políticas internacionales y nacionales” (Valle Rodríguez et al., 2020, p. 100) y se refiere a todas las acciones que puedan llevar a proteger, restaurar, salvaguardar todas las especies, ecosistemas y en general a todos los sistemas ecológicos que existen en la Tierra. Esta mirada ha tenido varias perspectivas dependiendo el lugar y la temporalidad en la que se define, una de las más predominantes es la propuesta desde el enfoque del desarrollo sostenible, que ha estado enfocada en salvaguardar los “recursos” para las futuras generaciones y se centra en mantener un estilo de vida particular sin proponer cambios estructurales de la sociedad. Por otra parte, existen perspectivas que buscan una conservación de la biodiversidad desde una mirada holística, en donde la sociedad reconozca la importancia y la responsabilidad que tienen sus acciones en la biosfera (Burgui, 2015). Teniendo actitudes más críticas en las formas de consumo, las energías que se usan, los formas de interactuar en los ecosistemas y en general desde una mirada más sustentable que sea cercana y reflexiva con el entorno y las formas de vida con las que interactuamos, desde esta última perspectiva se enmarca el presente trabajo.

Por último, teniendo en cuenta que este trabajo se inscribe en el grupo de investigación Biología, enseñanza y realidades, el cual actualmente adelanta la investigación de cooperación internacional *Educación en biología y construcción de ciudadanías: una perspectiva Latinoamericana*, y que tiene como propósito central “Construir de manera participativa con la comunidad académica de docentes e investigadores de Latinoamérica, propuestas de educación en biología, que aporten en la transformación y construcción de una sociedad crítica, diversa y justa” (Fonseca, et al., 2021), esta tesis aporta en dicho propósito. Desde la investigación Latinoamericana se ha realizado una propuesta teórica de distintos tipos de ciudadanías que se articulan a la formación científica. La tipología de ciudadanías construidas en dicho proyecto de investigación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1

Tipología de ciudadanías construidas por el equipo de investigación del proyecto Educación en Biología y construcción de ciudadanías, una perspectiva Latinoamericana

Tipo	Categoría	Descripción	Autores
A	Conductual	Patrón de comportamientos adecuados y/o civiles que las personas deben atender en la sociedad, independientemente del contexto.	Mieles y Salcedo (2014), Morais (2013), Herbert (2018), Walsh (2009), Di Caudo (2013).
B	Socio-científica	Dominio de los contenidos científicos necesarios para comprender, adaptarse o tomar decisiones en la vida cotidiana.	Walsh (2009), Orozco y Cassiani (2020), Auler y Delizoicov (2006), Lave (2008), Marco (1999).
C	CTSA	Manejo de los contenidos científicos y sus relaciones con la tecnología y la sociedad, para comprender, adaptarse, tomar decisiones informadas e intervenir en la realidad, no solo cotidiana, si no de problemas sociales.	Oliva (2017), Gordillo (2006).
D	Intercultural	Reconocimiento e interacción con diversas culturas y diversos saberes, la pertenencia a un grupo y la construcción de actitudes de respeto por la diversidad.	Mieles y Alvarado (2012), Molina et al. (2010), Orozco y Cassiani (2020).
E	Decolonial	Ejercicio político de denuncia, organización y lucha delante de las diversas opresiones históricas que fundamentan la sociedad.	Forbrig (2005), Mardones (2018), Quijano (1992), Costa y Grosfoguel (2016).

Fuente: Martínez S., Ibáñez X., Ortiz P (2024).

Según esta clasificación, este trabajo de grado posibilita fomentar en los estudiantes la ciudadanía tipo D que busca el “reconocimiento e interacción con diversas culturas y diversos saberes, la pertenencia a un grupo y la construcción de actitudes de respeto por la diversidad” (Ibáñez et al., 2023, p. 901) puesto que se pretende desarrollar prácticas de meliponicultura (que como ya se definió recoge diversidad de saberes). Además, también puede apuntar a una construcción de ciudadanía tipo E que busca el “ejercicio político de denuncia, organización y lucha delante de las diversas opresiones históricas que fundamentan la sociedad” (Quijano, 1992; Forbrig, 2005; Walsh, 2009 en Ibáñez et al., 2023, p. 901), con la intención de desarrollar actitudes más críticas de la forma como globalmente se han construido las relaciones con la diversidad biológica.

Formulación del problema

En las últimas décadas, se ha evidenciado el deterioro y las complejas problemáticas de los ecosistemas, debido a distintas acciones antrópicas que han repercutido en el empobrecimiento de la diversidad biológica. Estas situaciones son consecuencia de diversos factores, como las tendencias en los modelos de desarrollo global que repercuten en el agotamiento de los servicios ecosistémicos, este se puede evidenciar en sucesos como la producción a gran escala de diversos productos y en general de la tendencia global que ha conllevado a dejar de lado la reflexión sobre

las afectaciones a la biosfera, dándole prioridad a la explotación, las ganancias económicas y al sostenimiento de un estilo de vida particular.

En este contexto, son importantes conceptos como capitaloceno o plantanoceno, los cuales hacen referencia a las grandes problemáticas generadas a la vida que ha generado el capitalismo y la tendencia a deforestar para plantar monocultivos (Pérez, 2022). Estas problemáticas no son nuevas en el campo científico y educativo, puesto que desde distintas instancias se han intentado abordar; un gran ejemplo es el PRAE (proyecto educativo institucional) que actualmente es obligatorio en todas las instituciones oficiales del país. Sin embargo, el trabajo en esta construcción de reflexiones y acciones aún tiene mucho por recorrer y se deben fortalecer, puesto que, en la actualidad, aunque se conocen estrategias e iniciativas para enfrentar estas problemáticas, no se ha llegado a un cambio significativo a gran escala en las acciones que siguen afectando la biodiversidad.

Es importante reconocer que uno de los mayores problemas que se afrontan en la conservación de la biodiversidad es la crisis que ha afectado a la flora y a los procesos de polinización, los cuales son fundamentales para que prevalezcan las relaciones ecosistémicas. Como es el caso de las abejas nativas, las cuales tienen gran potencial de ser especies propulsoras para la conservación de la biodiversidad y que en la mayoría de escenarios son poco reconocidas. De hecho, las abejas nativas se encuentran al igual que muchos polinizadores en peligro de extinción, debido a distintos factores como el “modelo dominante de la revolución verde causante del cambio climático, de la contaminación por residuos de agroquímicos en los suelos, el avance de la frontera agrícola, la contaminación del agua y aire” (Rodríguez, et al en Delgado y Sobalvarro, 2019, p. 82) entre otros. Sin embargo, son pocas las estrategias las que se han encaminado en la conservación de estas especies.

De esta manera, se ha encontrado que en el abordaje de estas problemáticas tradicionalmente se han tenido en cuenta a otras especies, como señalan Sánchez y Wyckhuys “los animales vertebrados han ocupado el centro de atención. Es en las dos últimas décadas cuando los invertebrados comienzan a recibir la atención merecida, motivada entre otros factores, por la creciente pérdida de insectos polinizadores” (en Puig y Gómez Prado, 2021, p. 1). Además, los

polinizadores juegan un rol fundamental en las dinámicas de los ecosistemas, posibilitando la existencia y mantenimiento de gran diversidad de especies.

De esta manera, la “acelerada pérdida de diversidad de especies de abejas pone en peligro muchas de las funciones y servicios ecosistémicos en los que ellas participan” (Cortés, et al., 2023, p. 364), lo cual hace evidente la necesidad de enfocar estrategias en el cuidado de estas especies desde su conocimiento biológico y químico, por ejemplo desde la importancia de conocer las propiedades fisicoquímicas de sus mieles las cuales son únicas, diferentes en cada especie de abeja y particular de cada ecosistema, como menciona Cortes et al. (2023), el:

Monitoreo de especies, biogeografía, ecología funcional y evolutiva de las abejas nativas, son áreas que sin duda requieren más estudios, permitiendo comprender las respuestas ecológicas y evolutivas de estos organismos clave, y cómo y en qué grado están siendo afectadas por diversos procesos de transformación antropogénicos. (p. 364)

Agregando a esto se debe reconocer que en cada territorio se encuentran especies con interacciones distintas, lo que evidencia la necesidad de plantear estudios asociados a estas especies en los distintos territorios.

De la misma forma, dentro de la crisis de los polinizadores, con las abejas en “las últimas décadas, se han mostrado rápidos descensos en su diversidad y abundancia, al punto que entre el 2006 y el 2016 se recolectaron y registraron 25% menos especies de abejas a nivel mundial” (Cortes et al., p. 365). Eventualmente, Colombia no es ajena a las problemáticas que afectan los polinizadores y las abejas nativas, de hecho, en el país se han registrado muchas problemáticas asociadas a las abejas nativas, por ejemplo, en el Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia (Amat, et al., 2007) se exponen algunas problemáticas de la *Melipona favosa* (abeja nativa clasificada como vulnerable) por:

1. La pérdida de su hábitat y la sobre explotación a la que fue sometida en épocas recientes.
2. Los cambios en el uso y coberturas del suelo que actualmente enfrenta la región han disminuido las áreas de bosque y sabanas naturales e inundables dando paso a cultivos extensivos de arroz y pastos introducidos.
3. La competencia por el alimento entre *M. favosa* y *Apis mellifera* (abeja africanizada). (Saavedra, Flórez y Sotto, 2023, p. 6)

De las anteriores problemáticas, en especial la 2 y 3 aplican para las 130 especies identificadas de abejas nativas sin aguijón o pertenecientes a la tribu *Meliponini* que tiene Colombia (Campo Colombia, 2024). Frente a esta problemática, el reto es generar actitudes hacia la biodiversidad más allá de un valor productivo.

Además, cuando los espacios se fragmentan y se cambian los ecosistemas por las distintas dinámicas antrópicas “se amplía la distancia entre el nido y la alimentación por lo que las poblaciones se disgregan y se hace más difícil su supervivencia en el tiempo” (Delgado y Sobalvarro, 2019, p. 83), evidenciando la complejidad de la problemática y la necesidad de abordarla desde distintos ámbitos y enfoques. De igual forma, “las abejas sin aguijón son de gran importancia y hacen parte del patrimonio biológico y cultural de Colombia, la información sobre la meliponicultura en el país se encuentra principalmente en memorias de eventos académicos, o dispersa y con acceso limitado” (Saavedra, Flórez y Sotto, 2023, p. 22). Lo cual, hace que sea necesario involucrar más esta temática a los campos investigativos y educativos, para que se logren generar más espacios de reflexión sobre lo que “constituye un problema socio-científico complejo de relevancia actual ocasionado por múltiples factores relacionados con la actividad humana cuya solución no es única” (Watanabe 2008 citado en Puig y Gómez, 2021, p. 33). Por consiguiente, las soluciones deben partir desde una comprensión y análisis crítico de las dinámicas sociales, las maneras en cómo se enseñan las ciencias, las formas de usar la tecnología y evidentemente la manera en cómo concebimos y sentimos los ecosistemas.

En este contexto, el trabajo se realizó en el municipio de Bituima – Cundinamarca, en la Institución José María Vergara y Vergara, con estudiantes de grado noveno, el cual es un curso que ha reflejado el interés en los temas ambientales, además, al tener aún dos años en la institución pueden dar continuidad al proyecto. De igual forma, el interés de trabajar con estudiantes de este curso parte de la posibilidad de extender este proyecto a lugares externos de la institución, pues se resalta que la mayoría de población es rural. Bituima es un municipio que está situado sobre los 1500 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 25 grados Celsius en temporada seca y 22 grados Celsius en temporada de lluvias, pertenece a la región del Magdalena Centro por sus cercanías al río Magdalena, el cual está a 50 km aproximadamente del casco urbano, mientras que de la capital del país se encuentra a 80 km.

Figura 14

Nido natural de una colmena del género Melipona



Nota. Colmena silvestre de abejas del género *Melipona* en la cavidad de un árbol en el municipio de Vianí, Cundinamarca. Fotografía tomada por el autor (2025).

Bituima es un municipio en donde predominan los cultivos de caña, guayaba, cítricos, café, calabaza, aguacate, entre otras, también existe una amplia extensión de predios dedicados a la ganadería. Estas y otras actividades que se han desarrollado por décadas han repercutido en una presión notable en el ecosistema, puesto que en el paisaje predominan los suelos descubiertos dedicados a la ganadería o a monocultivos como la caña de azúcar, generando problemáticas para

diversas especies de mamíferos, aves, reptiles, insectos y en general para la diversidad biológica. Además, este municipio presenta muchas zonas de deslizamientos producto de la deforestación y el mal manejo de los suelos, que ha afectado también a diversas fuentes hídricas y nacimientos de agua, repercutiendo en problemas de acceso al agua para las comunidades en temporadas secas.

En esta región la actividad rural ha venido disminuyendo, conllevando a la ampliación de más predios para la ganadería y en menor medida, el aumento de terrenos con poca o nula actividad de la comunidad (esto ocurre sobre todo en terrenos de ladera donde el trabajo es mucho más difícil). Estos factores se pueden evidenciar por ejemplo con el bajo número de matrícula de los estudiantes en las sedes rurales del municipio, donde cada año se reduce drásticamente, evidenciando la reducción de población dedicada a actividades rurales.

Este municipio es un claro ejemplo de las problemáticas que se viven en otras zonas de Cundinamarca y del resto del país, donde las oportunidades productivas se han centrado en actividades que no han tenido en cuenta sus afectaciones a la biodiversidad. Ante este panorama se hacen pertinentes estrategias enfocadas al acercamiento de estas problemáticas desde diversos componentes como los biológicos, químicos y pedagógicos. De esta manera, dentro de la enseñanza de estas disciplinas y el abordaje de esta propuesta, existen diversos retos que evidencian una serie de circunstancias que van desde:

Subproblemas [con] respecto a la cultura ambiental (valores y actitudes): poca sensibilización e interacción desde la infancia con las abejas [*Meliponini*]. Limitado acceso a materiales didácticos para el aprendizaje práctico. Desinterés por fomentar el cuidado de las abejas meliponas desde la infancia. Actitudes negativas ante el cuidado de las abejas meliponas. (Medina y Montañez, 2022, p. 11)

La revisión de la literatura y la propia experiencia han permitido evidenciar la necesidad de abordar desde la enseñanza de las ciencias, problemáticas que afectan la biodiversidad, fomentar la reflexión, la construcción de conocimiento científico y generar apropiación del territorio para la construcción de ciudadanías, como sucede con especies endémicas como las abejas nativas. De hecho, en “una revisión de las principales causas de pérdida o disminución de abejas en Colombia, [...] muestran algunas necesidades, como mayor formación de taxónomos de abejas y mayor fortalecimiento de grupos de investigación, proponiendo acciones que aporten a su conservación”

(Cortés-Gómez et al., 2023, p. 366). Por lo cual, es prioritario enlazar estas problemáticas de una forma interdisciplinar y propiciar su reflexión en diferentes espacios donde se forjen actitudes de cambio que involucren las ciencias y su enseñanza a las problemáticas contextuales que afrontan los ecosistemas.

Por otra parte, la enseñanza de la química siempre ha presentado desafíos que involucran las concepciones que socialmente se han construido en torno a esta, como señalan Ipuz y Parga (2014):

El direccionamiento de la química hacia la creación de productos de consumo, tecnología, investigación, salud, así como el desarrollo de armas para la defensa de países, ha producido en el imaginario de las personas una química destructiva e incomprensible sin que se haga el cuestionamiento de la utilidad real que se le da y a los problemas que se generan frente al adelanto tecnológico o desarrollo científico. (Ipuz y Parga, 2014, p. 80)

Lo cual, muestra un desinterés por una disciplina que se concibe aislada de los quehaceres de los estudiantes y con poca aplicabilidad para ellos (as), además de verla como un área compleja. Por esta razón, es necesaria “una apropiación del docente al currículo de química y la forma de abordar los conocimientos para que no sean percibidos como aislados o descontextualizados” (Ipuz y Parga, 2014, p. 79). En este sentido, involucrar asuntos como el abordaje de la problemática de las abejas nativas, permite acercar a las (os) estudiantes a una contextualización de su entorno con las ciencias y la bioquímica, rompiendo con el esquema de una bioquímica apartada del contexto social cercano de las (os) estudiantes. Además, dentro de la meliponicultura existen muy pocos abordajes hechos desde una perspectiva química, lo cual se aporta desde el presente trabajo.

Pregunta problema

¿Cómo las prácticas de meliponicultura permiten acercar a los estudiantes de grado 9 de la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara al aprendizaje significativo de algunos procesos bioquímicos relacionados con las abejas nativas y a la conservación de la biodiversidad en el municipio de Bituima?

Objetivos

Objetivo general

Promover prácticas de meliponicultura en la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara para que los estudiantes de grado 9 se acerquen al aprendizaje significativo de algunos procesos bioquímicos de las abejas y la conservación de la biodiversidad en el municipio de Bituima.

Objetivos específicos

1. Implementar prácticas de meliponicultura con estudiantes de grado 9 que posibiliten el reconocimiento de la biodiversidad asociada a las abejas nativas.
2. Desarrollar una secuencia didáctica que favorezca el aprendizaje significativo sobre las prácticas de meliponicultura, el proceso de fermentación del polen y la transformación del néctar en miel con estudiantes de grado noveno.
3. Generar espacios de reflexión con las (os) estudiantes de grado 9 sobre la importancia de la conservación de las abejas nativas y la biodiversidad.

Metodología

El enfoque de este proyecto de investigación es de carácter cualitativo, por un lado, se busca comprender los significados que las (os) estudiantes construyen en torno a las prácticas de meliponicultura y a la conservación de la biodiversidad. Por otro lado, se pretende analizar el impacto y los cambios generados a partir del desarrollo de la propuesta. En cuanto al paradigma, se orienta desde el socio-crítico (Contreras, 2011), debido a que se pretende que los (as) estudiantes desarrollen una mirada reflexiva sobre la importancia de la conservación de las abejas nativas y la biodiversidad. De igual forma, se enmarca en la investigación acción participativa a través de la cual se pretende transformar e incidir en las realidades que se investigan, se busca conocer para actuar, donde el rol del investigador es clave para buscar establecer una comunicación asertiva, donde no exista la verticalidad y se establezca una relación entre iguales con los actores de la comunidad (Ander-Egg, 2003). Por esto, se buscó que los (as) participantes no solo comprendieran los procesos químicos relacionados con las abejas, sino que también asumieran un rol activo en la promoción de prácticas de meliponicultura y la protección y cuidado de los ecosistemas.

La población está conformada por estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara, ubicada en el municipio de Bituima. Este grupo de estudiantes se encuentran en una etapa crucial para que sean actores activos dentro de su institución y comunidad, además están en una edad y etapa educativa que les permite acercarse de una forma crítica a lo abordado en este trabajo. Por lo que, son una población clave para fomentar la comprensión de los procesos químicos asociados a las abejas, y fomentar una mirada reflexiva y bióticamente responsable que posibilite la conservación de la biodiversidad.

Por otra parte, la Institución actualmente desarrolla una profundización en ciencias agropecuarias, donde se abordan temas productivos asociados al reconocimiento contextual y las posibilidades que puede brindar el conocimiento sobre el ecosistema regional. En esta instancia, los aportes que se brindan desde el proyecto de investigación posibilitan un acercamiento a la importancia de cuidar los polinizadores y las estrategias que se pueden implementar desde la meliponicultura para maximizar las producciones agrícolas, a la vez que se incentiva el reconocimiento e importancia de la conservación de especies de abejas nativas.

Además, teniendo en cuenta la revisión de los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional (MEN) para grado noveno, se evidencia la necesidad de abordar temas como el de clasificar organismos en grupos taxonómicos de acuerdo con sus características, explicar los sistemas de defensa y ataque de algunos animales y plantas en el aspecto morfológico y fisiológico. Lo cual se aborda directamente con las temáticas del trabajo, debido a que demuestra la diversidad de abejas, sus características y las relaciones ecológicas que se establecen en el ecosistema. De igual forma, desde el MEN se señala la importancia de desarrollar habilidades para las prácticas de laboratorios, describir procesos físicos y químicos, y visibilizar los actores que amenazan la biodiversidad desde el impacto de la industria y la tecnología.

Para la recolección de información se utilizaron las siguientes técnicas: observación participante, cuestionarios, grupos de discusión, infografías, instrumentos propios del aprendizaje significativo, entre otras. Todas las actividades se trazaron por una secuencia didáctica, la cual se entiende como “una estrategia de trabajo a partir de la cual, el docente traza el recorrido pedagógico que necesariamente deberán transitar sus alumnos junto a él, para construir y reconstruir el propio conocimiento, ajustándolo a demandas socioculturales del contexto” (Basile,

et al., 2009) resaltando la importancia de la planificación y la constante evaluación del proceso. Para el análisis teórico y de antecedentes se utilizó el sistema bibliográfico Zotero y para el análisis de resultados de la información recopilada se usó el software de análisis cualitativo NVivo.

Figura 15

Metodología de la investigación



Fuente: elaboración propia.

Fases de la investigación

- **Diagnóstico:** esta fase tuvo como objetivo conocer los conocimientos sobre biodiversidad, abejas nativas y la química asociada a estas, que tienen los (as) estudiantes, de igual forma evaluar los alcances que puede tener la propuesta con la comunidad. También se introducen algunos fundamentos de meliponicultura y se preparan las actividades de las sesiones.
- **Desarrollo:** en esta fase se realizaron las actividades concretadas y establecidas a partir de la fase de diagnóstico, teniendo en cuenta un diálogo con los (as) estudiantes y la

comunidad de la institución, se realizó mediante un proceso constante de evaluación de las actividades.

- **Cierre o conclusiones:** en esta fase se realizó el proceso de análisis y discusión sobre las actividades realizadas, revisando el cumplimiento de objetivos y metas alcanzadas. También se socializaron los resultados a la institución y se evaluó la continuidad del proyecto en la institución.

Cronograma de actividades

Tabla 2

Cronograma investigación

Actividades	1er semestre 2025						2do semestre 2025			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Revisión de fuentes secundarias										
Elaborar la propuesta metodológica y temática de los espacios y herramientas pedagógicas (talleres, salidas, cuestionarios)										
Discusión de la propuesta con la comunidad de la institución educativa										
Talleres prácticos de meliponicultura con los estudiantes de grado noveno (en estos espacios se desarrollarán los cuestionarios, prácticas básicas de laboratorio, charlas, presentaciones y espacios de reflexión colectiva)										
Salida pedagógica (por definir con la Institución)										
Cierre del proceso con los estudiantes de grado noveno y recolección de aprendizajes										
Organización y categorización de la información recolectada en el desarrollo de la investigación										
Análisis inicial de la información recolectada										
Definición estructura del documento final										
Escritura del documento										
Entrega primer borrador completo de la tesis										
Correcciones y entrega final										
Socialización de los resultados de la investigación a la institución educativa y retroalimentación del proceso										

Fuente: elaboración propia.

Indicadores del aprendizaje significativo

A continuación, se encuentran los indicadores de aprendizaje significativo teniendo en cuenta la temática enfocada en conservación y enseñanza de la bioquímica, donde se hace pertinente un desarrollo de discurso crítico desde la comprensión y acercamiento de su contexto y la aplicabilidad de los conceptos científicos trabajados.

Tabla 3

Dimensiones e indicadores propuestos

Dimensión	Dominio	Indicador	Instrumentos
Funcionalidad	Del saber: este dominio busca abarcar lo relacionado con los conocimientos en torno a la biodiversidad, biología de abejas y algunos procesos bioquímicos con las que se relacionan. En esta dimensión se incluye la organización, interiorización y la capacidad para relacionar y utilizar los conocimientos de manera lógica.	Relacionamiento conceptual entre biodiversidad, polinización, conservación.	*Mapas conceptuales *Test escrito *Informe de actividades *Diagrama en V de Gowin *Preguntas abiertas *Cuadros comparativos
		Distinguir características de la biología de abejas, diversidad de abejas y prácticas sustentables.	
		Relacionamiento conceptual entre biología de abejas y su relación con algunos procesos bioquímicos.	
		Significación sobre fermentación y algunas características fisicoquímicas de la miel.	
	Del ser: este dominio abarca lo relacionado con los comportamientos en torno al respeto de la biodiversidad y al reconocimiento de que las propias actuaciones influyen de distintas maneras con las afectaciones socioambientales. De igual manera, en esta dimensión se evalúa las capacidades colaborativas.	Compromiso y autonomía.	*Autoevaluación escrita *Informe de actividades *Preguntas abiertas
		Colaboración y trabajo en equipo.	
Del hacer: este dominio se relaciona con la capacidad para relacionar los conocimientos con el análisis de diversas situaciones contextuales. En este caso para distinguir las problemáticas que pueden afectar las abejas nativas y la biodiversidad.	Resolución de problemas asociados a evaluar situaciones que posibiliten menos afectaciones en el ecosistema.	*Trabajos creativos *Preguntas abiertas *Análisis críticos de casos reales	
	Asociación y proposición frente a problemáticas contextuales.		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla se presenta una propuesta de dimensiones e indicadores de una forma acotada, debido al corto tiempo, alto número de estudiantes y la amplitud de las temáticas que se trabaja, en el apartado de metodología se proponen instrumentos para la evaluación de cada indicador. Sin embargo, a término personal y teniendo en cuenta la bibliografía revisada, a mayor tiempo de ejecución de un proyecto, las dimensiones y más que todo los indicadores pueden desarrollarse de una manera más amplia.

Sin embargo, en esta investigación los indicadores se aplicaron de manera global porque su función no era calificar el rendimiento individual de cada estudiante, sino valorar si la secuencia didáctica, como propuesta pedagógica, favorecía la comprensión colectiva de los contenidos. Aunque el aprendizaje significativo es un proceso interno, sus condiciones se construyen socialmente: la interacción con otros permite explicitar, comparar y reorganizar ideas (Novak & Gowin, 1988), facilitando la internalización de significados. Además, en educación ambiental la construcción del conocimiento es esencialmente colectiva, pues emerge del diálogo entre sujetos y con el territorio (Sauvé, 2004). Desde esta perspectiva, los indicadores globales permitieron evaluar el desempeño conceptual del grupo y la pertinencia de las actividades, coherente con la naturaleza formativa de la secuencia y con el enfoque de aprendizaje significativo.

Secuencia didáctica

A continuación, se presenta la secuencia didáctica dividida en las tres fases, cada una con sus respectivas etapas, objetivos y sesiones. Esta secuencia da cumplimiento a los tres objetivos planteados, los cuales se abordan transversalmente en todas las sesiones; sin embargo, algunas sesiones responderán con mayor interés a algunos. Por ejemplo, las sesiones de fermentación y experiencias de laboratorios atienden en mayor medida al cumplimiento del segundo objetivo.

Tabla 4

Estructura secuencia didáctica

Fases	Etapas	Objetivos	Sesiones
Diagnóstico	Biodiversidad	*Identificar conocimientos previos de los (as) estudiantes con respecto a la conservación, abejas nativas, biodiversidad, conocimiento territorial.	Cuestionario diagnóstico.
	Meliponicultura		
	Fermentación láctica		

		*Identificar conocimientos previos de los (as) estudiantes con respecto al concepto de fermentación láctica y su relación con las abejas.	
Desarrollo	Biodiversidad Polinización	*Relacionar el tema de meliponicultura con la biodiversidad. *Reconocer el territorio como lugar biodiverso.	Aproximación a importancia de la biodiversidad y la polinización.
	Biología y diversidad de abejas	*Identificar las características básicas de las abejas. *Distinguir la diversidad de abejas nativas y sus diferencias con abejas de otros continentes.	*Discusión sobre características de las abejas. *Socialización sobre la diversidad de abejas.
	Meliponicultura	Acercar a los (as) estudiantes a las prácticas básicas de meliponicultura.	*Taller práctico de meliponicultura. *Establecimiento de un meliponario.
	Acercamiento aspectos asociados a la bioquímica de las abejas	Acerca a los (as) estudiantes al reconocimiento de características bioquímicas de algunos productos de las abejas nativas.	Diálogo sobre las características bioquímicas de algunos productos de la colmena.
	Fermentación Procesos de fermentación asociados a las abejas	Familiarizar a los (as) estudiantes con el concepto de fermentación.	Introducción a la fermentación y tipos.
	Práctica con fermentación láctica elaboración de pan de abejas	*Comprender el proceso de fermentación láctica como mecanismo de conservación y transformación de nutrientes. *Analizar parámetros básicos de calidad: proteínas, azúcares reductores, acidez y densidad.	*Desarrollo de laboratorio, fermentación de pan de abejas. *Laboratorio demostrativo sobre análisis fisicoquímicos de mieles.
	Práctica demostrativa de análisis fisicoquímicos de mieles	Demostrar algunas propiedades de la miel como pH, proteínas, azúcares y densidad.	
	Cuestionario final	Evaluar los aprendizajes de los temas trabajados en las sesiones.	Cuestionario de cierre.
Cierre	Autoevaluación y retroalimentación	Evidenciar el alcance de las actividades	Cuestionario.

Fuente: elaboración propia.

Sesiones de la secuencia didáctica

La siguiente secuencia didáctica comprende diversas sesiones que integran aspectos para el abordaje e introducción sobre qué es la meliponicultura, la importancia y la comprensión significativa de esta. Por tal razón, se hizo fundamental incluir actividades en el acercamiento enfocadas al significado de biodiversidad y polinización, lo mismo que a la biología de las abejas. Posteriormente, se incluyó el conocimiento sobre algunas prácticas de meliponicultura, para que así se pudieran desarrollar las actividades sobre la bioquímica asociadas a las abejas, la

fermentación del polen y algunas propiedades de la miel. En la mayoría de las sesiones se tuvieron en cuenta los indicadores de compromiso individual y trabajo grupal.

Sesión de diagnóstico. Para esta sesión se construyó, se evaluó y validó el instrumento para hacer el diagnóstico de conocimientos previos, para la validación se tuvo en cuenta la discusión interna con el equipo de la línea de investigación y se desarrolló previamente con tres estudiantes voluntarias (o) del mismo rango de edad de una institución aledaña del municipio de Vianí. Este cuestionario que comprendió 11 preguntas involucró aspectos asociados a comprender el significado que tienen los estudiantes sobre la biodiversidad, polinización, reconocimiento de las abejas y procesos químicos asociados. También en esta sesión se aprovechó para hacer la presentación formal y lograr una primera impresión con los (as) estudiantes de los intereses del proyecto.

Tabla 5

Sesión 1: diagnóstico sobre biodiversidad, abejas nativas y fermentación

Tiempo total estimado: 1 h		Indicador: compromiso y autonomía.	
Momento de la actividad	Objetivo	Descripción	Evaluación
Presentación.	Generar un acercamiento con los (as) estudiantes.	Exponer intereses del proyecto y conocer a los (as) estudiantes.	Participación de los (as) estudiantes.
Cuestionario diagnóstico sobre meliponicultura.	Identificar conocimientos previos de los (as) estudiantes con respecto a las abejas nativas, biodiversidad, conocimiento territorial y fermentación.	Diligenciamiento del cuestionario mediante Google Forms, con las siguientes preguntas abiertas: 1. Escribe qué entiendes por biodiversidad. 2. ¿Escribe lo que entiendes sobre polinización y si para ti es importante describe por qué lo es? 3. ¿Qué polinizadores conoces? 4. Escribe 3 palabras o una frase sobre lo que significan las abejas para ti. 5. Describe qué características conoces de las abejas. 6. ¿Cómo se alimentan las abejas? 7. Escribe los productos que conoces que producen las abejas. 8. Describe algunos de los procesos que hacen las abejas para la elaboración de sus productos. 9. ¿Qué significado tiene para ti la palabra fermentación? 10. Conoces algunas de las condiciones para que se produzca la fermentación. 11. ¿Qué productos conoces que se obtengan mediante la fermentación?	Resultado instrumento diagnóstico.

Fuente: elaboración propia.

Sesión sobre biodiversidad y polinización. Esta sesión inició con una introducción sobre que es la meliponicultura, explicando las diferencias con la apicultura. Como ya se ha mencionado, la meliponicultura está directamente relacionada con las abejas nativas sin aguijón, mientras que la apicultura son las prácticas relacionadas con las abejas extranjeras con aguijón. Además, para esta actividad (como para las siguientes) se tuvo en cuenta los hallazgos que se hicieron con el instrumento de diagnóstico. Por lo cual, la conversación se enfocó en aproximar a las (os) estudiantes a los niveles de biodiversidad desde lo genético hasta lo ecosistémico, lo mismo que relacionar el concepto a la diversidad cultural y de gustos u opiniones que tiene cada persona. De igual forma, se abordó en esta sesión una profundización del concepto de polinización y su importancia para la soberanía alimentaria y la diversidad biológica, haciendo énfasis en los distintos tipos de agentes polinizadores.

Tabla 6

Sesión 2: características de la biodiversidad y la polinización

Tiempo total estimado: 1 h 30 min		Indicador: relacionamiento conceptual entre biodiversidad, polinización y conservación.	
Momento de la actividad	Objetivo	Descripción	Evaluación
Qué es la meliponicultura.	Relacionar el tema de meliponicultura con la biodiversidad.	<ul style="list-style-type: none"> *Presentación corta sobre aspectos básicos de la meliponicultura. *Principales características, usos y proyecciones de esta práctica. *Preguntas para orientar la discusión: <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Con qué especies se realiza la meliponicultura? 2. ¿En dónde se realiza la meliponicultura? 3. ¿Qué factores se deben tener en cuenta para realizar la meliponicultura? 	Preguntas abiertas.
Hacer meliponicultura es conocer y querer conservar la biodiversidad del territorio.	<ul style="list-style-type: none"> *Reconocer el territorio como lugar biodiverso mediante el reconocimiento de frutas nativas. *Aproximar a las (os) estudiantes a la importancia de la polinización para la conservación de 	<ul style="list-style-type: none"> *Trazando el curso de las frutas que te gustan: cada estudiante representara de forma creativa lo que tiene que pasar para que la fruta que más le gusta llegue a su mesa. *Teniendo en cuenta las siguientes preguntas orientadoras: <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es la fruta que más me gusta? 2. ¿De dónde es esta fruta? 3. ¿Qué tiene que pasar esta fruta para que llegue a mi mesa? 4. ¿Por qué en el mercado predominan solo cierto tipo de frutas? *Presentación sobre algunas frutas nativas de Colombia como representación de biodiversidad. 	<ul style="list-style-type: none"> *Mapeo sobre su fruta favorita. *Diseño y presentación sobre mapa conceptual de biodiversidad y polinización.

	la biodiversidad.	<p>*Relacionar el proceso de polinización con la producción de alimentos para diversos organismos y sus relaciones.</p> <p>*Presentación de características de la biodiversidad y la polinización.</p> <p>*Algunas preguntas para fomentar la discusión son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué relación tenemos con el río Magdalena? 2. ¿En qué parte de la cordillera se encuentra Bituima? 3. ¿Cuáles son las principales presiones ambientales al ecosistema del municipio y región? <p>*Por último, mediante material de apoyo y la presentación realizada, los (as) estudiantes elaboran un mapa conceptual para la evaluación del aprendizaje.</p>	
--	-------------------	---	--

Fuente: elaboración propia.

Sesión sobre biología y diversidad de abejas. En esta sesión se realizó un diálogo sobre la diversidad de abejas que hay en la región, haciendo énfasis en las que predominan y son más comunes en las prácticas de meliponicultura. De esta manera, durante el desarrollo de las actividades de esta sesión los (as) estudiantes analizaron y socializaron las características de 5 especies de abejas de distintos géneros, pertenecientes a la tribu *Meliponini* (se aclaró que la diversidad es mucho mayor y se decidió trabajar solo con algunas debido al corto tiempo). En esta sesión se hizo énfasis en las características que son comunes y que diferencian a las abejas nativas de las abejas con aguijón.

Tabla 7

Sesión 3: biología y diversidad de abejas

Tiempo total estimado: 1 h 30 min		Indicador: distinguir algunas características de la biología y diversidad de las abejas.	
Nombre de la actividad	Objetivo	Descripción	Evaluación
Hablando sobre la biología de las abejas y su diversidad.	<p>*Identificar las características básicas de las abejas.</p> <p>*Distinguir la diversidad de abejas nativas y sus diferencias con abejas de otros continentes.</p>	<p>*Dinámica de preguntas cerradas. Se pide a los estudiantes que se desplacen a la derecha o izquierda según su respuesta: sí/no, o que se queden en el centro si no saben la respuesta.</p> <p>Con las siguientes preguntas orientadoras:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Todas las abejas pican? 2. ¿Todas las abejas producen miel? 3. ¿Todas las abejas son sociales (forman colmenas)? 4. ¿Todas las abejas polinizan? <p>*Presentación y diálogo sobre las características de las abejas con ayuda de infografías y modelo 3D, para dar a conocer la diversidad de abejas presentes en la región.</p> <p>*Elaboración de infografías por parte de las (os) estudiantes mediante recursos de apoyo y lo visto en el desarrollo de la clase.</p>	<p>*Presentación de infografías grupales.</p> <p>*Participación.</p>

Fuente: elaboración propia.

Sesión sobre meliponicultura. Esta sesión se enfocó en dar a conocer la existencia de distintas prácticas relacionadas con las abejas, como la apicultura o meliponicultura. De esta manera, se destacaron distintas relaciones que tienen las abejas nativas con el ecosistema de la región y como las prácticas de meliponicultura representan múltiples beneficios ecológicos, culturales y sociales. Asimismo, se estableció el meliponario con cuatro colmenas de tres especies de abejas nativas y se hizo una degustación de diversidad de mieles. De igual manera, en esta sesión se fortalecieron temas abordados en la sesión anterior y de una manera práctica, con el desarrollo de un taller, los estudiantes interactuaron con varios productos de la colmena.

Tabla 8

Sesión 4: acercamiento a la meliponicultura

Tiempo total estimado: 1 h		Indicador: distinguir características de la biología y diversidad de las abejas, y las prácticas sustentables para su cuidado y manejo.	
Nombre de la actividad	Objetivo	Descripción	Evaluación
Hablando de las diferentes prácticas con abejas.	Acercar a los (as) estudiantes a las prácticas básicas de meliponicultura.	<ul style="list-style-type: none"> *Hacer una retroalimentación de los temas vistos. *Explicar y evidenciar las diferencias entre la meliponicultura y la apicultura. *En grupos, se realiza la inspección de cajas de abejas angelitas con nidos que fueron abandonados principalmente por ataques de abejas <i>Lestrimelittas</i> y las (os) estudiantes se familiarizan con el paso a paso que se realiza en una revisión. *Se socializa las partes del interior de un nido, como ánforas, involucro, discos de cría, trampas, zonas, etc. *Los (as) estudiantes deben separar los productos de colmena como cera y propóleo. *Algunos insumos para la sesión son: <ul style="list-style-type: none"> - Cajas modulares de abejas nativas. - Núcleo de abejas con aguijón. - Herramientas básicas de meliponicultura. *Acercamiento organoléptico de cuatro tipos de mieles. *Establecimiento de un meliponario en la institución educativa. *Participación en feria de la ciencia. 	<ul style="list-style-type: none"> *Participación durante el desarrollo del taller. *Preguntas abiertas

Fuente: elaboración propia.

Sesión sobre bioquímica de las abejas. En esta sesión se realizó un acercamiento sobre algunos procesos bioquímicos relacionados con las abejas, como por ejemplo la conversión del néctar en miel, la producción de cera y la fermentación del polen. La sesión se enfocó en relacionar como

estos procesos son esenciales para el ciclo de vida de las aguas, llevando a una reflexión sobre su valor ecológico.

Tabla 9

Sesión 5: acercamiento a la bioquímica de las abejas

Tiempo total estimado: 1 h		Indicador: relacionamiento conceptual entre biología de las abejas y su relación con algunos procesos bioquímicos.	
Nombre de la actividad	Objetivo	Descripción	Evaluación
Diálogo de la bioquímica en las colmenas.	Acerca a los (as) estudiantes al reconocimiento de características bioquímicas de algunos productos de las abejas nativas.	<p>*Se hace presentación sobre las características del néctar y la miel, la fermentación del polen y sobre la biosíntesis de la cera.</p> <p>*Por grupos socializan cada uno de los procesos.</p> <p>*Se trabajan las siguientes preguntas para el diseño del diagrama V Gowin con lo discutido en clase.</p> <p>*Preguntas orientadoras:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué relación hay entre el néctar que recogen las abejas y la glucosa como fuente de energía? 2. ¿Por qué la glucólisis es siempre la primera etapa antes de que ocurra la fermentación? 3. ¿Por qué el piruvato se considera una molécula de “decisión” en el metabolismo? 4. ¿Qué ventajas tiene el ácido láctico para conservar el polen y la miel en las colmenas de abejas nativas? 5. ¿Cómo se relaciona la fermentación alcohólica con alimentos y bebidas que consumimos en la vida cotidiana? 6. ¿Por qué, aunque produce poca energía, la fermentación sigue siendo importante para los seres vivos? 7. ¿Qué papel cumplen las enzimas en la fermentación? 8. ¿Cómo logran las abejas nativas generar un ambiente sin oxígeno en sus potes de cera para que ocurra la fermentación? 	<p>*Participación.</p> <p>*Diagrama V de Gowin.</p>

Fuente: elaboración propia.

Sesión sobre fermentación. En esta actividad se abordó lo referente a la fermentación, incluyendo un corto recorrido histórico sobre este proceso en la evolución de la vida, y como está presente en diversos organismos. De esta manera, se aproximó a los tipos de fermentación mediante un análisis de distintos productos, reconociendo las diferencias de microorganismos que las producen y los productos finales que se obtienen.

Tabla 10

Sesión 6: aproximación a la fermentación

Tiempo total estimado: 2 h		Indicador: significación sobre fermentación.	
Nombre de la actividad	Objetivo	Descripción	Evaluación
La fermentación en la colmena.	Familiarizar a los (as) estudiantes con el concepto de fermentación.	*Presentación sobre las características de la fermentación, discusión y socialización por grupos sobre los tipos de fermentación. *Diseño de mapa conceptual sobre fermentación. *Creación de mapa comparativo con las características de los tipos de fermentación: <ul style="list-style-type: none"> - Alcohólica. - Láctica. - Acética. - Búrica. - Propiónica. - Mixtas. *Clasificación de cinco productos comerciales provenientes de procesos de fermentación. Análisis organoléptico y aplicación de conceptos vistos para la clasificación: <ul style="list-style-type: none"> - Yogurt griego. - Queso sabanero. - Vinagre. - Salsa de pimentón. - Cerveza (esta solo llevo el envase). 	*Mapa conceptual. *Cuadro comparativo. *Ficha análisis de productos.

Fuente: elaboración propia.

Práctica de laboratorio. Para esta sesión se realizó una práctica preparatoria en la UPN, donde se hicieron análisis fisicoquímicos a tres tipos mieles sobre azúcares reductores, presencia de proteínas, pH y densidad, los resultados se encuentran en el apartado de experiencias de laboratorio más adelante. Después de esto se realizó la sesión con los (as) estudiantes, la cual contó con una práctica demostrativa sobre análisis fisicoquímicos de miel con ayuda de reactivos. La otra parte, se realizó un laboratorio práctico donde se reforzó el tema de fermentación por medio de la preparación de un medio para que se reprodujeran los microorganismos que actúan en la fermentación del polen. Permitiendo que los estudiantes conocieran las condiciones necesarias para que se produzca la fermentación láctica.

Tabla 11

Sesión 7: prácticas de laboratorio

Tiempo total estimado: 2 h	Indicador: significación sobre fermentación y algunas características fisicoquímicas de la miel. Relacionamiento conceptual entre biología de abejas y su relación con algunos procesos bioquímicos.
----------------------------	--

Nombre de la actividad	Objetivo	Descripción	Evaluación
<p>*Práctica demostrativa de análisis de mieles.</p> <p>*Práctica sobre fermentación láctica del polen.</p>	<p>*Comprender el proceso de fermentación láctica como mecanismo de conservación y transformación de nutrientes.</p> <p>*Analizar parámetros básicos de calidad: proteínas, azúcares reductores, acidez y densidad.</p>	<p>*Para la <u>parte demostrativa</u> se utiliza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Miel de <i>Apis mellifera</i>. - Miel de <i>Tetragonisca angustula</i>. - Reactivo de Biuret. - Reactivo de Benedict. - Tiras indicadoras de pH. - Picnómetro. - Beaker de 200 ml, probetas, agua destilada. - Guantes, gafas y bata de laboratorio. <p>*Preguntas orientadoras:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué diferencias se observaron entre las mieles de <i>Apis mellifera</i> y <i>T. angustula</i> en cada análisis? 2. ¿Qué relación existe entre el pH y la posibilidad de fermentación de la miel? 3. ¿Por qué la densidad es un parámetro importante en la calidad de la miel? 4. ¿Cómo podrían influir los resultados en la comercialización y conservación de cada miel? <p>*Para la <u>elaboración de pan de abejas</u> se utilizan los siguientes materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 200 g de harina de soja aislada. - 8 g de polen o pan de abejas. - 100 g de azúcar. - 100 ml de agua. - Baker de 200 ml (para la preparación del jarabe y mezcla). - Frasco de vidrio grande con tapa o servilleta limpia. - Cuchara limpia. - Olla con agua para baño maría. - Termómetro. <p>*Preguntas orientadoras:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué microorganismos realizan la fermentación en este proceso? 2. ¿Qué semejanzas encuentras entre el pan de abejas y alimentos fermentados humanos como yogur o queso? 3. ¿Qué importancia tiene la higiene en la fermentación láctica? 4. ¿Cuál es la importancia de la temperatura en todo el proceso? 5. ¿Cómo contribuye este proceso al bienestar de las abejas en épocas de escasez de polen? 	<p>*Participación.</p> <p>*Preguntas abiertas.</p> <p>*Informes de laboratorio.</p>

Fuente: elaboración propia.

Cuestionario final de aprendizajes. En esta sesión que aplicó un instrumento que tuvo como objetivo evaluar el aprendizaje significativo de las (os) estudiantes de noveno en torno a la biodiversidad, la biología y bioquímica de las abejas, la meliponicultura y la fermentación. Para la cual, previo a la implementación se realizó la validación interna desde el equipo de la línea de

investigación. De esta manera, mediante el siguiente cuestionario se evaluaron los alcances de la secuencia de actividades realizadas. El cuestionario combinó situaciones problema, preguntas de opción múltiple y de reflexión abierta, clasificadas según los dominios del saber, del ser y del hacer con sus respectivos indicadores planteados en la metodología. De esta manera, se buscó identificar la apropiación, la capacidad de análisis y la aplicación de los conocimientos, así como las actitudes relacionadas con la autonomía, el compromiso y el trabajo colaborativo en el desarrollo de actividades de aula y laboratorio.

Tabla 12

Sesión 8: cuestionario final de aprendizajes

#	Pregunta	Dominio	Indicador
1	<p>En una actividad comunitaria en la provincia del Magdalena Centro, los campesinos (as) están preocupados porque cada año se ven menos variedades de café y frijol en sus parcelas, y además notan que algunos cultivos de flores como el de maracuyá, guayaba, gulupa, entre otros producen menos semillas. Una estudiante propone que esto está relacionado con la pérdida de biodiversidad y con cambios en los polinizadores.</p> <p><i>¿Cuál sería la explicación más completa?</i></p> <p>a) La biodiversidad se entiende solo como la cantidad de animales; la polinización no se ve afectada por la pérdida de plantas.</p> <p>b) La pérdida de diversidad genética en cultivos y de especies de polinizadores afecta la reproducción de las plantas; además, la reducción de hábitats impacta la biodiversidad de ecosistemas.</p> <p>c) Los problemas de semillas no tienen relación con la biodiversidad, solo depende del clima.</p> <p>d) La polinización es siempre por el viento, por eso no depende de la biodiversidad ni de los insectos u otros animales.</p>	Del saber	Relacionamiento conceptual entre biodiversidad, polinización y conservación.
2	<p>En un municipio del departamento del Meta, algunas campesinas (os) notaron que sus cultivos de tomate, calabaza y auyama están produciendo menos frutos que en años anteriores. Tras indagar con otros productores de la zona, encontraron que desde hace unos años se ha producido la deforestación de un bosque cercano para el establecimiento de un monocultivo de palma africana (con la que producen aceite) y esto afectó la presencia de abejas, mariposas y colibríes en la zona. Al mismo tiempo, aumentó el uso de plaguicidas para controlar plagas en los cultivos.</p> <p><i>¿Qué medidas podrían tomar los campesinos (as) para recuperar la producción y conservar la biodiversidad?</i></p> <p>a) Seguir aplicando más plaguicidas hasta que los cultivos se adapten y dejar que sigan sembrando palma africana.</p> <p>b) Importar frutas de otras regiones y dejar de producir localmente.</p> <p>c) Cambiar los cultivos de tomate, calabaza y auyama por monocultivos que no dependen tanto de polinizadores.</p> <p>d) Reforestar con especies nativas y reducir los químicos, promoviendo hábitats para polinizadores.</p>	Del hacer	Resolución de problemas asociados a evaluar situaciones que generen menos afectaciones en el ecosistema.

3	<p>Un grupo de jóvenes emprendedores quiere iniciar un proyecto de meliponicultura con abejas nativas sin aguijón, pero no tienen claro en qué se diferencian de las abejas <i>Apis mellifera</i>.</p> <p><i>¿Cuál sería una ventaja de criar abejas nativas?</i></p> <p>a) Producen grandes cantidades de miel para exportación. b) Se adaptan mejor al ecosistema local y ayudan a conservar la biodiversidad. c) Son más agresivas y defienden mejor el territorio. d) No necesitan flores para producir miel.</p>	Del saber	Distinguir características de la biología y diversidad de las abejas, y las prácticas sustentables para su cuidado y manejo.
4	<p>Un grupo de estudiantes hace una exposición sobre cómo las abejas transforman el néctar en miel, el polen en pan de abejas y producen cera para construir panales y diversas funciones en la colmena. Uno de ellos afirma: “La miel es solo néctar guardado; el pan de abejas es polen acumulado, y la cera se produce de las flores”.</p> <p><i>¿Cuál explicación corrige mejor a su compañero?</i></p> <p>a) La miel y el polen se forman por la acción del sol y la cera se obtiene raspando las flores. b) La miel la obtienen directamente de las flores, el pan de abejas es una mezcla de distintos elementos del bosque y la cera la produce solo abeja reina. c) La miel se forma cuando las abejas agregan enzimas al néctar y al perder humedad; el pan de abejas surge de la fermentación del polen; y la cera es sintetizada en el cuerpo de las abejas. d) La miel es polen triturado con agua; el pan de abejas es néctar fermentado; y la cera se obtiene de la deshidratación del néctar.</p>	Del saber	Relacionamiento conceptual entre biología de abejas y su relación con algunos procesos bioquímicos.
5	<p>En la clase de ciencias, los estudiantes comparan fermentación alcohólica, láctica y acética. Una estudiante comenta que “todas producen alcohol”. Otro afirma que “la fermentación solo sirve para hacer bebidas alcohólicas”.</p> <p><i>¿Qué explicación aclara mejor la diferencia entre los tipos de fermentación?</i></p> <p>a) La alcohólica produce etanol y CO₂; la láctica produce ácido láctico (importante en yogur y pan de abejas); y la acética transforma alcohol en ácido acético (vinagre). b) Todos los tipos de fermentación son iguales e intervienen los mismos microorganismos, solo que cambian de nombre según el alimento. c) La fermentación láctica y alcohólica producen lo mismo, solo que en tiempos diferentes, mientras que la acética es la combinación de las dos. d) La fermentación es un proceso exclusivo de las abejas, por lo cual no es la forma de obtener bebidas alcohólicas.</p>	Del saber	Significación sobre fermentación.
6	<p>En una feria de ciencia en Cundinamarca, un grupo de estudiantes presenta los productos de la colmena. Una visitante dice: “La miel y el polen son lo mismo, solo que en diferentes formas: ambos son azúcares dulces”. Tú, como parte del grupo, debes explicar la diferencia.</p> <p><i>¿Cuál sería la mejor respuesta?</i></p> <p>a) La miel no tiene importancia alimenticia, mientras que el polen es la única fuente de energía de las abejas. b) La miel y el polen son exactamente iguales, solo que uno es líquido y el otro sólido. c) La miel está hecha de proteínas, y el polen solo contiene agua con azúcar y no es una fuente nutricional significativa. d) La miel es rica en azúcares simples (glucosa y fructosa) gracias a las enzimas de las abejas; el polen es principalmente una fuente de proteínas, vitaminas y minerales.</p>	Del saber	Significación sobre fermentación y algunas características fisicoquímicas de la miel.
7	<p>En un municipio cercano se planea talar parte de un bosque para ampliar la zona de pastos. La comunidad está preocupada por la pérdida de</p>	Del hacer	Asociación y proposición frente

	biodiversidad. <i>¿Qué consecuencias podría traer esta acción para la polinización y la seguridad alimentaria de la región?</i>		a problemáticas contextuales.
8	Si fueras parte de un comité en tu municipio que debe decidir cómo proteger a las abejas, <i>¿qué medidas propondrías para conservar tanto a las abejas nativas como a Apis mellifera? ¿Por qué?</i>	Del hacer	Asociación y proposición frente a problemáticas contextuales.
9	Si tu colegio quisiera implementar un proyecto de conservación relacionado con abejas y biodiversidad, <i>¿qué actividades concretas propondrías y cómo involucrarías a la comunidad?</i>	Del hacer	Asociación y proposición frente a problemáticas contextuales.
10	Después de estudiar este tema, <i>¿qué compromisos personales y colectivos consideras importantes para proteger a las abejas, la biodiversidad y los procesos de fermentación que sustentan la vida?</i>	Del ser	Compromiso y autonomía.
11	Durante la práctica de laboratorio y las actividades en clase, <i>¿qué habilidades personales desarrollaste (como responsabilidad, autonomía, organización del tiempo o manejo de materiales) y cómo contribuyeron a tu propio aprendizaje?</i>	Del ser	Compromiso y autonomía.
12	En los trabajos en equipo y las socializaciones realizadas, <i>¿qué aprendizajes obtuviste sobre la importancia de la colaboración, la escucha activa y el respeto por las ideas de los demás en la construcción de conocimiento colectivo?</i>	Del ser	Colaboración y trabajo en equipo.

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Sesión 1: diagnóstico sobre biodiversidad, abejas nativas y fermentación

A continuación, se presenta la sistematización y el análisis del cuestionario diagnóstico que estaba conformado por once preguntas abiertas y que se aplicó a 26 estudiantes de grado noveno, que en su mayoría tienen 14 años. Para la sistematización de la información recolectada se utilizó el software de análisis cualitativo NVivo, en donde se crean de manera inductiva varias categorías (tabla 13) que permitieron orientar las actividades de forma significativa. En primera instancia, se muestran los temas principales donde cada uno se divide en categorías, que clasificaron las respuestas de los (as) estudiantes. Los principales temas en este caso son, biodiversidad, polinización, características de las abejas y fermentación, cada una de ellas presenta diversos análisis que posibilitaron una mayor cercanía al conocimiento previo de los (as) estudiantes.

Tabla 13

Ejes temáticos y categorías de análisis

Eje temático	Categorías	Referencias
--------------	------------	-------------

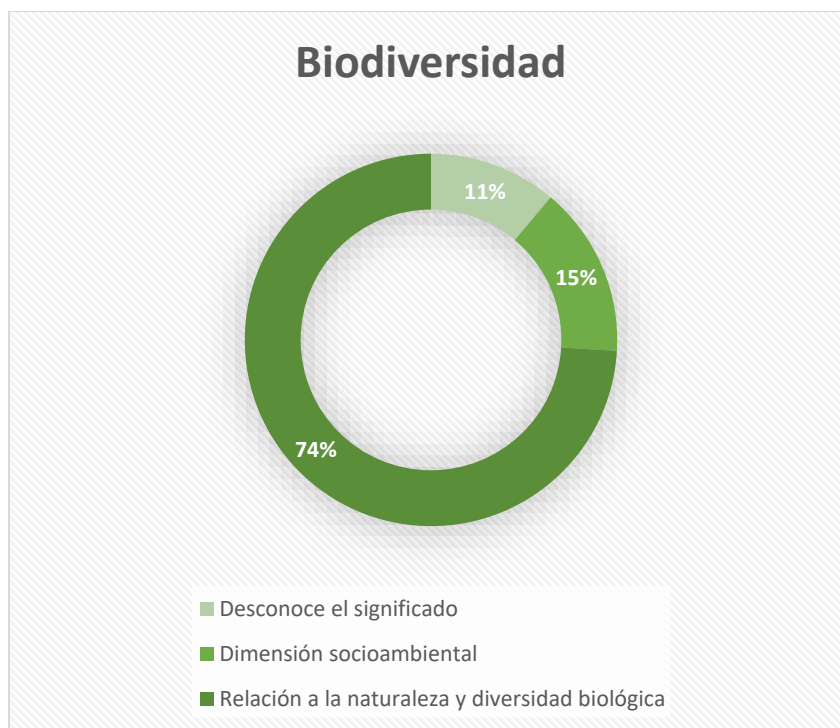
Biodiversidad	Desconoce el significado	3
	Dimensión socioambiental	4
	Relación a la naturaleza y diversidad biológica	20
Polinización	Desconoce el significado	5
	Asociado a la utilidad	3
	Relacionado con procesos de las plantas y animales	19
Características de las abejas	Desconoce el significado	4
	Fisiológicas y ecológicas	17
	Morfológicas	7
Fermentación	Desconoce el significado	6
	Asociado a los productos de consumo	6
	Definición conceptual básica	9
	Asociado a algo vivo	1
	Relacionado con procesos físicos	2
	Cambio en los alimentos	3

Fuente: elaboración propia.

De esta manera, el instrumento permitió evidenciar aspectos como la cercanía que tienen los (as) estudiantes con el significado de biodiversidad, en el cual se encontraron asociaciones con la naturaleza y diversidad biológica (figura 16). Por ejemplo, una estudiante dice: biodiversidad es “lo que está relacionado con animales plantas y otros seres vivos”, otro estudiante también comenta que es “la variedad de vida en la tierra”. Esto evidencia la asociación que tienen entre el significado y la diversidad de especies en los ecosistemas. Por otra parte, se encontró respuestas relacionadas con lo socioambiental, como por ejemplo todo lo que tiene que ver con la diversidad cultural en el planeta y la necesidad de cuidar el medio ambiente. La cual, hace destacar el conocimiento sobre el significado y un acercamiento al sentido de responsabilidad con los ecosistemas. Sin embargo, es pertinente fortalecer aspectos como la importancia de reconocer la biodiversidad a distintas escalas como la genética, de especies y de ecosistemas, permitiendo aportar más elementos para una conceptualización y reflexión sobre la conservación de la biodiversidad.

Figura 16

Significado de biodiversidad de los estudiantes



Nota. Se pueden observar las tres categorías que se obtuvieron de las respuestas de los estudiantes a la pregunta. Escribe qué entiendes por biodiversidad. Fuente: elaboración propia.

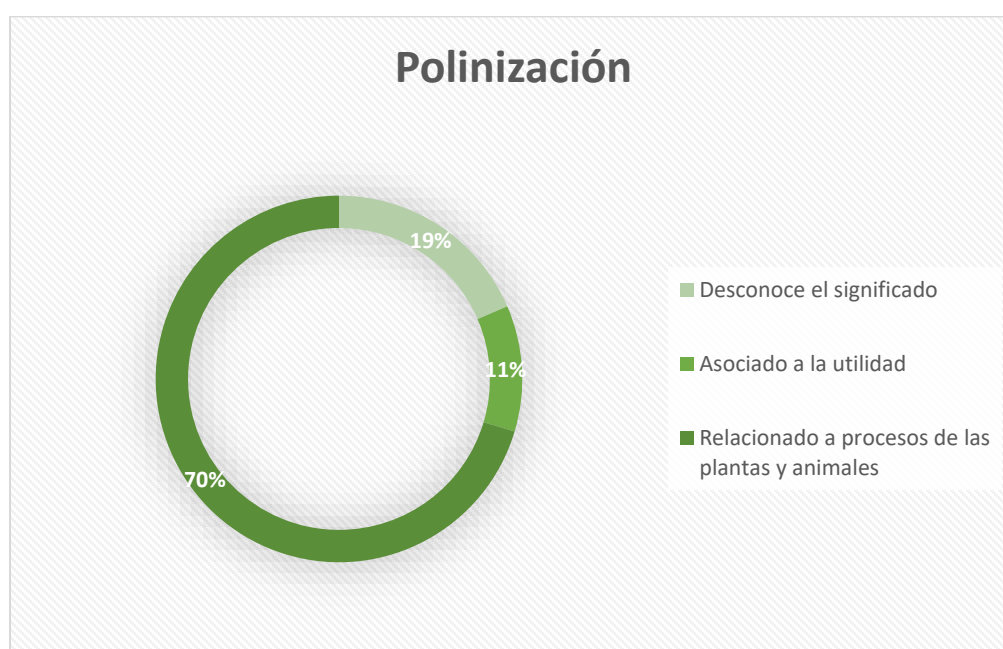
Por otra parte, el análisis de las respuestas del cuestionario diagnóstico con respecto al significado de polinización permitió encontrar tres categorías (figura 17), que fueron: desconoce el significado, significado asociado a la utilidad y un significado relacionado con procesos de las plantas y animales. En la primera, se relacionan aquellos que expresan no conocer el término, en la segunda las respuestas que se centraron en relacionar el significado con fines de utilidad para los humanos, como señala un estudiante “polinización es como algo que se puede sacar de una planta y que se puede hacer como un producto o algo parecido, es importante porque nos puede servir a nosotros” o lo que escribe este estudiante “es importante, ya que gracias a la polinización se puede crear gran variedad de cosas y es muy importante para las plantas”. Observado que relacionan el concepto con aspectos socioeconómicos.

Por otra parte, en la tercera categoría se agrupan estudiantes que mencionan que la polinización está asociada a una interacción entre animales y plantas. Por ejemplo, una estudiante señala que la polinización “es algo que hacen las abejas y es importante para las plantas y las abejas o si no pues no podrían vivir” y otra estudiante dice “es importante porque les aporta beneficios a las plantas y al medio ambiente, es como una especie que se encarga de mantener un ecosistema”

evidenciando una aproximación del significado. También en esta categoría se observó una asociación entre la polinización y las abejas. Esta revisión de categorías permitió establecer una claridad en como orientar el abordaje de este concepto en la secuencia didáctica. Destacando la necesidad de mostrar las distintas formas de polinización, como los tipos de medios en que ocurre y su importancia para el ecosistema.

Figura 17

Conocimientos previos sobre polinización



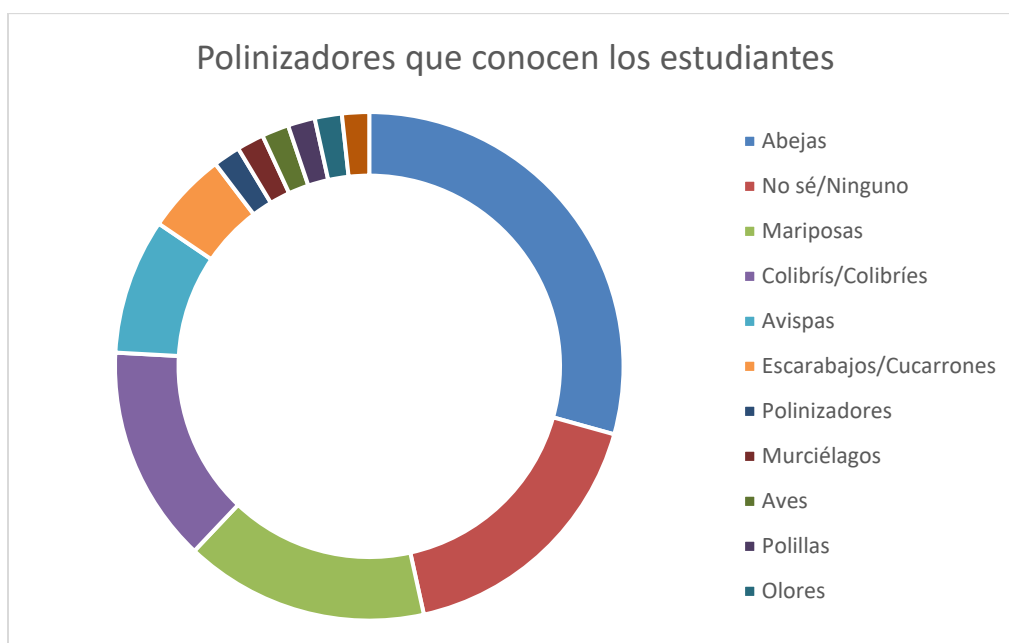
Nota. Se encontró un 70% de los estudiantes con conocimientos cercanos a las interacciones que ocurren en la polinización. Fuente: elaboración propia.

Con respecto a los tipos de polinizadores que reconocen los (as) estudiantes, en la figura 18 se observa que el más distinguido son las abejas, lo que se relaciona con las representaciones más comunes en la sociedad. Además, aparecen también polinizadores como mariposas, colibríes, avispas, aves, murciélagos, escarabajos o cucarrones, esto evidencia que los (as) estudiantes identifican diversos polinizadores, que, aunque en menor medida, representan asociaciones parciales con el entorno.

Por otra parte, se pudo encontrar que varios estudiantes respondieron que no conocen ningún polinizador, o respuestas como la de un estudiante, que señala lo siguiente “no ninguno o si puede ser como los productos que hacen con olores o algo de las flores”, lo que parece representar confusiones en relación con el concepto y asociar la palabra con algún tipo de producto o publicidad. Todo lo anterior, permite tener el punto de partida donde se evidencian factores de la polinización por zoogamia (la que realizan animales) principalmente, pero que se deben reforzar otros tipos como la polinización anemófila (por el viento) e hidrófila (por el agua) y así generar diálogos sobre la importancia de la polinización y orientar los procesos de aprendizaje relacionados con la conservación de la biodiversidad.

Figura 18

Tipos de polinizadores que conocen los (as) estudiantes



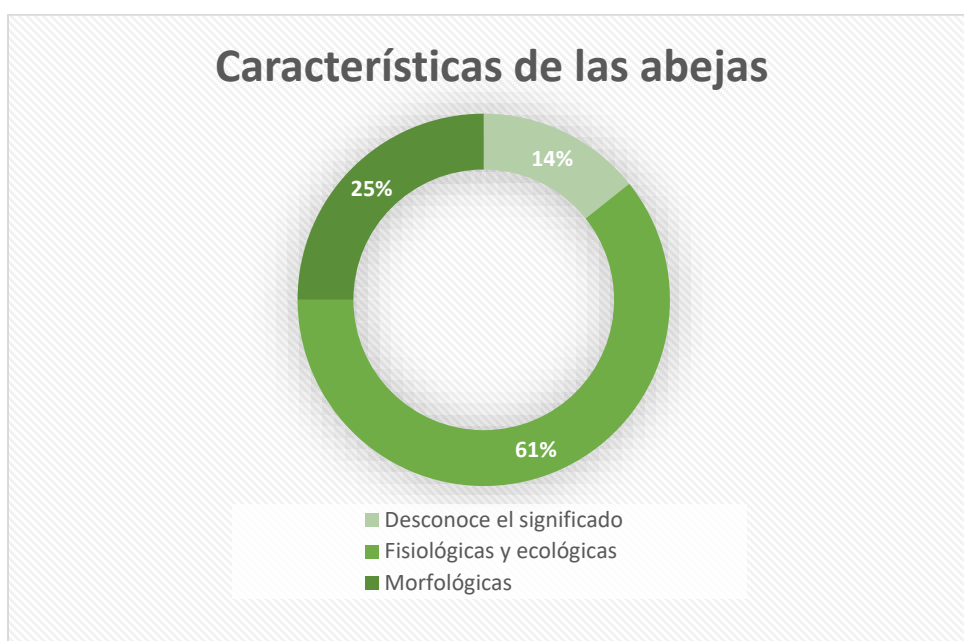
Nota. Es importante señalar el número de estudiantes que señaló no conocer ningún polinizador, puesto que muestra una distancia con la comprensión del concepto y el contexto. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las características de las abejas se encontró que la mayoría de los (as) estudiantes conocen una o varias características, principalmente fisiológicas o ecológicas (gráfica 19), como señalan algunos (as): las abejas son las “que crean miel” o “son las principales polinizadoras y son

las que hacen la miel”. De igual forma, durante esta indagación se evidenció que la mayoría de conocimientos previos fueron relacionados a las abejas con aguijón, como señalan tres estudiantes: las abejas “cuando pican se les desprende el abdomen y mueren” o “producen miel, vuelan, tienen aguijón y pelos” o “son pequeñas, viven en colmenas, salen en grupos y pican”, mostrando conocimientos asociados principalmente de las abejas con aguijón, lo que muestra la necesidad de aproximar a los (as) estudiantes al reconocimiento de las abejas nativas endémicas de la región, incluyendo las abejas sociales y abejas solitarias.

Figura 19

Características de las abejas por los (as) estudiantes



Nota. Se muestran las categorías sobre los conocimientos previos de los (as) estudiantes con respecto a las características de las abejas. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, se analizaron las respuestas relacionadas con abejas y se encontró que los estudiantes relacionan las abejas principalmente con el término de trabajadoras (figura 20), mostrando el conocimiento asociado al comportamiento de las abejas sociales. Por ejemplo, se destacan también los términos de miel, observándose la representación de la importancia de las abejas para la humanidad. De igual forma, se encontraron palabras como polinización, ayudan, animales o extinguen, que muestran esa relación de las abejas con una visión ecológica y sobre las

problemáticas que afrontan por las afectaciones ambientales. Del mismo modo, términos como vida, cuidar, dedicación, buenas, valiosas y esenciales muestran una mirada positiva, resaltando un reconocimiento de las abejas como especies importantes para los ecosistemas. Este análisis permitió estructurar un punto de partida sobre cómo trabajar el aprendizaje asociado a la química de las abejas y sobre cómo abordar la reflexión en torno a su conservación.

Figura 20

Frecuencia de palabras con relación a las abejas



Nota. Las abejas son especies fundamentales para nuestros ecosistemas, esta frecuencia de palabras evidencia la cercanía de los estudiantes con la comprensión del riesgo en el que se encuentran las abejas en la actualidad. Fuente: figura adaptada a partir de NVivo (versión 10).

Por otra parte, se indagó por los productos o servicios ecosistémicos de las abejas que conocen las (os) estudiantes y se encontró que el término más referenciado fue el de miel (figura 21), lo que confirma que es el producto más conocido por los (as) estudiantes. Además, aparecen términos como cera, propóleos, polen, jalea real o veneno, lo que muestra el nivel de reconocimiento de varias sustancias que producen las abejas, aunque es de resaltar que se asocian principalmente a

los productos de especies como *Apis Mellifera*, debido a que productos como la jalea real o el veneno son propias solo de esta especie. También, se referenciaron términos como shampoo, productos comerciales, jarabes, entre otros, que se pueden relacionar a productos fabricados con los componentes que se extraen de las colmenas. Este análisis permite tener claridad en los aspectos a profundizar, como por ejemplo la importancia ecológica y cultural, y los beneficios para el ecosistema que se producen con su conservación.

Figura 21

Frecuencia de palabras con productos de las abejas que reconocen los (as) estudiantes



Nota. Uno de los principales servicios ecosistémicos de las abejas nativas son los de la polinización de diversas plantas agrícolas y de la flora nativa, sin embargo, estos son aspectos por potenciar con los (as) estudiantes, ya que no se vieron reflejados en los análisis. Fuente: figura adaptada a partir de NVivo (versión 10).

Conocimientos previos sobre fermentación

En el análisis que se encontró sobre el eje temático de fermentación, se observaron varias formas de aproximación a este concepto. Se realizó un rastreo de frecuencias de palabras que mostraron algunas importantes como proceso, microorganismos u oxígeno que evidenciaron acercamientos de los estudiantes al concepto (figura 22). De igual manera, se hizo un análisis a las respuestas y se clasificaron en seis categorías (figura 23): una categoría inicial que desconoce el significado y

que agrupó a estudiantes que señalaron no conocer el significado. Este hallazgo evidencia la necesidad de abordar el tema desde una forma introductoria con ejemplos cercanos.

Asimismo, otras respuestas que asociaron el concepto a productos de consumo como alimentos, bebidas u otros, por ejemplo, un estudiante responde: “es algún tipo de material que se usa para hacer gran cantidad de objetos, en pocas palabras es como la materia prima de algunos objetos”, otra estudiante también señala: “cuando uno deja algo una noche antes y eso se fermenta para preparar algunos productos”. Lo cual refleja algunas cercanías al proceso desde la cotidianidad cultural, como expresa un estudiante “algún producto que se hace para dar más alcohol” sin embargo, no se evidencia claridad en cómo ocurre el proceso y las diferencias que tiene cada tipo de fermentación.

Figura 22

Frecuencia de palabras asociadas a los conocimientos previos sobre fermentación



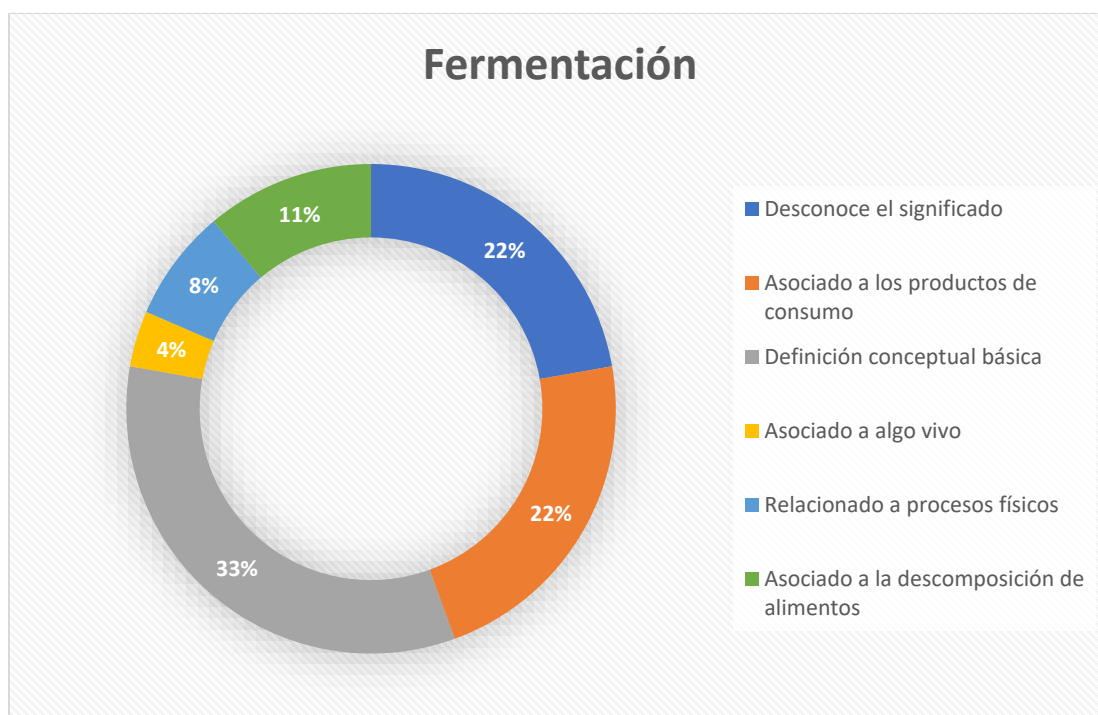
Nota. Se evidencia que las palabras que más asociaron los estudiantes con fermentación fueron: proceso, comida, productos, sustancias, ente otros. Fuente: figura adaptada a partir de NVivo (versión 10).

De igual forma, se encontró una categoría que relaciona la fermentación con cambios de alimentos (figura 23), por ejemplo, un estudiante escribió que la fermentación “es cuando cambia el sabor de la comida” y otra estudiante señala que es “dejar reposar algún tipo de bebida o alimento hasta que tenga un olor fuerte” evidenciando el factor del tiempo en los procesos de fermentación. De la misma manera, otras categorías como la fermentación asociada a algo vivo y relacionado con procesos físicos, mostraron conocimientos asociados a reconocer que en el proceso de fermentación intervienen microorganismos y que en el proceso se producen mezclas de sustancias.

Por otra parte, la categoría que más agrupó estudiantes fue con aquellos que se aproximaron a una definición del concepto, por ejemplo, una estudiante señaló que “es un proceso por el cual se hace alcohol”, otro estudiante escribe “que no requiere oxígeno porque se tiene que tapar para que resulte el compuesto” o “es una forma natural de producir alcohol”. Se evidencia una descripción asociada a un proceso químico y la transformación de sustancias, siendo un punto clave para promover el aprendizaje significativo sobre este concepto.

Figura 23

Conocimientos previos sobre fermentación



Nota. Distintas categorías asociadas al eje de fermentación. Fuente: elaboración propia.

Las categorías mostraron la base para trabajar con el concepto, el cual se hizo desde experiencias concretas y profundizando en la perspectiva bioquímica como lo son los procesos metabólicos y sus implicaciones en especies como las abejas. Por otra parte, en cuanto a los productos asociados a la fermentación, se encontró asociaciones a los productos de consumo (figura 24). Se destacan términos como queso, cerveza, guarapo, yogurt, vinagre o pan, lo que muestra la relación que hacen los (as) estudiantes con productos de la cotidianidad, como los de fermentación alcohólica y de producción artesanal. Es importante señalar que también se encontraron palabras como hongos y bacterias, lo que refleja un acercamiento al reconocimiento de una explicación biológica de la fermentación.

Figura 24

Frecuencia de palabras asociadas a los productos de la fermentación



Nota. Se observan productos de fabricación artesanal como los más conocidos por los estudiantes. Fuente: figura adaptada a partir de NVivo (versión 10).

Por último, la realización del cuestionario indicó en lo que se debía profundizar, como con la biodiversidad asociada a los niveles y relación con la diversidad humana. Con respecto a la polinización, fue importante enfocar los aprendizajes hacia sus tipos de polinización y su importancia ecológica. Asimismo, las actividades se enfocaron en dar a conocer la diversidad de abejas nativas, profundizar en sus características y reconocer prácticas sustentables. Por otra parte, con la indagación se notó que es importante desarrollar con estudiantes acercamientos que permitan comprender los procesos asociados y las transformaciones del néctar en miel y el polen en el alimento proteico de las abejas (pan de abejas) y actividades que permitieran conocer los diferentes tipos de fermentación (con sus microorganismos asociados), sus características, condiciones necesarias para que ocurran, entre otras.

Por último, teniendo en cuenta la triangulación se encontró la necesidad de realizar un acercamiento que conlleve la apropiación de diversas características socioambientales que conocen los estudiantes, con características biológicas, ecológicas y bioquímicas que se pueden fortalecer. Así, se buscó desarrollar experiencias que relacionen el contexto y los aportes que brinda la bioquímica para la apropiación y conservación del entorno.

Sesión 2: características de la biodiversidad y la polinización

Esta sesión se desarrolló desde una mirada que pudiera acercar a los (as) estudiantes a una conceptualización sobre la biodiversidad y la polinización, a la vez que se resaltaba la importancia de su reconocimiento y conservación. De esta manera, en la primera actividad se orientó el diálogo mediante el ejercicio en donde cada estudiante escribía la fruta que le gustaba y debía hacer una reflexión sobre lo que tenía que pasar para que esa fruta llegara a su mesa (figura 25). Durante el diálogo con los (as) estudiantes, se señalaron varios factores para que pudieran obtener la fruta, como dice un estudiante “el maracuyá requiere un clima cálido, suelos drenados y riego adecuado”, asimismo otro estudiante dice: “la manzana tiene que pasar por germinación, plantación, cuidado del árbol, desarrollo de la fruta y finalmente cosecha”, destacando características asociadas a lo ecológico.

De igual manera, durante el desarrollo se expuso sobre la importancia de la polinización para la obtención de las frutas y que, así como cada gusto es distinto (figura 25), cada fruta tiene distintas condiciones y son variadas las formas en que se producen o se obtienen, relacionando

esto con el significado de biodiversidad. Lo que a la vez contribuye con la visión de ciudadanía tipo D de interculturalidad, pues aproxima al reconocimiento de la diversidad cultural. Lo cual se aborda transversalmente en toda la sesión.

Figura 25

Representaciones de los (as) estudiantes sobre diversidad de frutas

Me gusta la kiwi

La fruta es de robótica

Que este bien sembrado que tenga buen cuidado que tenga con clima frío

Por su origen, por sus sabores, por su apariencia, por su consistencia y en la hora de comerla.

Por que hay que algunos frutos son muy sencillos de hacerlos.

Que sea en un lugar plano y frío

Por procedimientos de recolecta, transportacion y tiendas

Esta fruta es de clima frío

Por su facilidad en producirlos

1 Mi fruta favorita es el Melon
2 Es de clima fría
3 Las condiciones es que el clima sea frío
4 Por muchos procedimientos
5 Por su costo y facilidad de conseguir

1 Mi fruta favorita Guanabana
2 La Guanabana es de clima templado
3 Las condiciones principales son de que tienen que estar en clima templado, tiene que tener buen cuidado, deben tener buen abono
4 Primero la guanabana tiene que producirse luego la vende al mercado, y nosotros la compramos, o también nacer en la finca de mi papa.
5 En el mercado siempre hay unas frutas porque son las que mas se producen en el lugar y también es muy común en los gustos de las personas.

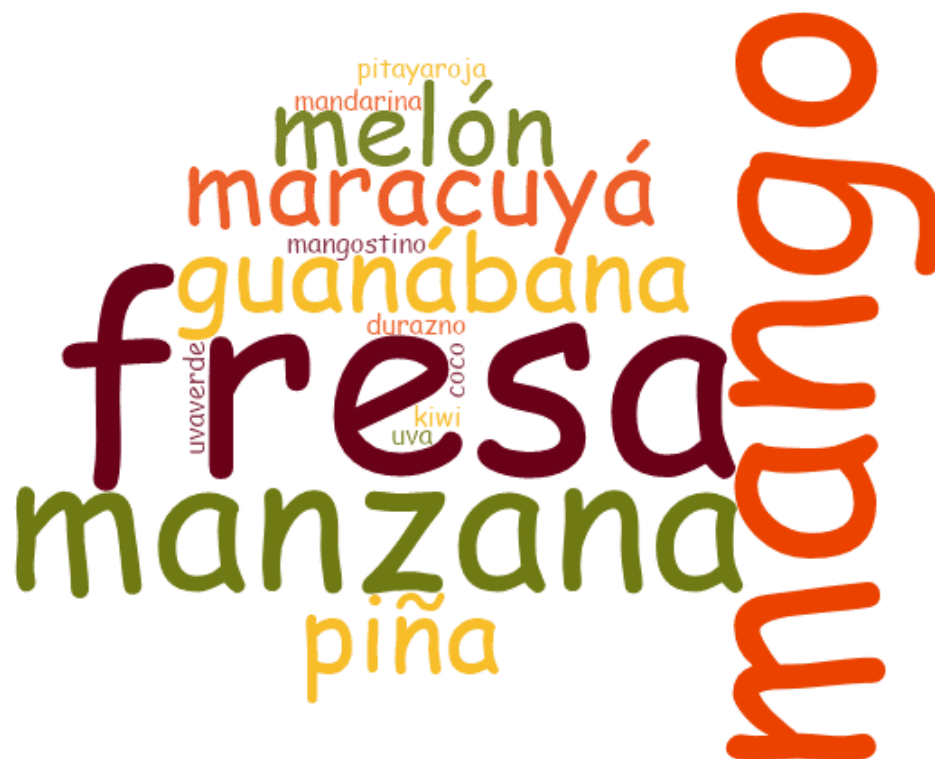
Nota. Para esta creación individual los (as) estudiantes tuvieron en cuenta la descripción de la fruta que les gusta teniendo en cuenta las siguientes preguntas orientadoras: ¿Cuál es a fruta qué más me gusta? ¿De dónde es esta fruta? ¿Condiciones para que se dé la fruta? ¿Por qué tiene que pasar esta fruta para que llegue a mi mesa? ¿Por qué en el mercado predominan solo cierto tipo de frutas? (Se muestran cuatro creaciones como ejemplo realizadas por cuatro estudiantes).

En esta actividad fue evidente la relación que tiene la polinización con la alimentación, además de varias situaciones que se deben tener en cuenta para la conservación de la biodiversidad, puesto que como un estudiante expuso: “se necesitan procedimientos como la fumigación para evitar insectos que se las coman” además otra estudiante también dijo: “para que llegue a nuestra mesa las frutas deben de pasar por un transporte y distribución”. Este tipo de respuestas orientó la

reflexión hacia factores como el uso de productos químicos en diversos monocultivos tradicionales y la necesidad de conocer sobre la biodiversidad local. Por tal razón, mediante imágenes se mostraron varias frutas endémicas de Colombia y que eran poco conocidas para los (as) estudiantes. Haciendo también un diálogo sobre el porqué predominan solo cierto tipo de frutas en el mercado, a lo que una estudiante respondió: “porque no todas las frutas tienen el mismo favoritismo por los clientes, y los mercados deben tener ganancias, no pérdidas”. Lo que evidencia también un análisis crítico de los (as) estudiantes frente a las necesidades y dinámicas locales.

Figura 26

Ejemplo de diversidad con las frutas preferidas de los estudiantes



Nota. Se destaca que muchos señalaron que sus frutas favoritas se producían en una finca cercana o en su finca, como el mango, la guanábana o la piña. Demostrando la cercanía que tienen algunos (as) estudiantes con algunos productos que consumen y que se producen en su región. Fuente: figura adaptada a partir de NVivo (versión 10).

Posteriormente en forma grupal se trabajaron los niveles de biodiversidad: genética, especies y ecosistemas. Así como su concepto que se refiere a:

La variabilidad de la vida y a los ecosistemas, constituye el capital social natural de las naciones. La biodiversidad incluye tanto los ecosistemas terrestres como los acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, así como la diversidad entre las especies y dentro de cada especie. (Gallego, 2011, p.7)

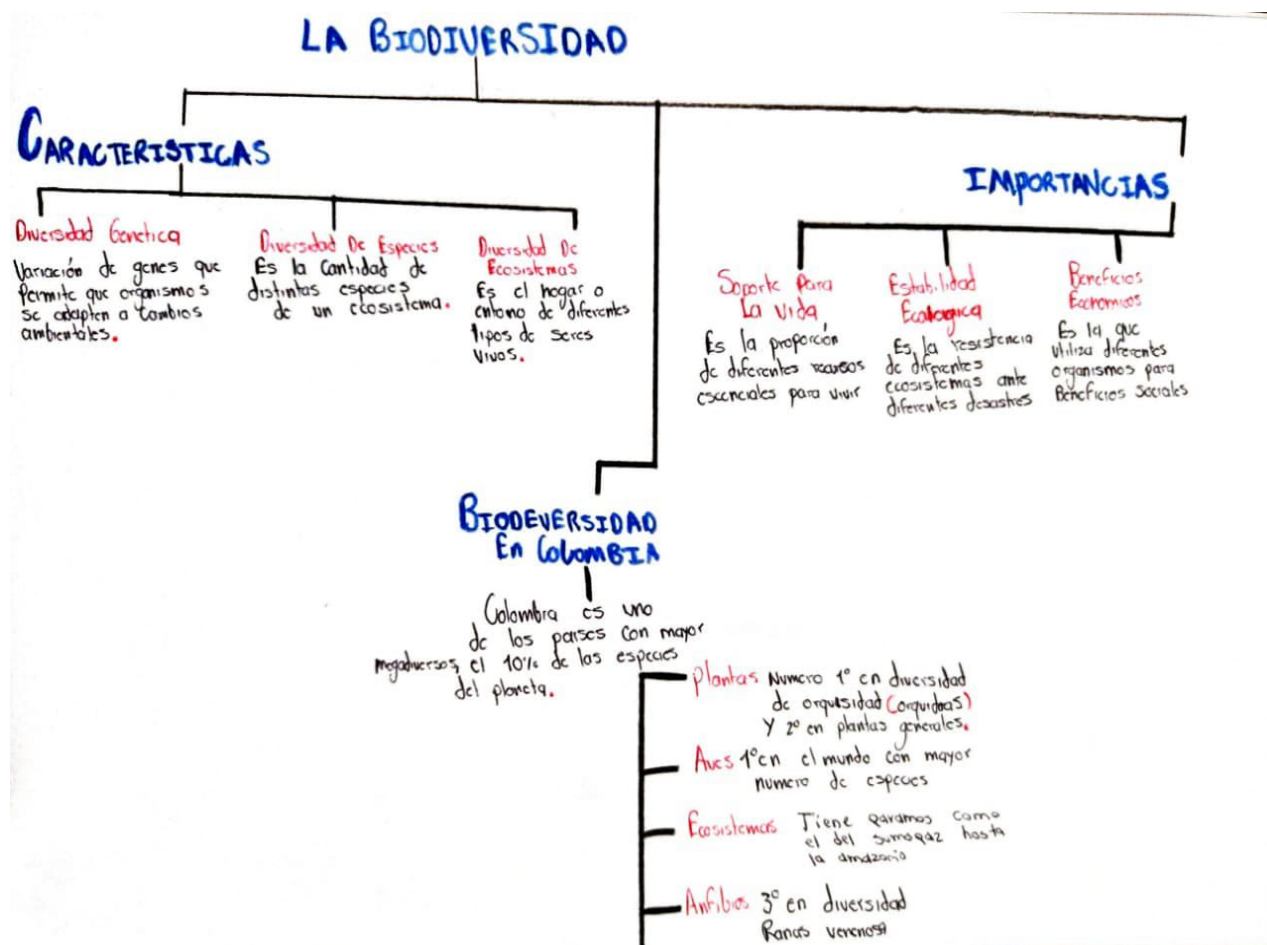
Lo cual, integra la relación entre los ecosistemas y la humanidad, dando lugar a diversidad de culturas según el lugar donde habitan. Asimismo, hace referencia a la importancia de mantener una diversidad a nivel genético, que hace referencia a la variación de genes dentro de una especie y que la faculta para los procesos adaptativos. La diversidad de especies hace referencia a la variedad de especies que habitan una ecorregión, mientras que la biodiversidad ecosistémica se relaciona con la variedad de ecosistemas en una región biogeográfica y las interacciones ecológicas.

Estos significados se trabajaron con los estudiantes, para lo cual se conformaron grupos de 5 estudiantes, se optó por hacerlo de manera voluntaria, debido a que mediante indagación con docentes titulares y de los mismos estudiantes, se resaltó que ya tenían formas organizadas de trabajo. Así, cada grupo socializaba y discutía internamente sobre las características de la biodiversidad y luego se socializó y retroalimentó de una forma general con todo el curso. Así se introdujeron los niveles de genética, de especies y de ecosistemas. Facultando el diálogo de los estudiantes y donde pudieron identificar ejemplos a partir del conocimiento de su entorno. El uso del material visual inicial y lo discutido permitió que los (as) estudiantes construyeran significados sobre el concepto y la importancia de la biodiversidad.

Lo cual es un ejemplo de cómo las actividades en el aula permiten interacciones que posibilitan la participación y de esta manera se puede acercar al aprendizaje de conceptos científicos (Ausubel, 1983). Por último, los (as) estudiantes realizaron un mapa conceptual con los apuntes e información brindada durante la revisión interna de cada grupo y lo discutido durante la sesión (para lo cual se les había indicado al inicio de la sesión que tuvieran en cuenta información importante para ubicar en un mapa conceptual, al igual que se aclaró las maneras de construir estos), demostrando la apropiación de lo trabajado (ejemplo en figura 27). Resaltando la biodiversidad existente en un país como Colombia y en los sectores donde habitan los (as) estudiantes y su importancia para la conservación.

Figura 27

Mapa conceptual sobre biodiversidad realizado por estudiantes



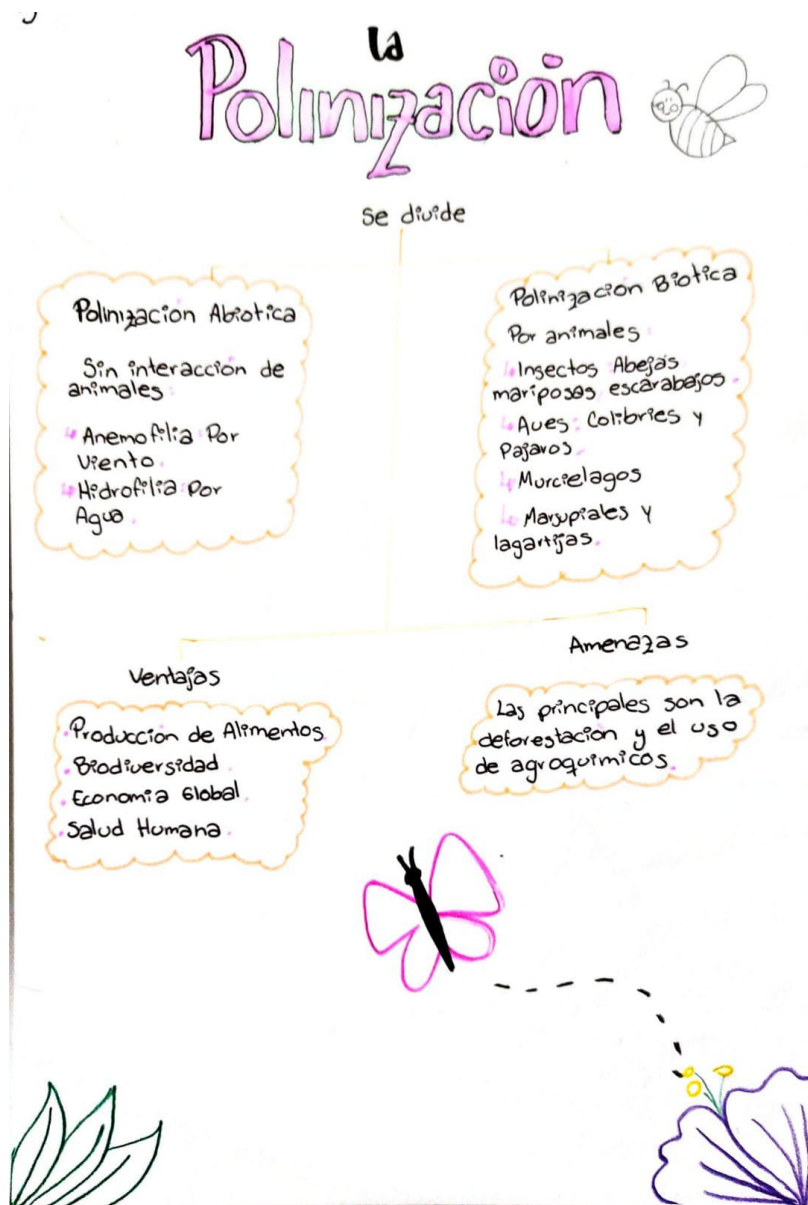
Nota. Este es un ejemplo de los mapas realizados por las (os) estudiantes, se destaca que señalan los distintos niveles de biodiversidad, la importa de esta para mantener las relaciones ecológicas y la gran biodiversidad que tienen Colombia como en aves, anfibios, plantas, ecosistemas, etc.

Por otra parte, profundizando sobre el concepto de polinización, las (os) estudiantes identificaron el proceso como un paso fundamental e indispensable para la reproducción de muchas plantas, lo mismo que para la producción de alimentos. Asimismo, se profundizó en las partes de las plantas que participan en el proceso, como los estambres (parte masculina que produce el polen) y los pistilos (estructura femenina que recibe el polen para la posterior formación de la semilla) en las flores. De igual manera, se abordó la diversidad de agentes polinizadores, como cuando es realizado por animales o por agentes abióticos como el viento o el agua y su importancia para la

conservación de la biodiversidad (figuras 28 y 29). De esta forma, las discusiones en la sesión posibilitaron reflexiones sobre la importancia de cuidar los polinizadores para el mantenimiento de la biodiversidad y se evidenciaron algunas problemáticas que los ponen en riesgo (lo cual se retoma al final de este apartado), de igual forma que a la soberanía alimentaria.

Figura 28

Representación realizada por estudiantes sobre las características de la polinización



Nota. Se evidencia como señalan los tipos de polinización, incluyendo los abióticos, los cuales no se evidenciaron en el cuestionario diagnóstico y representan una apropiación sobre el concepto. Además, señalan una variedad de animales polinizadores y asocian el uso de agroquímicos a las problemáticas que pueden sufrir estos agentes polinizadores bióticos.

Figura 29

Mapa conceptual realizado por estudiantes sobre las características de la polinización



Nota. Este mapa conceptual se utilizó como instrumento para evaluar los aprendizajes sobre la polinización, se evidencia como señalan las diferentes maneras en que ocurre la polinización, su importancia y los polinizadores de Colombia (incluyendo en este caso las abejas nativas).

Por otra parte, durante el desarrollo de la sesión se hicieron distintas reflexiones en torno al cuidado y la conservación del ecosistema. Así, identificaron de manera reiterada la deforestación como el principal factor que afecta la biodiversidad en la región, de la misma manera que señalan la caza como otro factor de gran incidencia para la diversidad biológica (figura 30). Otros factores discutidos fueron la minería ilegal y el impacto que genera la ganadería, por ejemplo, un grupo dijo: “el ganado puede ser una de las principales presiones ambientales, ya que dañan los bosques para los pastales” mientras que otro señaló “la deforestación, minería ilegal, [y la] contaminación representan amenazas directas”. Este ejercicio permitió identificar que las (os) estudiantes son conscientes de las problemáticas ambientales que afectan los ecosistemas y que actividades como la meliponicultura pueden salvaguardar los ecosistemas, lo cual se relaciona con el objetivo de

generar reflexiones con los (as) estudiantes en torno a la conservación de la biodiversidad y con una construcción de ciudadanía tipo E, pues las reflexiones atendieron a la necesidad de generar grandes cambios en las dinámicas rurales actuales.

Figura 30

Afectaciones de la biodiversidad en la región



Nota. Nube de palabras construida en NVivo a partir de las respuestas a la pregunta ¿qué presiones afectan la biodiversidad de tu región o municipio? Se evidencia que los estudiantes identifican varios factores que afectan los ecosistemas, siendo los más destacados la deforestación y la caza. Fuente: figura adaptada a partir de NVivo (versión 10).

Asimismo, dando cumplimiento al tercer objetivo sobre hacer reflexiones sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad, se abordó en la discusión con los (as) estudiantes temas asociados a su visión sobre la naturaleza y si ven la como sujeto de derechos. En ese sentido, la mayoría de las (os) estudiantes respondieron afirmativamente, por ejemplo, un grupo señaló: “la naturaleza también tiene derechos porque tenemos que respetarla y cuidarla para poder reservarla y que nos dé buena alimentación para poder sobrevivir”. Otros (as) estudiantes abordaron el compromiso que se tiene con el cuidado de la naturaleza, así un grupo expresó “tenemos el deber de cuidarla y ella nos cuida a nosotros con sus ayudas”, evidenciando un entendimiento de la estrecha relación entre ellos (as) y la diversidad biológica. Asimismo, los planteamientos

discutidos con los (as) estudiantes se relacionan con lo que dice Gudynas (2014) al señalar que se debe reconocer la naturaleza como sujeto de derechos para lograr un enfoque de conservación coherente, con una visión de corresponsabilidad.

Por último, en relación con el indicador para esta sesión (relacionamiento conceptual entre biodiversidad, polinización y conservación) y que hace parte del dominio del saber. Se evidencia que las actividades realizadas contribuyeron a que las (os) estudiantes reconocieran que la diversidad biológica está presente en distintos niveles y que para la conservación de esta es de vital importancia conocer sobre el proceso de polinización. Asimismo, para mantener la producción de alimentos y conservar los sistemas ecológicos, se deben preservar la diversidad de polinizadores. Esta sesión muestra la importancia de abordar las temáticas desde los conocimientos previos para que sean puntos de anclaje en la construcción de aprendizajes significativos (Ausubel, 1983) y que en esta sesión se presenta la biodiversidad como ese sistema que requiere conservación y corresponsabilidad para garantizar la vida en todos los niveles.

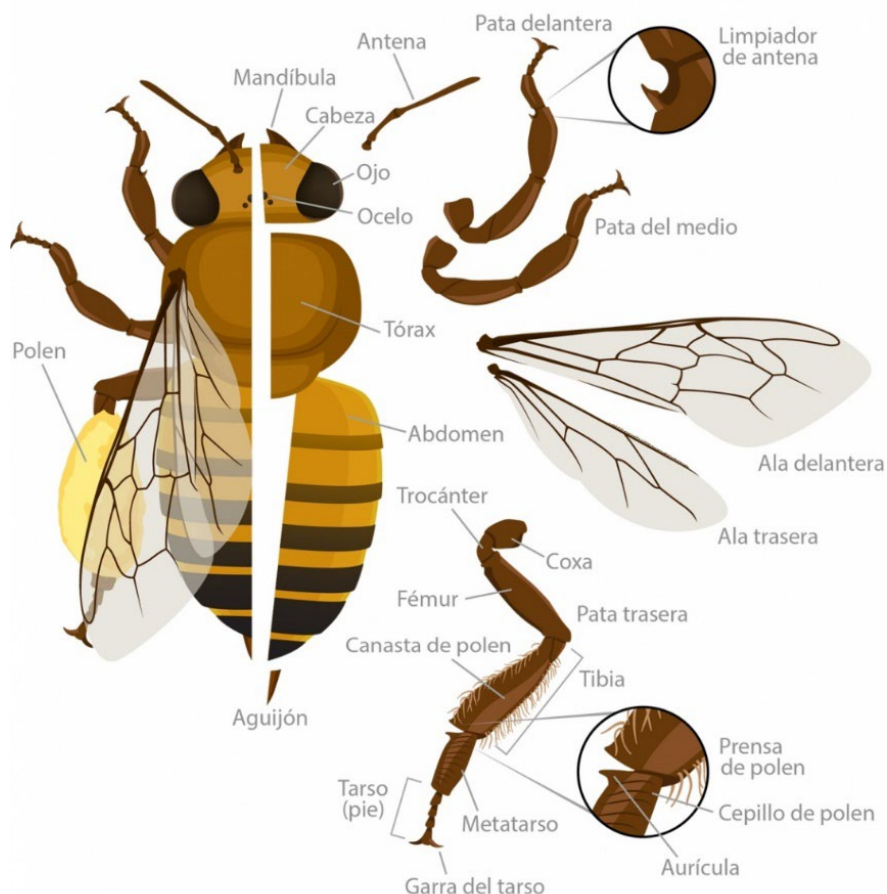
Sesión 3: biología y diversidad de abejas

Esta sesión se enfocó en trabajar los distintos aspectos biológicos de las abejas y su diversidad. En la primera parte, se introdujo al tema haciendo diversas preguntas sobre las abejas (ejemplo: ¿Todas las abejas pican? ¿Todas las abejas son sociales? Sirviendo esta dinámica también para hablar un poco de lo que es la meliponicultura. De esta manera, se encontró, al igual que en el cuestionario diagnóstico, que la mayoría de las (os) estudiantes asociaba el concepto estrechamente con las características de la abeja *Apis mellifera*, (por ejemplo: que todas las abejas tienen aguijón, que son netamente sociales o que todas producen miel).

A partir de esto, se hizo una retroalimentación explicando las características morfológicas de las abejas (figura 31) y que para su clasificación se tienen en cuenta la estructura de sus alas (dos pares (anteriores y posteriores), glosa o lengua alargada para libar néctar, presencia de corbículas (para transportar polen y otros), cuerpo con pelos que facilita la recolección de polen en la mayoría, dos ojos compuestos laterales y tres ocelos u ojos simples en la parte superior de la cabeza, que algunas presentan aguijón y que otras no (como las de la Tribu *Meliponini*), el ciclo de vida de las abejas, entre otras características. Se resalta que para mostrar sus características se utilizaron imágenes y una figura en 3D que los estudiantes podían observar detalladamente.

Figura 31

Estructura de una abeja



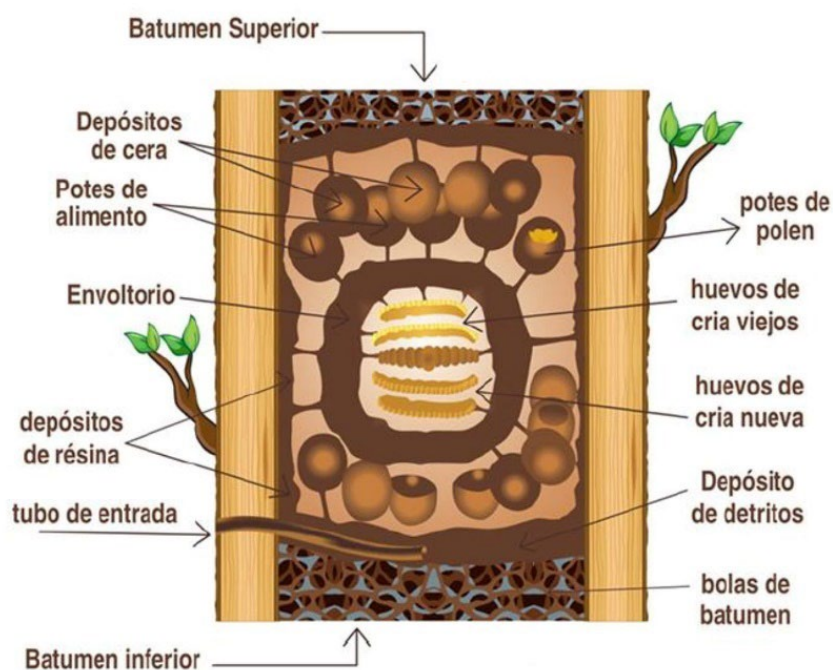
Nota. Se resalta que con los (as) estudiantes fue útil trabajar desde la división del cuerpo entre cabeza, tórax y abdomen, a partir de estos se explicó las partes más características de las abejas. Fuente: Arizona State University (2018).

De esta manera, a pesar de esas características tan específicas de las abejas, estas cuentan con una gran diversidad, siendo descritas más de veinte mil especies en el mundo. De esta manera, se resalta por ejemplo abejas según sus formas de vida: como las solitarias (abejas que no forman colmena), abejas eusociales (con pequeñas organizaciones de abejas) y abejas sociales (una alta organización con un número alto de abejas). Dentro de estas últimas se encuentran las abejas melíferas como *Apis mellifera* o las abejas de la tribu *Meliponini* (ANSA). Se explicaron algunas características entre estas la producción de cera por las glándulas cereras, la acción enzimática para la producción de miel, la fermentación del polen, diferentes formas de alimentación larval (jalea

real en *Apis mellifera* y pan de abejas diluido en miel en las ANSA), entre otras y se profundizó en las características de las abejas nativas, como su gran diversidad de tamaños (que puede variar considerablemente dependiendo la especie), comportamientos o formas de nidos. Por ejemplo, dependiendo de la especie pueden ubicar sus nidos en: troncos (en árboles vivos o secos, son las más comunes en las prácticas de meliponicultura, figura 32), directamente en el suelo, expuestos en ramas u otros lugares (cubriendo el exterior con propóleos), en estructuras artificiales (como casas, quioscos, solares, etc.), entre otras.

Figura 32

Ejemplo de estructura de colmena ANSA al interior de un árbol



Nota. Se observan las distintas partes de la colmena y su distribución, se aclara que no utiliza todo el diámetro del árbol, en la mayoría la distribución de los nidos va a variar según: la parte del árbol donde se encuentre, orientación de crecimiento del tronco, exposición de los discos de cría al frío, entre otras. Fuente: Perea y Mosquera (2019, p. 9).

De esta manera, durante la sesión las (os) estudiantes en grupos trabajaron la elaboración de fichas infográficas sobre algunos de los géneros más representativos en el municipio y en la región

(ejemplos en figuras 33, 34 y 35). Estos géneros fueron: *Scaptotrigona*, *Nannotrigona*, *Paratrigona*, *Tetragonisca angustula* y *Partamona*. Durante la realización de las infografías se habló de cada una de las abejas en cada grupo, posteriormente se hizo una socialización general. Los estudiantes destacan en las creaciones características como la relación que tienen las abejas con las plantas que visitan, mecanismos de defensa en algunas, características morfológicas, nombres comunes, entre otras.

Figura 33

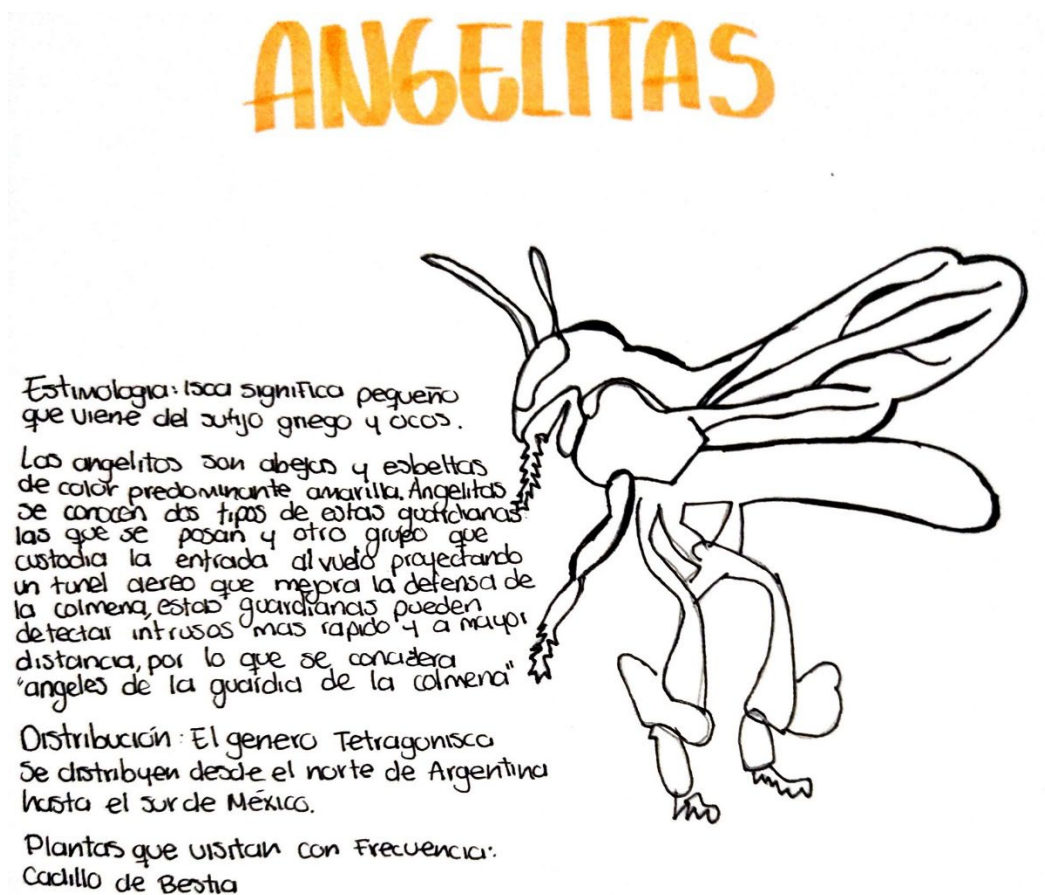
Infografía realizada por estudiantes sobre *Scaptotrigona magdalenae*



Nota. También en la región como enreda pelo, son abejas bastante conocidas por los campesinos (as), ya que suelen ser defensivas si se les molesta. Se utilizan también en las prácticas de meliponicultura, producen miel y propóleos de gran valor para la medicina ancestral. Fuente: información de la infografía adaptada de Salazar y Campusano (2024).

Figura 34

*Infografía realizada por estudiantes sobre *Tetragonisca angustula**



Nota. La abeja angelita es una de las especies más conocidas y utilizadas en la meliponicultura. Esta es una especie de abeja muy adaptable a las cajas modulares y a las revisiones por parte de los (as) meliponicultores. En temporadas de alta floración suelen recoger altas reservas de alimento, lo que permite que se hagan cosechas de miel, la cual tradicionalmente es reconocida y valorada por sus propiedades medicinales. Fuente: información de la infografía adaptada de Salazar y Campusano (2024).

El trabajo por grupos reflejó el esfuerzo de los (as) estudiantes por detallar de manera clara y creativa la información que querían presentar, lo que facilitó la apropiación al acercamiento de una

muestra de esa diversidad de abejas. Por lo cual, las infografías constituyeron un apropiado instrumento de evaluación, ya que permitieron evidenciar los aprendizajes sobre características y diversidad de abejas. Esto se relaciona con lo planteado por Ausubel (1983) al señalar que la organización de la información de manera gráfica aproxima al aprendizaje significativo. Asimismo, el ejercicio reforzó habilidades de síntesis y comunicación, además de estimular la creatividad, mostrando que las metodologías grupales y participativas posibilitan el acercamiento de los (as) estudiantes con este tipo de temáticas.

Figura 35

Infografía realizada por estudiantes sobre Paratrigona rinconi



Nota. Especies de este género suelen ser utilizada para la meliponicultura en distintas regiones, incluyendo algunos meliponicultores (as) de Vianí y Bituima, son excelentes polinizadores de cultivos como el café.

Fuente: información de la infografía adaptada de Salazar y Campusano (2024).

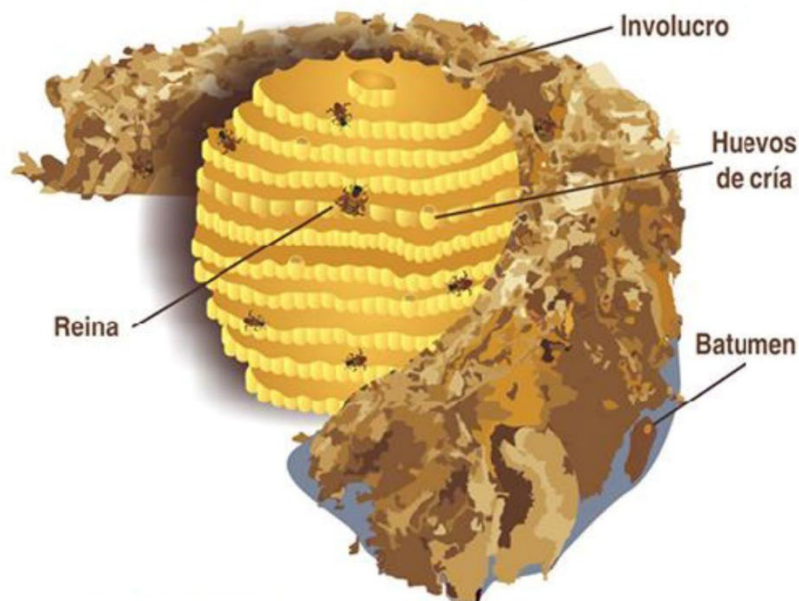
Por último, con respecto al indicador del aprendizaje significativo para esta sesión, relacionado con distinguir algunas características de la biología y de la diversidad de las abejas. Se puede establecer, mediante las discusiones realizadas y lo que plasmaron los (as) estudiantes en las infografías, que ocurrió una profundización de esos aspectos morfológicos, además de los que ya conocían y que fueron identificados en el cuestionario diagnóstico. Se encontró que identificaron más características asociadas a la distribución, relaciones ecológicas, partes internas de las abejas, entre otras. Asimismo, se trabajó una muestra pequeña de la diversidad de abejas de la región, conllevando que los (as) estudiantes construyeran relaciones con la importancia de estas en su ecosistema. Para finalizar, teniendo en cuenta que la diversidad de abejas es muy amplia y se requerirían varias sesiones para su reconocimiento, el indicador planteado para esta sesión fue distinguir sus principales características, reconocer su diversidad y algunas de sus interacciones, por lo cual se cumplió el objetivo en la sesión.

Sesión 4: acercamiento a la meliponicultura

En esta sesión los (as) estudiantes reconocieron las prácticas de meliponicultura, para esto se realizó una exposición con ayuda de varias cajas modulares de abejas nativas y un núcleo de paso de *Apis mellifera* (esto con el objetivo de notar diferencias y características entre la apicultura y la meliponicultura), se explicaron algunas diferencias biológicas y por consiguiente diferencias de las prácticas entre estas especies. Por ejemplo, la disposición de los discos de crías en forma horizontal de las abejas nativas (figura 36), y por esta razón las cajas son secciones horizontales, mientras que en la apicultura se realiza con cuadros verticales. De esta manera, en esta sesión se retomaron las características trabajadas en la sesión anterior y se asociaron a las prácticas con las abejas, lo cual permitió que los (as) estudiantes apropiaran de manera significativa esas características, como el número de individuos por colmenas, siendo menor en colmenas de la tribu *Meliponini* (y que este número también va a depender de la especie de ANSA).

Figura 36

Vista interior de una colmena de abejas ANSA



Nota. Se observa la estructura interna del nido de una especie de abeja nativa (ANSA), donde la disposición de los discos de cría es en forma horizontal, estos están rodeados de involucro (cerumen, mezcla de cera y resinas vegetales con textura flexible) y las partes exteriores de batumen (mezclas de cera, resinas, aceites, tierra/polvo con una textura más rígida y quebradiza). Se aclara que hay otros tipos de disposición de celdas de crías en ANSA, dependiendo de la especie. Fuente: Perea y Mosquera (2019. p.10).

Otro de los temas abordados fue sobre los lugares en donde se ubican las reservas de alimentos (en ánforas o potes en las ANSA y en las celdas similares para las crías, en el caso de las *Apis mellifera*). Esto permitió acercar a los (as) estudiantes a esas prácticas tradicionales sobre el manejo de abejas, donde siempre se resalta una mirada crítica sobre la importancia de conservarlas en beneficio de la biodiversidad. Lo cual, se relaciona con lo que señala Toledo y Barrera (2008) donde es fundamental que los saberes locales sean integrados con los conocimientos científicos, con el fin de fortalecer propuestas sustentables, que como en este caso representa el conocimiento biológico y químico de las abejas, en relación con prácticas que se han desarrollado tradicionalmente en distintas regiones de Latinoamérica. A su vez esto se relaciona con la tipología de ciudadanía tipo E, pues la meliponicultura como una práctica agroecológica recoge saberes ancestrales y rompe la estructura de las dinámicas sociales utilitaristas que predominan actualmente.

Además, durante la sesión se realizó un taller práctico en donde las (os) estudiantes revisaron, observaron y manipularon las cajas de abejas nativas, las cuales tuvieron colonias de abejas angelitas (*Tetragonisca angustula*) que fueron abandonadas por diferentes razones (como ataques de abejas *Lestrimelitta* y altas temperaturas). De esta manera, cada grupo abrió y revisó cómo son al interior las colmenas, identificando diversas partes de la estructura (figura 37), como la entrada (piquera) y como esta es impregnada por feromonas para que las abejas se orienten, el involucro, los discos de cría (en algunas cajas donde aún se conservaban), las ánforas o almacenes de alimento (puesto que se encontraban vacías y en algunos grupos aun con polen), las zonas de detritos (donde las abejas acumulan residuos) o las trampas para insectos intrusos (que está formada por resinas y aceites, lo que la hace muy pegajosa). De igual forma, la actividad permitió que los (as) estudiantes observaran y palparan diferentes productos de la colmena como la cera (materia principal dentro de la colmena con el cual se construyen los discos de cría, las ánforas, el involucro para mantener la temperatura, conductos, entre otros), propóleo (usado para sellar y evitar patógenos dentro de la colmena) y polen (el alimento proteico de las abejas).

Figura 37

Cajas trabajadas durante la sesión con los (as) estudiantes



Nota. A la izquierda se observa el núcleo de *Apis mellifera*, a la derecha cinco cajas modulares que contenían componentes de las colmenas de abejas nativas. Fotografía tomada por el autor (2025).

Asimismo, durante la actividad, mediante el diálogo se aproximó a los (as) estudiantes a información sobre las condiciones que tienen las colmenas como la temperatura (que internamente tiene que ser constante alrededor de los 34 grados Celsius), el aislamiento de la humedad, las aberturas para el intercambio de gases, los sitios de drenaje al fondo de la caja, entre otras. De esta manera, la actividad permitió evidenciar la relación entre las características biológicas de las abejas, los productos de colmena, algunos factores ecológicos y su importancia para la conservación. Siendo la experiencia práctica y contextualizada, lo que facilita la apropiación de conocimientos científicos (Fourez, 1997), donde observar detalladamente generó curiosidad y motivación, lo que facultó el surgimiento de preguntas que posibilitaron el diálogo durante la sesión.

Además, durante la sesión los (as) estudiantes tuvieron la oportunidad de probar cuatro tipos de mieles diferentes, incluyendo una miel de *Tetragonisca angustula* del municipio de Vianí (perteneciente a las ANSA) y tres mieles de *Apis mellifera*: una del municipio de Vianí, otra del departamento del Caquetá y otra del departamento de Santander. Esta última, una miel conocida como mielato de roble, la cual es una miel que se produce en bosques de robles y donde las abejas recogen la savia (que queda liberada por insectos chupadores como *Stigmacoccus asper*) de la corteza de árboles de roble (*Quercus humboldtii*) y la mezclan en todo el proceso de la elaboración de la miel (Campo Colombia, 2024). Esto permitió evidenciar la diversidad de mieles y propiedades según los lugares de origen, las plantas visitadas y las especies de abejas. Se encontró que ningún estudiante había probado miel de la abeja nativa y tampoco conocían sobre el mielato de roble.

En cuanto a los gustos de los (as) estudiantes, se encontraron diversos comentarios, donde la miel que más prefirieron fue la del Caquetá, por ejemplo, esto señaló una estudiante sobre esta parte de la sesión: “probamos 4 tipos diferentes de miel el que más nos gustó fue la de Caquetá porque tiene un sabor muy agradable para el paladar y la que menos nos gustó fue la miel de nativa por su textura y sabor”. Sin embargo, algunos (as) estudiantes señalaron que la miel de *Tetragonisca angustula* fue su preferida, porque era muy “diferente a la tradicional y que además no era tan intensa o empalagosa”. Esta parte de la sesión aproximó a los (as) estudiantes al reconocimiento de las distintas características que puede llegar a tener la miel y como esta es una muestra del ecosistema donde se produce, siendo un claro ejemplo de la biodiversidad.

Por otra parte, con el propósito de generar un espacio para acercarse a la meliponicultura que perdure en la institución, se gestionó la construcción de un meliponario (figura 38). Lo cual, involucró el alistamiento de material, como lo fue la cosecha y preparación de guadua, compra de materiales como tejas, tablas, amarres, laca, entre otros. Asimismo, se hizo la evaluación sobre el espacio que tiene la institución para la instalación del meliponario, para lo cual se hizo un reconocimiento del entorno y se hizo una revisión satelital, encontrando un área suficiente de bosque y zonas verdes para que las abejas encuentren su alimento. De igual forma, se pidió asesoría a profesionales de meliponicultura pertenecientes a la compañía Campo Colombia, quienes apoyaron el proyecto mediante la donación de las colmenas de abejas nativas entregadas a la institución. Estas abejas fueron obtenidas a través de dispositivos atrayentes en una finca en el municipio de Vianí, Cundinamarca, muy cerca de la institución educativa, por lo cual su traslado no implicó ningún riesgo para las colmenas.

Figura 38

Adecuación del meliponario



Preparación del terreno.



Meliponario construido.

Nota. Se realizó un meliponario de 250 cm de frente, 200 cm de ancho y 190 cm de altura. Fotografías tomadas por el autor (2025).

De este modo, se llevaron cuatro colmenas de abejas nativas, dos colmenas del género *Plebeia*, una del género *Paratrigona* y una colmena de la especie *Tetragonisca angustula* (figura 39). Estas

especies no representan ningún riesgo para los (as) estudiantes, además se ubicaron en un sitio poco transcurrido del colegio. Esto permitió, que los (as) estudiantes participantes del proyecto conocieran más de cerca las características de estas abejas, como el tamaño, la entrada de la colmena (piquera), entre otros. Siendo de gran importancia para el aprendizaje significativo de las temáticas vistas y el objetivo de generar reflexiones sobre el cuidado de estos polinizadores.

Figura 39

Meliponario con abejas nativas en la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara



Nota. De izquierda a derecha: *Tetragonisca angustula*, *Paratrigona*, *Plebeia* 1 y *Plebeia* 2. Fotografía tomada por el autor (2025).

Por otra parte, se aprovecha este apartado para presentar la participación en la feria de la ciencia de la Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara, en la cual se hizo una exposición por parte de tres estudiantes del grado noveno (figura 40). Donde se socializó varias de las temáticas que se desarrollaron en las actividades de la secuencia didáctica. El stand del proyecto se dividió en tres partes, una parte enfocada en dar a conocer la diversidad de abejas y características de las abejas nativas (esta parte con ayuda de infografías), una segunda exponiendo distintos tipos de mieles (se contó con una infografía que mostraba claramente los cambios del néctar a miel) y como se produce. Se contó con diferentes muestras de miel de especies distintas, propóleo y pan de abejas hecho en la práctica de laboratorio (la cual se detalla más adelante), además se expusieron algunas características de las abejas *Apis mellifera* con ayuda de una caja tecnificada. En la tercera parte, se presentaron ceras con origen de distintas abejas y sus particularidades, también se expusieron cajas de abejas nativas, observando varias partes de las colmenas (como piquera, discos de crías, involucro, uso del propóleo en la colmena, entre otras). Esto representó una oportunidad para consolidar varios conocimientos vistos mediante la socialización que hicieron las estudiantes, además de haber hecho un acercamiento de los temas a la comunidad estudiantil en general.

Figura 40

Exposición de estudiantes en la feria de la ciencia



Nota. A la izquierda se observa las infografías utilizadas, en la mesa una caja para abejas *Apis mellifera* y algunas de las muestras de mieles utilizadas. A la derecha, cajas modulares de abejas nativas (*Tetragonisca angustula*) y diferentes tipos cera. Fotografías tomadas por el autor (2025).

Por último, es importante señalar que en esta sesión el indicador de aprendizaje significativo fue reconocer que hay prácticas de manejo sustentable de abejas nativas. Lo cual, se pudo evidenciar al ver que los (as) estudiantes conocieron características de las prácticas de meliponicultura, como lo fue el acercamiento a los tipos de cajas tecnificadas y que las prácticas con abejas no solo representan una producción de miel, propóleo o cera, sino que significan un gran potencial para los servicios ecosistémicos (como la polinización) y la conservación de la biodiversidad. Cabe resaltar, que durante la mayoría de las sesiones los indicadores de aprendizaje significativo se trabajaron desde el análisis grupal, ya que se hizo participe a los estudiantes de la manera como les gustaría desarrollar las sesiones, de igual forma, se tienen en cuenta que “las interacciones cooperativas permiten que los estudiantes expliciten sus ideas, las comparen y las reorganicen, y con ello incrementan las oportunidades de aprendizaje significativo” (Novak & Gowin, 1988, p. 32). Además “aunque la significatividad del aprendizaje es un proceso psicológico individual, las condiciones que lo posibilitan pueden ser provistas por el docente mediante experiencias sociales y cooperativas” (Coll, 1990, p. 87), por tal razón en esta circunstancia se opta por esta manera de evaluar los aprendizajes.

De esta manera, teniendo en cuenta que solo dos estudiantes habían tenido un acercamiento a prácticas de apicultura y que ninguno conocía sobre las prácticas de meliponicultura, y que después de esta y otras sesiones, la mayoría se aproximó a estas prácticas, se puede señalar que el indicador de la sesión se cumplió. De igual forma, las discusiones se enfocaron en reconocer las prácticas en beneficio de las mismas abejas y la biodiversidad. Esto se relaciona con lo que señala Gudynas (2011) sobre la importancia de encontrar formas de relación con la naturaleza que tengan en cuenta el valor intrínseco de esta, buscando así una formación de estudiantes mucho más reflexiva sobre la conservación de la biodiversidad.

Sesión 5: acercamiento a la bioquímica de las abejas

En esta sesión las actividades se enfocaron en acercar a los (as) estudiantes a algunos procesos bioquímicos asociados a las colmenas, los cuales son fundamentales para la supervivencia de las abejas. Por ejemplo, la acción de microorganismos y enzimas en la transformación del polen en pan de abejas, conllevando a la obtención de alimento proteico que es más digerible para las abejas y

crías. De igual manera, se dialogó sobre la síntesis de la cera, la cual se produce gracias a las glándulas ubicadas en el abdomen de las abejas obreras, donde los ácidos grasos y alcoholes que forman esteroides constituyen la cera. De igual forma, se abordó el proceso de transformación del néctar en miel, lo que implica la acción de enzimas que producen las abejas (como la enzima invertasa o la glucosa oxidasa) que hidrolizan la sacarosa del néctar en glucosa y fructosa, y que generan ácido glucónico y peróxido de hidrógeno, lo cual da propiedades antimicrobianas a la miel y ayudan a su preservación (figura 41).

De esta manera, la sesión se desarrolló abordando un diálogo sobre los temas específicos, el ejercicio permitió que los (as) estudiantes identificaran algunos procesos bioquímicos mediante ejemplos específicos con las abejas nativas. Cada grupo trabajó los temas internamente con ayuda del docente y luego se realizó una socialización. Las actividades anteriores fueron el insumo para que relacionaran esas características de los productos de las abejas con los procesos bioquímicos por los que pasan, esto permitió vincular aspectos de la vida que van desde lo macro, como biodiversidad, polinización, biología de las abejas, prácticas con abejas (sesión de meliponicultura) hasta procesos micro como los que se pueden analizar desde la química. Relacionándose esto con lo que señala Ausubel (1983) en cuanto a que las actividades deben estar enfocadas de manera que los contenidos se relacionen con las experiencias de los (as) estudiantes.

En el instrumento en V de Gowin utilizado, se les dio la siguiente pregunta orientadora: ¿Qué nos enseña la bioquímica sobre la importancia de las abejas nativas y su conservación? Asimismo, las preguntas se dividieron entre una parte relacionada con el pensar (conceptual) y con preguntas como: ¿Qué procesos químicos realizan las abejas?, ¿Por qué es importante la química en su alimentación?, ¿Qué cambios ocurren cuando las abejas transforman néctar y polen?, entre otras. Por otra parte, preguntas relacionadas con el hacer (aplicaciones y observaciones de estudiantes), como: ¿Qué plantas visitan las abejas y por qué?, ¿Por qué crees que es conveniente conocer sobre las abejas nativas, su biología y química?, y una pregunta de reflexión final, que fue: ¿Qué nos enseña la bioquímica sobre la importancia de las abejas nativas y su conservación?, permitiendo de esta manera integrar lo desarrollado en la sesión (y anteriores) para evaluarlo de manera adecuada. A continuación, se presentan los análisis de las respuestas de cada una de las preguntas del instrumento.

Figura 41

Transformación del néctar en miel

¿Cómo hacen miel las abejas?

Hacer miel es más complejo de lo que parece a simple vista, aunque para nosotros parece “solo recoger néctar y listo”. Las abejas realizan un proceso biológico y químico muy sofisticado, que involucra varias etapas y transformaciones moleculares.

1 El néctar floral contiene principalmente sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), junto con pequeñas cantidades de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y fructosa ($C_6H_{12}O_6$), además de agua (~70–80%).

2 La abeja aspira el néctar y lo almacena en su buche melario, donde comienza la hidrólisis química. Las glándulas hipofaríngeas secretan la enzima invertasa (β -fructofuranosidasa).

3 La enzima glucosa oxidasa, que oxida parte de la glucosa a ácido glucónico ($C_6H_{12}O_7$), produce peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como subproducto.

4 Las abejas regurgitan el néctar parcialmente hidrolizado en las celdas del panal y lo exponen a ventilación constante con el movimiento de sus alas.

Así reducen el contenido de agua de ~70% a menos de 18%, favoreciendo la supersaturación de azúcares y evitando el crecimiento microbiano.

5 PRODUCTO FINAL: MIEL PURA

Compuesta principalmente por:

- Fructosa (~38%)
- Glucosa (~31%)
- Agua (~17%)
- Oligosacáridos, aminoácidos (como prolina), ácidos orgánicos (ácido glucónico) y compuestos fenólicos.

El diagrama muestra el proceso de transformación del néctar en miel en cinco etapas. Etapa 1: Una abeja recoge néctar de una flor. Etapa 2: Una abeja aspira el néctar y lo almacena en su buche melario. Etapa 3: Una abeja regurgita el néctar en las celdas del panal. Etapa 4: Una abeja ventila el néctar en las celdas del panal. Etapa 5: El producto final es la miel pura. Se incluyen estructuras químicas de sacarosa, glucosa, fructosa, ácido glucónico y peróxido de hidrógeno, así como un gráfico de barras que muestra la reducción del contenido de agua.

Nota. Infografía utilizada en las sesiones. Fuente: Molecularmente (2025).

Tabla 14

Análisis preguntas diagrama en V

Preguntas en diagrama en V	Análisis de las respuestas de los estudiantes
¿Qué procesos químicos realizan las abejas?	Los estudiantes mencionan la producción de cera (identificando que las abejas tienen unas glándulas abdominales que producen la cera), propóleos (que es una mezcla de diversos compuestos que recogen las abejas) y de miel (que incluye la transformación de la sacarosa en glucosa y fructosa por acción de la enzima invertasa, y la generación de compuestos como ácido gluconico y peróxido de hidrógeno) y un acercamiento a las características que adquiere el polen luego de la fermentación (mayor disponibilidad para el metabolismo de las abejas).
¿Por qué es importante la química en su alimentación?	Indican que la química interviene en la digestión, la conservación de los alimentos que recolectan. También añaden que estos procesos garantizan el funcionamiento del ecosistema.
¿Qué cambios ocurren cuando las abejas transforman néctar y polen?	Señalan que hay cambios químicos y biológicos, mencionando que intervienen microorganismos y agentes como las enzimas en la elaboración de la miel.
¿Cómo es la miel de las abejas nativas?	Afirman que es más ácida, menos dulce y más líquida que la de <i>Apis mellifera</i> , (estas respuestas también están relacionadas con la actividad de degustación de miel en la anterior sesión).
¿Qué plantas visitan las abejas y por qué?	Señalan principalmente plantas con flor como girasoles, tréboles, acacias, saúcos, y plantas frutales o aromáticas. Señalan que las abejas las eligen por su olor, color o contenido de néctar y polen. Sin embargo, dejan de lado en este caso las plantas que visitan por sus resinas o aceites (útiles para la elaboración de propóleo).
¿Por qué es conveniente conocer sobre las abejas nativas, su biología y química?	Destacan que conocer estos procesos permite conservar y evitar la extinción de las abejas nativas. Lo cual, es de gran valor para este proyecto y atiende al tercer objetivo.
¿Qué nos enseña la bioquímica sobre la importancia de las abejas nativas y su conservación?	Los (as) estudiantes señalan que las abejas, a través de sus procesos internos y la polinización, mantienen la biodiversidad.

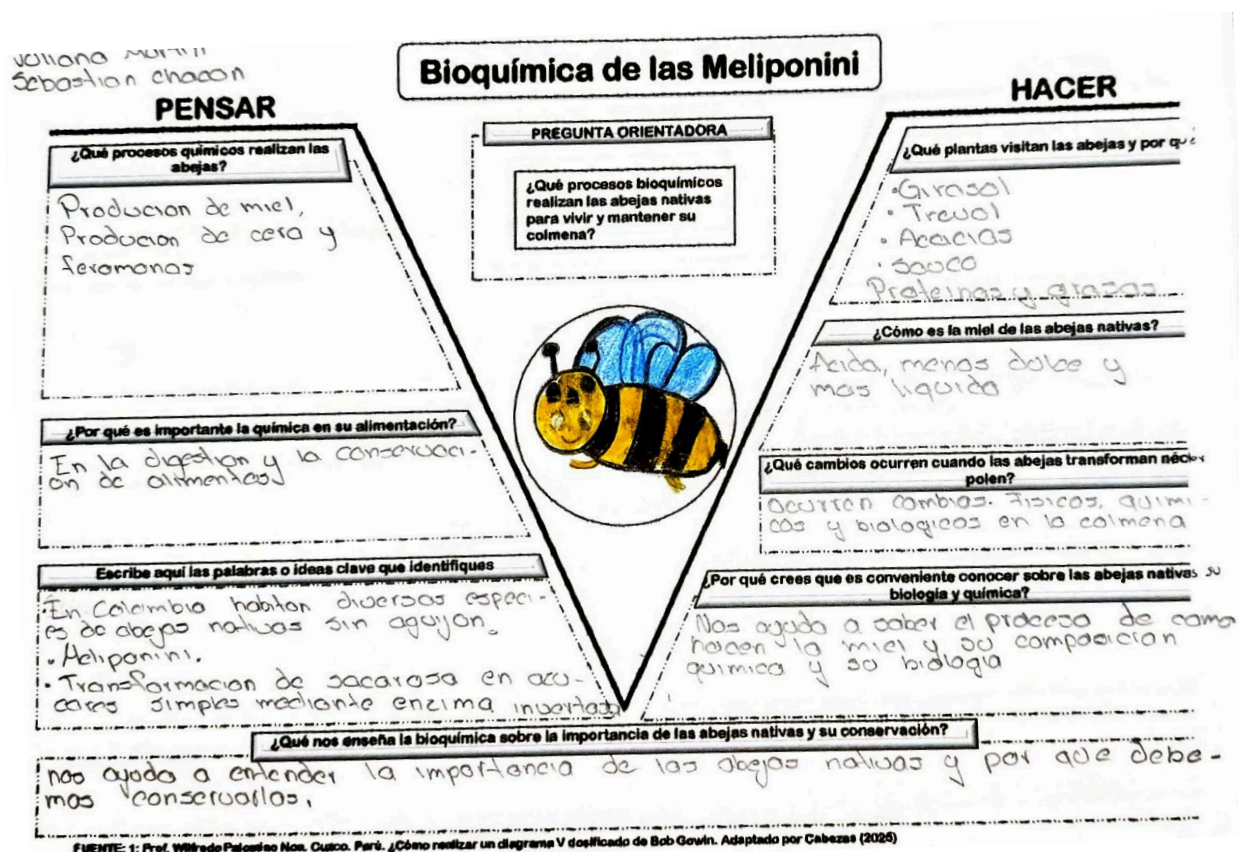
Fuente: elaboración propia.

De este modo, los (as) estudiantes elaboraron sus respuestas donde identificaron características importantes de la bioquímica en relación con la supervivencia de las abejas. Se destaca que señalaron el papel que tienen las enzimas en estos procesos, como por ejemplo la invertasa y la glucosa oxidasa en la conversión de azúcares en la producción de la miel, como escribe un grupo: “transformación de la sacarosa en azúcares simples mediante la enzima invertasa” evidenciando que existen agentes biológicos en estos procesos. Asimismo, reconocieron características de las abejas nativas, como por ejemplo que esta es más líquida y más ácida que la miel tradicional, a la vez que asociaron este proceso con la conservación de su alimento, así, un grupo señaló: “los procesos bioquímicos son fundamentales para su supervivencia”. También, se resalta que los (as) estudiantes identificaron que la fermentación del polen permite la producción de un alimento

nutritivo y accesible para los individuos de la colmena, incluyendo para las crías (en el caso de las ANSA).

Figura 42

Diagrama en V de Gowin diligenciado



Nota. Ejemplo de un diagrama que se realizó en los grupos conformados por los (as) estudiantes, aquí señalan distintas características sobre la bioquímica de las abejas, al igual que la relacionan a su importancia para la conservación. Para la realización de este se dispuso de tiempo donde los estudiantes pudieran dialogar y se hizo acompañamiento por parte del docente para verificar la participación de los integrantes de cada grupo.

Las respuestas recogidas permitieron observar que el instrumento generó un diálogo y relacionó los conceptos biológicos y químicos, además de propiciar una reflexión sobre la importancia ecológica de estos. Demostrando, como señalan Novak y Gowin (1988), que los diagramas en V posibilitan reforzar las experiencias de aprendizaje, debido a que permite una organización clara y

resumida de los contenidos que deben ser abordados. Por ejemplo, se encontró mediante el análisis de una frecuencia de palabras (figura 43) asociado a los conceptos clave, que los estudiantes identificaron durante la sesión, palabras como transformación, azúcares, sacarosa, cera, miel, enzimas, entre otros, demostrando una mayor apropiación sobre la relación entre las dinámicas de las abejas, los productos de estas y sus características bioquímicas.

Figura 43

Frecuencia de palabras relacionadas por los (as) estudiantes sobre bioquímica y abejas



Nota. Palabras clave que identificaron los (as) estudiantes con relación a la bioquímica y las abejas. Fuente: figura adaptada a partir de NVivo (versión 10).

Por último, teniendo en cuenta el indicador de aprendizaje para esta sesión, que fue “relacionamiento conceptual entre biología de abejas y su relación con algunos procesos bioquímicos” se puede concluir que hubo avances significativos. Puesto que, en comparación con lo recogido con el cuestionario diagnóstico, se evidenció que mediante la socialización, el trabajo grupal y lo recogido en el instrumento evaluativo de la sesión, los (as) estudiantes identificaron características bioquímicas de la transformación del néctar en miel, como la acción de enzimas, los

compuestos y sus transformaciones (cuando en un principio no había claridad sobre el concepto de miel, de hecho, muchos creían que esta provenía directamente de las flores).

También sobre la acción de microorganismos en el proceso de fermentación del polen, pues al principio la concepción señalaba que comían directamente el polen y desconocían que este atravesaba todo el proceso de fermentación láctica, para que tuviera una mayor biodisponibilidad para la digestión y nutrición de las abejas. Además, se hizo la reflexión de como estos procesos sustentan la vida de las abejas y que a la vez son vitales para las distintas relaciones ecológicas que dependen de las abejas. Lo anterior se relaciona con un tipo de ciudadanía tipo C, debido a que se posibilita una relación de los contenidos científicos con problemáticas sociales.

Sesión 6: aproximación a la fermentación

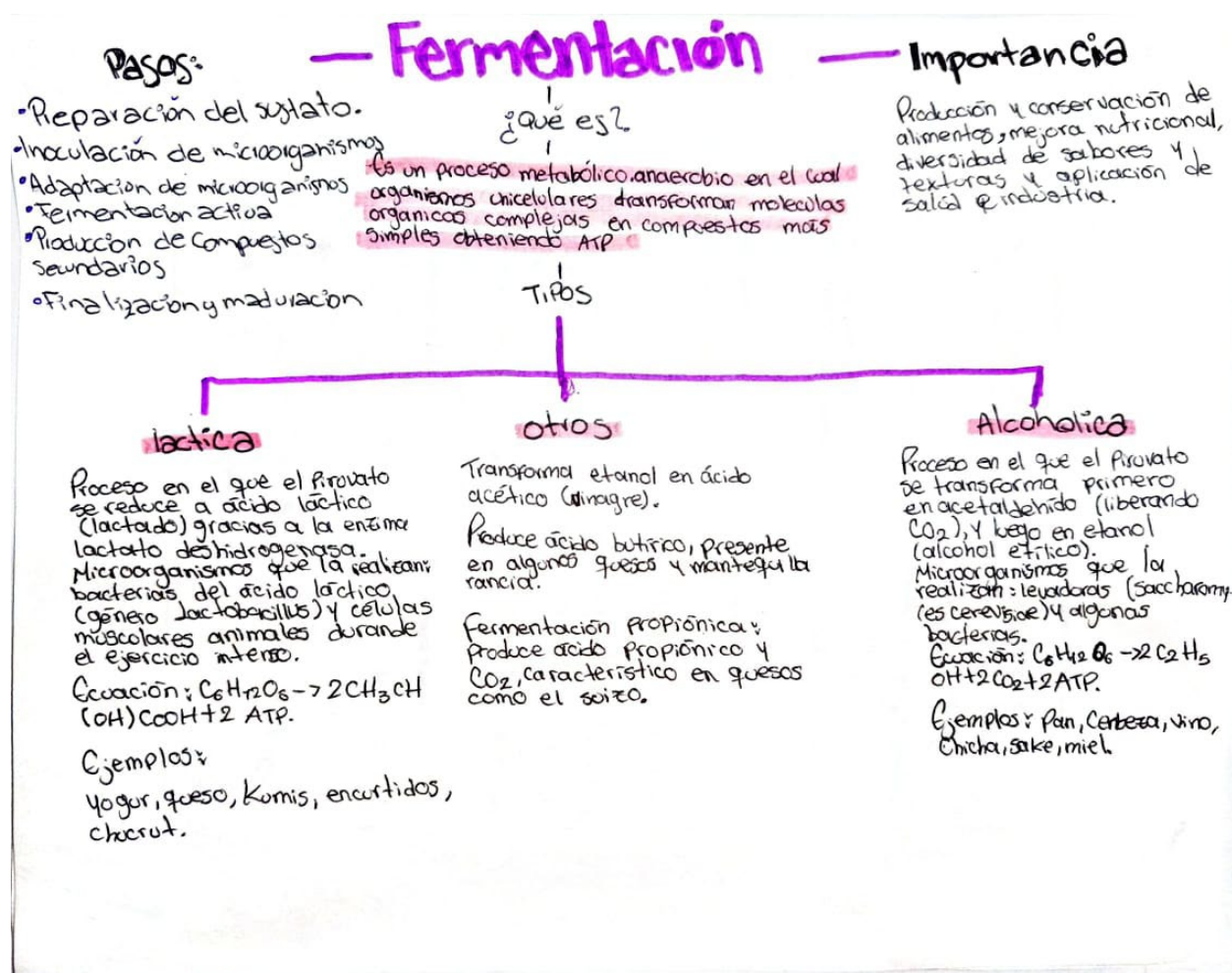
Esta sesión enfocada en hacer una profundización sobre la fermentación y los tipos de fermentación (ya que el propósito era profundizar en la fermentación láctica que ocurre con el polen que recogen las abejas) permitió que las (os) estudiantes se acercaran a los procesos metabólicos que ocurren. De esta manera, en una parte inicial se hizo una contextualización del origen e importancia del proceso de fermentación. Relatando que esta forma de obtener energía fue una adaptación de microorganismos que predominó por millones de años, antes de que existieran las concentraciones actuales de oxígeno atmosférico (por lo cual se hacía de forma anaeróbica) y como estos procesos son evidencia de la adaptación biológica que sustentan la vida en la biosfera. Esto permitió captar el interés de los (as) estudiantes y visibilizar la fermentación como un proceso que va más allá de los usos tecnológicos y de fabricación de alimentos. Este acercamiento contribuye a un abordaje científico situado (Fourez, 1997), donde los (as) estudiantes por medio de una contextualización histórica reconocen los diferentes procesos.

De este modo, mediante el diálogo y el trabajo grupal con los (as) estudiantes se hizo la conceptualización de la fermentación, el cual es un proceso anaeróbico donde los organismos mediante compuestos orgánicos que utilizan como donadores o aceptores de electrones obtienen energía al degradar parcialmente algunos sustratos. Por lo cual, se van a generar productos finales según el microorganismo que realice el proceso (Madigan et al., 2015). El primer paso fue comprender que previamente y de forma indispensable tiene que ocurrir la glucólisis y como a partir del piruvato resultante de esta, se generan distintos tipos de fermentación, como la láctica,

alcohólica, acética, butírica y propiónica. Para reforzar el tema, cada grupo elaboró un mapa conceptual sobre la definición y los tipos de fermentación (ver ejemplo en figura 44), donde tenían en cuenta los microorganismos involucrados y los productos resultantes, esto permitió la organización conceptual (Novak y Gowin, 1988) lo que facilita la integración de significados y hacer reflexión del aprendizaje.

Figura 44

Mapa conceptual sobre fermentación realizado por estudiantes



Nota. Se observa como los estudiantes se aproximan a la definición y a algunos tipos de fermentación, resaltando como este proceso produce ATP (moneda energética de las células). También resaltan la importancia de estos procesos en la industria. Igualmente, hacen una aproximación a algunas reacciones químicas que ocurren en el proceso, como fue el caso de glucosa a ácido láctico o glucosa en dos moléculas de alcohol etílico.

De igual forma, en otra parte de la sesión se desarrolló una actividad que buscó aproximar a los (as) estudiantes a las rutas metabólicas de estos tipos de fermentación. Donde se tuvo en cuenta el punto de partida, el piruvato, los microorganismos involucrados y los productos finales, esto con el objetivo de comprender la diferencia de los tipos de fermentación. De este modo, los (as) estudiantes debían identificar las moléculas iniciales, también algunas enzimas específicas y productos finales como ácido láctico, ácido butírico, etanol, ácido acético y ácido propiónico, para esto, mediante la información brindada y discutida, los (as) estudiantes realizaron un cuadro comparativo (ejemplo en figura 45) que les permitió identificar características comunes como las moléculas iniciales (glucosa y piruvato).

Asimismo, el ejercicio permitió evidenciar las diferencias en cuanto a los tipos de microorganismos y enzimas que actúan en cada tipo de fermentación, por ejemplo, enzimas como lactato deshidrogenasa, decarboxilasa y alcohol deshidrogenasa, aldehído deshidrogenasa, entre otras. Esto permitió, hacer un acercamiento al concepto de enzimas, el cual fue de gran valor porque se identificó que los estudiantes lo desconocían, y el ejercicio permitió que evidenciaran la actuación de la enzima según el sustrato y la relación de esto con su forma de nombrarla.

Figura 45

Cuadro comparativo realizado por estudiantes sobre características de los tipos de fermentación

Tipo de fermentación	Molécula inicial	Productos finales	Enzimas involucradas	Organismos	Ejemplos en la vida cotidiana
Láctica	Glucosa / Piruvato	Yogurt Queso	Lactato deshidrogenasa	Bacterias y células musculares animales	Kumis Queso Cuajada
Alcohólica	Glucosa / Piruvato	Vino y cerveza	Piruvato Descarboxilasa Alcohol deshidrogenasa	Levaduras y Bacterias	Vino cerveza chicha Pan
Acética	Glucosa / Piruvato	Vinagre	Alcohol deshidrogenasa Aldehído deshidrogenasa	bacterias del genero acetobacter	Vinagre
Butírica	Glucosa / Piruvato	ácido butírico gas hidrogeno y dióxido de carbono	butirato quinasa y fosfotransbutirasa	Bacterias del genero clostridium	olores fuertes en quesos varios y la manteca y la yanca
Propiónica	Glucosa / Piruvato	ácido propiónico y dióxido de carbono	propionato-CoA transferasa	bacterias del genero propionidacterium	responsable de los agujeros en el queso suizo

Nota. Se observa como los (as) estudiantes lograron identificar las enzimas y microorganismos que actúan en cada tipo de fermentación. También ejemplos de la vida cotidiana de los (as) estudiantes; sin embargo, se debe resaltar que muchos asociaron los productos finales no con la molécula que se obtiene, sino con productos comerciales, como se observa en este cuadro comparativo en los tres primeros tipos de fermentación. Esto debe tenerse en cuenta en futuras actividades para que desde el inicio se dé una claridad entre estos dos conceptos (cabe aclarar que esto no ocurrió en todos los grupos, pero se resalta aquí, puesto que fue un hallazgo importante en la realización de la sesión).

Para continuar, en la parte final de la sesión con el propósito de distinguir los tipos y derivados de la fermentación. se llevaron cinco productos comerciales para que los estudiantes analizaran (Figura 46), que fueron: queso sabanero, salsa de pimentón, vinagre blanco, yogur griego y cerveza. Cada grupo hizo una descripción organoléptica, identificando diferencias de olores, sabores (excepto en la cerveza) y textura, lo que permitió encontrar diferencias según el producto y tipo de fermentación (ejemplo de ficha en figura 47). Asimismo, haciendo un análisis de cada producto, desde sus etiquetas y lo trabajado anteriormente, los (as) estudiantes señalaron los tipos de microorganismos que intervenían en la fermentación para la elaboración de los productos comerciales. Conllevando que asociaran los tipos de microorganismos que intervenían

con el tipo de fermentación. De esta forma, se encontró que la mayoría de los grupos lograron asociar cada producto comercial con el tipo (o tipos en el caso de la salsa de pimentón) de fermentación que intervino para su elaboración.

Figura 46

Productos comerciales analizados por estudiantes



Nota. Productos comerciales que requieren del proceso de fermentación usados para el análisis por parte de los estudiantes. Fotografía tomada por el autor (2025).

Figura 47

Ficha de registro de observaciones productos que involucran la fermentación

<p>Por cada producto señalar:</p> <p>Describir desde lo organoléptico (lo que perciben con los sentidos: olor, sabor, textura, color).</p> <p>Qué microorganismos y compuestos están involucrados relacionados a la fermentación.</p> <p>De qué tipo de fermentación proviene el producto o algún ingrediente del producto.</p>	<p>Queso sabanero</p> <p>Sabe feg, como a platijo, a picho.</p> <p>Bacterias lacticas, enzimas coagulantes, acido lactico.</p> <p>Fermentacion lactica.</p>
<p>Pasta de pimentón (salsa)</p> <p>Es un poco gumoso, olor rico, sabe a pimenton picosito y amargo.</p> <p>Bacterias lacticas, compuestos aromaticos, y de sabor.</p> <p>Fermentacion lactica.</p>	<p>Yogurt Griego</p> <p>Textura cremosa y espesa, sabor acido y lacteo.</p> <p>Bacterias acido lactico, producen acido lactico, Fermentacion lactica.</p> <p>Streptococos</p>
<p>Coronita (cerveza)</p> <p>liquido dorado, amargo, huele a malta.</p> <p>levaduras, etanol y dióxido de carbono</p> <p>Fermentacion alcoholica</p>	<p>Vinagre Blanco</p> <p>Sabe a limon con Agua.</p> <p>Acetica.</p> <p>Agua y acido acetico.</p>

Nota. Se observa la descripción organoléptica, de macroorganismos y clasificación de tipos fermentación que realizó un grupo de estudiantes a los productos comerciales.

Figura 48

Fotografía tomada durante la sesión



Nota. Estudiantes analizando el producto comercial derivado de la fermentación, en este caso yogurt griego producido mediante las bacterias *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Fotografía tomada por el autor (2025).

Esta sesión permitió integrar el conocimiento teórico trabajado, con ejemplos de la vida cotidiana de los (as) estudiantes, relacionado el papel de los microorganismos con la transformación de los alimentos. Por último, el indicador de la sesión fue “apropiación y significado de fermentación”, el cual se alcanzó, debido a que los (as) estudiantes lograron identificar el concepto y los tipos de fermentación, además que le dieron un sentido ecológico y social, al reconocer que este proceso está inmerso en las dinámicas biológicas y en los procesos culturales de la cotidianidad. Demostrando que para que haya aprendizaje significativo se debe vincular la valoración y funcionalidad del conocimiento (Gil y Carrascosa, 1985) a partir de la experiencia de los (as) estudiantes, lo que se evidenció en esta sesión a partir de las actividades e instrumentos desarrollados y de relacionar los conceptos con las experiencias contextuales de los (as) estudiantes, que en este caso fueron los productos comerciales.

Sesión 7: prácticas de laboratorio

Análisis fisicoquímicos de mieles (laboratorio Departamento de Química - UPN)

El desarrollo del presente trabajo tuvo una fase en la que se hicieron análisis fisicoquímicos de mieles con kits rápidos en el laboratorio de la Universidad Pedagógica Nacional, con el objetivo de conocer más de cerca algunas propiedades de las mieles y preparar una práctica de laboratorio demostrativa para realizar con los (as) estudiantes. De esta manera, se hicieron análisis comparativos de mieles provenientes de dos especies de abejas: *Tetragonisca angustula* (abeja nativa sin aguijón) y *Apis mellifera*, muestras recolectadas en el municipio de Vianí y una tercera muestra del departamento de Santander (mielato de roble, descrita en el apartado de la sesión de meliponicultura). Así, se hicieron pruebas que incluyeron la detección de proteínas con reactivo

Biuret, identificación de azúcares reductores con reactivo de Benedict, determinación de acidez con tiras de medición de pH y cálculo de densidad con picnómetro.

Figura 49

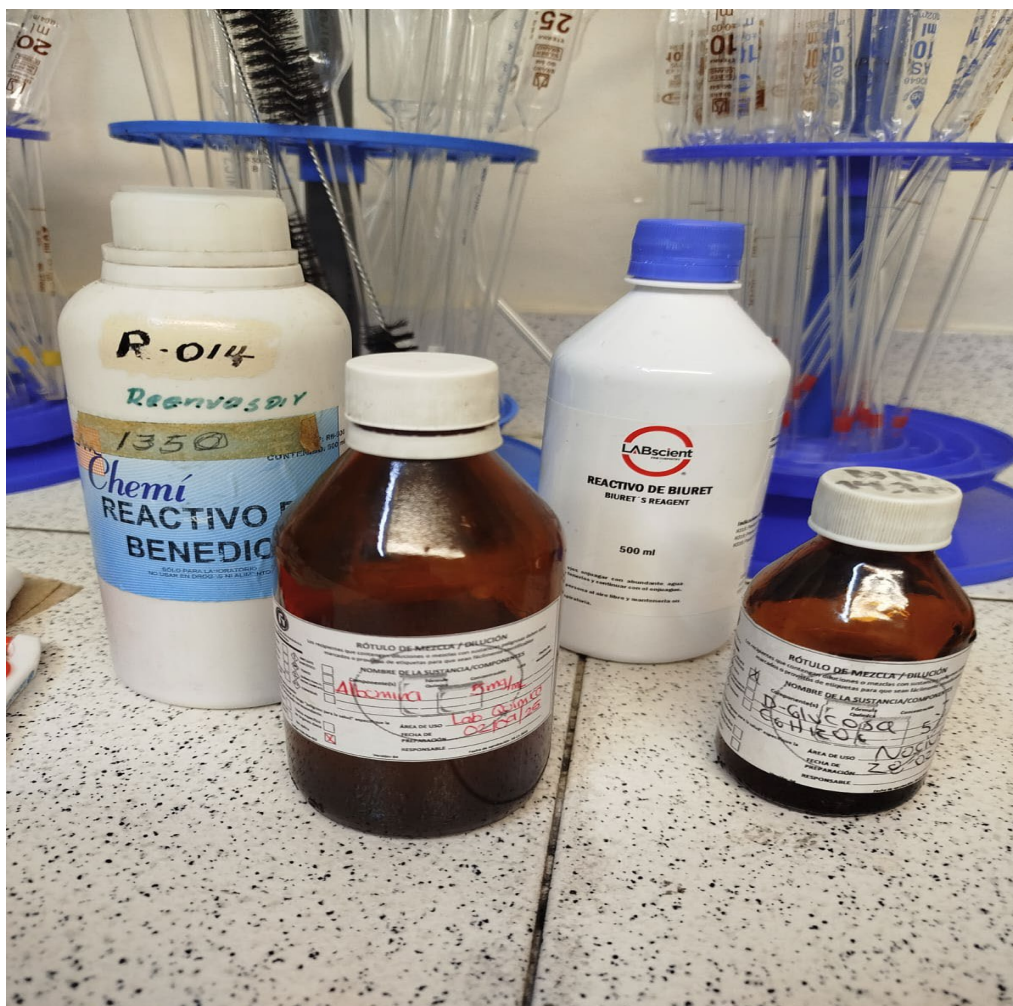
Muestras de miel utilizadas en los análisis



Nota. Se escogen estas tres muestras de miel para hacer los análisis fisicoquímicos, se eligen dos muestras de distintas especies de Vianí, para contrastar sus propiedades y una tercera miel (mielato) de tipo especial para ver sus diferencias. Fotografía tomada por el autor (2025).

Figura 50

Reactivos utilizados con sus respectivas muestras de control



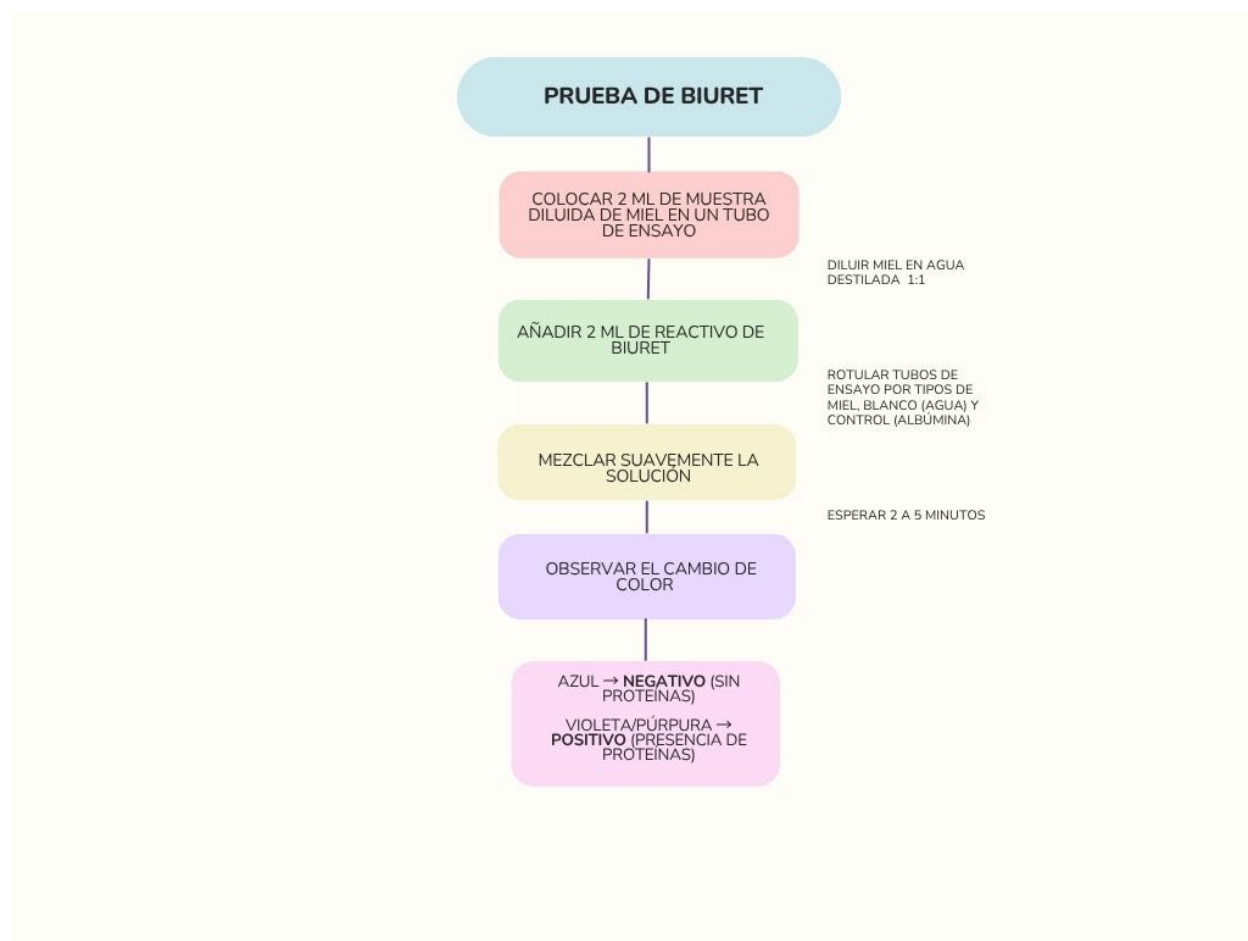
Nota. Se observan los dos reactivos utilizados, a la izquierda el reactivo de Benedict con glucosa para la muestra control y a la izquierda el reactivo de Biuret con la albúmina para la muestra control (preparada previamente). Fotografía tomada por el autor (2025).

Prueba de Biuret. Esta es una prueba de análisis cualitativo colorimétrico, permite detectar la presencia de proteínas en las muestras analizadas, más exactamente reacciona con los enlaces peptídicos. El nombre de la prueba proviene del compuesto llamado Biuret (que significa dos moléculas de urea), el cual reacciona de forma similar que las proteínas al entrar en contacto con el reactivo en un medio alcalino. Mientras que el reactivo está compuesto por sulfato de cobre, hidróxido de sodio (o potasio) y tartrato de sodio. De este modo, cuando la reacción es positiva los iones cúpricos (que tiene el sulfato de cobre) reaccionan con los grupos amino (los enlaces peptídicos que tienen las proteínas). La reacción produce un complejo de tonalidad violeta o púrpura, cuya intensidad depende de la cantidad de proteínas presentes. Este cambio de color se

presenta porque los iones cobre forman complejos de coordinación con los pares de electrones de los átomos de nitrógeno oxígeno (Nelson y Cox, 2017). Cuando el resultado es negativo, mantiene el color azul y significa que no hay presencia de proteínas en la muestra, el procedimiento en el caso de los análisis de miel se describe en el siguiente esquema.

Figura 51

Esquema del procedimiento prueba de Biuret



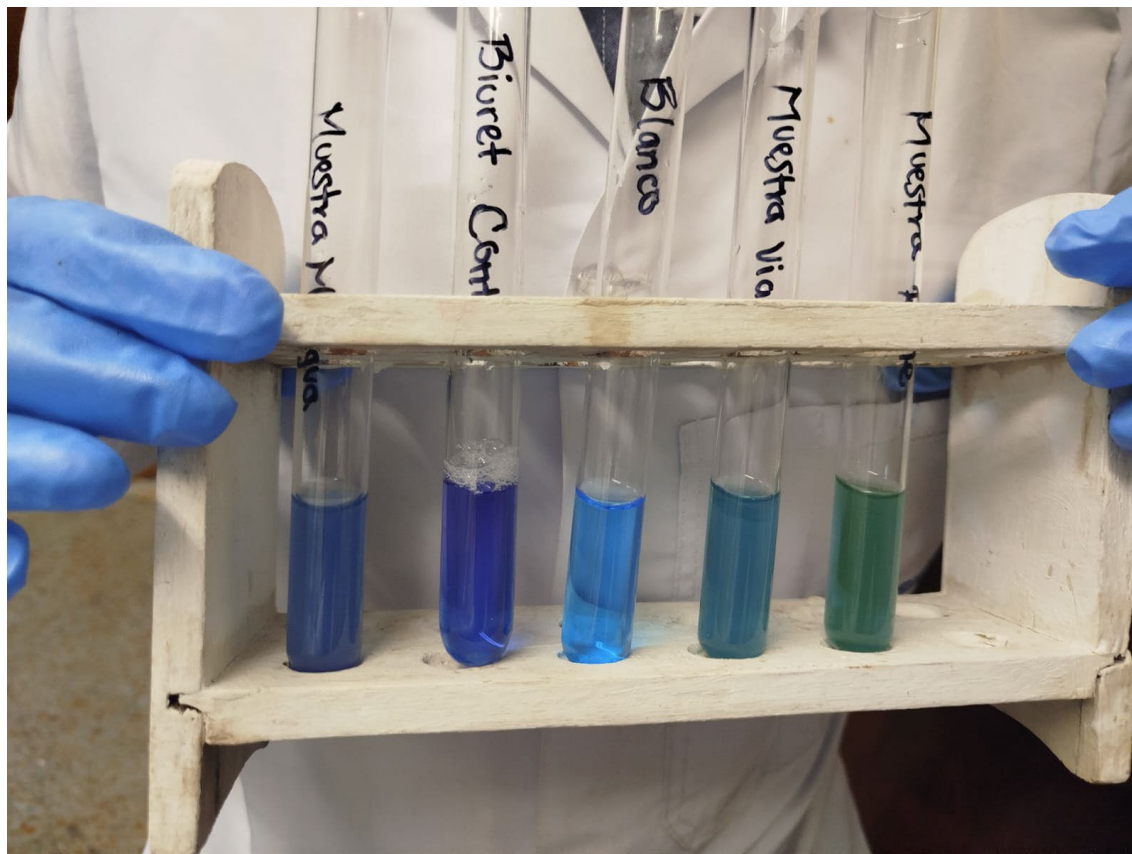
Nota. Esquema realizado a partir de la práctica desarrollada en el laboratorio de química de la UPN con ayuda del equipo de laboratoristas. Fuente: elaboración propia.

De esta manera, se rotularon los tubos de ensayo de la siguiente manera: Manigua para la miel de *Tetragonisca angustula* (se pone este nombre por el lugar donde fue cosechada), Vianí para la miel de *Apis mellifera*, del municipio de Vianí, Roble para el mielato de roble de Santander, Blanco para el tubo de ensayo con agua (para evidenciar el resultado en negativo con cero presencia de

proteínas) y Control para el que contenía albúmina (para observar una reacción con alta presencia de proteínas). Así, se siguieron los pasos descritos anteriormente y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 52

Resultado prueba de Biuret



Nota. De izquierda a derecha las muestras están ubicadas así: Manigua, Control, Blanco, Viani y Roble. Se observa que la que presentó una tonalidad más cercana a la prueba control fue la muestra Manigua. Fotografía tomada por el autor (2025).

Positivo para las 3 muestras de miel, en donde la muestra Manigua presentó la tonalidad más cercana a la muestra control, lo cual señala que es la que más tenía presencia de proteínas, esto pudo estar relacionado con el método artesanal de cosecha y puede deberse a que contenía muchas partículas de polen. En segundo lugar, se encontró que la muestra Viani marco positivo en un término medio en comparación de las tres muestras y en tercer lugar se ubicó la muestra Mielato.

Cabe resaltar que el Mielato es la miel que tiene la mayor tecnificación en su cosecha, debido a que proviene de una compañía con bastante experiencia, lo cual puede señalar que su proceso de cosecha implica un buen filtrado, evitando que queden rastros de polen, enzimas o incluso pequeñas partes de abejas que suelen tener las mieles. Los cuales son los que contienen los aminoácidos para que reaccionen con el reactivo y se obtenga el resultado positivo para la determinación de proteínas.

Prueba de Benedict. La prueba de Benedict es una reacción oxidación-reducción que permite identificar de forma cualitativa la presencia de azúcares reductores como la glucosa, fructosa y maltosa. Debido a que los grupos funcionales de estos azúcares, ya sea el grupo aldehído en la glucosa (y maltosa) o el grupo cetona en la fructosa, donan electrones y producen “la reducción de iones cúpricos (Cu^{2+}) a óxido cuproso (Cu_2O) [presentes en el reactivo] en un medio alcalino, generando un precipitado de color característico según la concentración del azúcar” (Nelson y Cox, 2017, p. 83). Por lo cual, el reactivo de Benedict está compuesto principalmente por el sulfato de cobre, el carbonato de sodio (que es el que le da el medio alcalino) y el citrato de sodio (mantiene los iones cúpricos en solución). De esta manera, se produce un resultado visible y un cambio de color (amarillo a anaranjado cuando es una concentración moderada y rojo ladrillo con precipitado cuando es una concentración alta) cuando hay presencia de azúcares reductores, mientras que, si es negativo, mantiene su tonalidad azul y no hay un cambio de color. A continuación, el esquema del procedimiento.

Figura 53

Esquema procedimiento prueba de Benedict



Nota. Es fundamental calentar la prueba entre 70 y 100 °C para activar la reacción redox (oxidación - reducción) puesto que a temperatura ambiente es muy lenta o no ocurre. Fuente: elaboración propia.

De esta manera, siguiendo los pasos se rotularon los tubos de ensayo de la siguiente manera: Manigua, Vianí, Roble, Blanco (con agua destilada para observar el resultado en negativo) y Control (con glucosa, para observar el resultado positivo). Se agregaron los dos milímetros de las muestras en cada tubo de ensayo y posteriormente los dos mililitros de reactivo, se agitó suavemente y se puso en baño de ebullición por 3 minutos (figura 54).

Figura 54

Muestras con reactivo en baño de ebullición



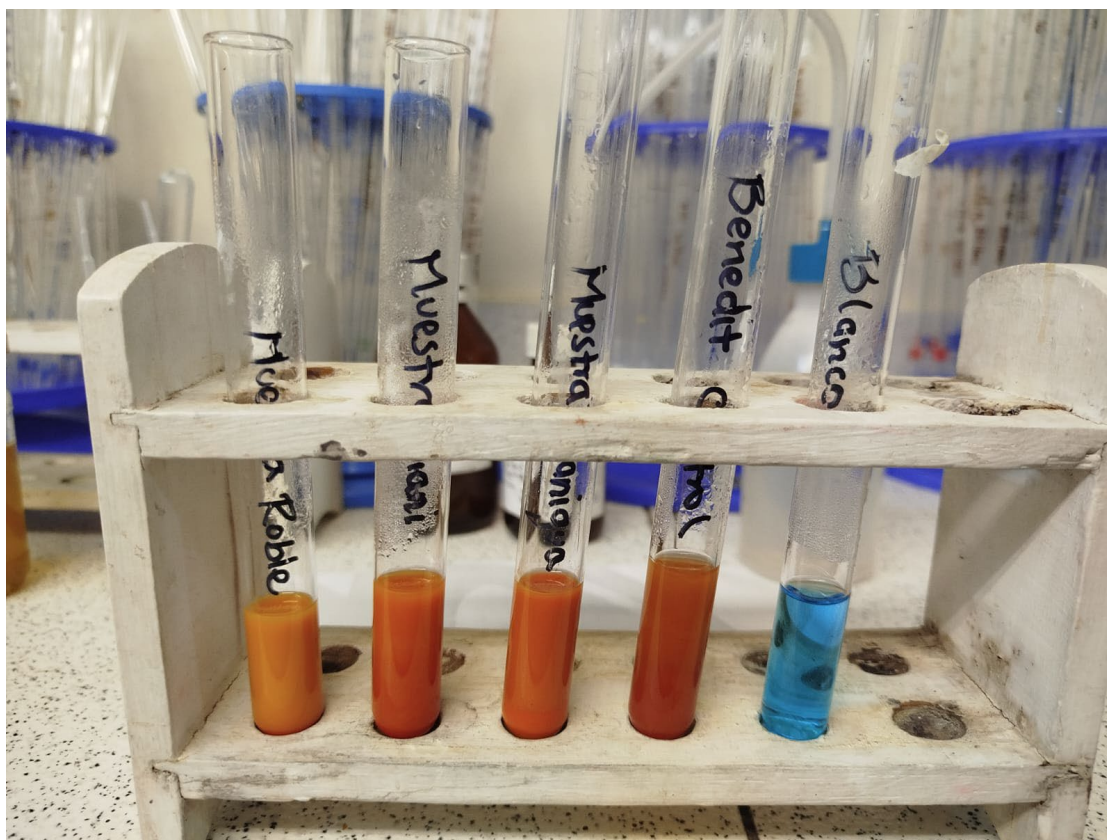
Nota. Para agilidad es conveniente al iniciar el proceso poner alternamente a calentar el agua para el baño de ebullición, con esto se obtendrán los resultados en el menor tiempo posible. Fotografía tomada por el autor (2025).

Posterior al baño de ebullición se obtuvieron los resultados, donde la muestra Control mostró un rojo ladrillo intenso. Teniendo esto en cuenta la muestra de miel que más se aproximó a la tonalidad control fue la muestra Vianí de *Apis mellifera* (figura 55), la siguiente más cercana fue la de Manigua de *Tetragonisca angustula* (que presentó una tonalidad rojiza) y la que más se alejó al grupo control fue la de Roble (con una tonalidad naranja). Estos resultados concuerdan con lo señalado por otras investigaciones que señalan que la miel de *Tetragonisca angustula* tiene un porcentaje de 19% de glucosa (Gómez et al., 2013), mientras que la miel de *Apis mellifera* contiene un 28% de glucosa (Pérez et al., 2021), lo cual concuerda teniendo en cuenta las muestras de Manigua y Vianí. Mientras que el resultado de la muestra Roble, puede estar relacionado con la composición de la savia del roble que es mezclado por las abejas para producir miel, lo cual debe

incidir en una reducción del porcentaje de glucosa y un incremento en otros compuestos únicos y característicos de su origen.

Figura 55

Resultado final prueba de Benedict



Nota. Desde la izquierda a la derecha: Roble, Vianí, Manigua, Control y Blanco. Se observa que la muestra Vianí (miel de *Apis mellifera* del municipio de Vianí) presenta la tonalidad más cercana a la muestra Control. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las mieles tienen otros azúcares reductores como fructosa y maltosa y la muestra control se hizo con glucosa. Fotografía tomada por el autor (2025).

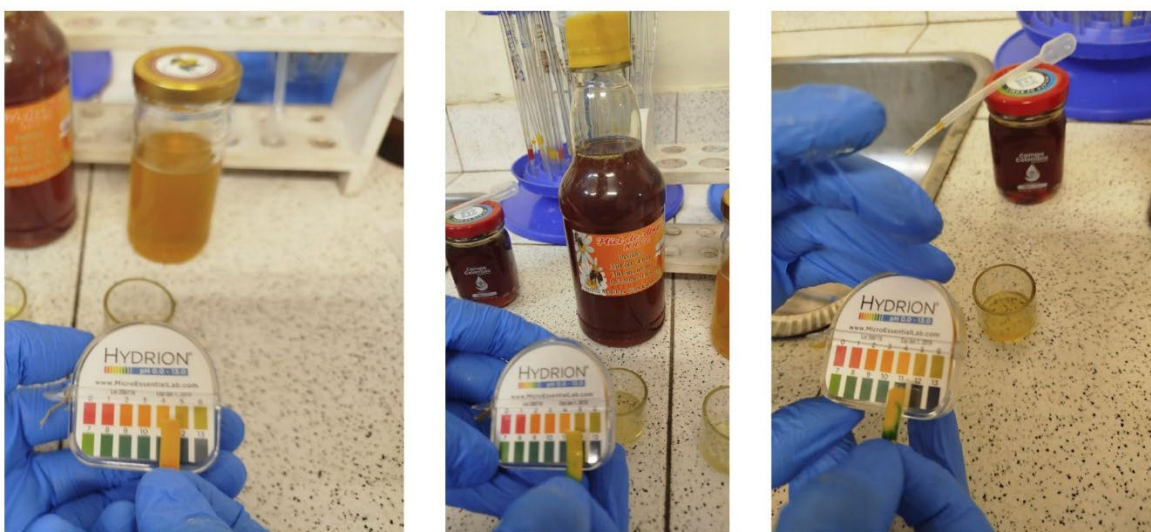
Prueba de pH. Para la prueba de pH se utilizaron las tiras indicadoras, las cuales tienen sustancias con compuestos orgánicos que indican ácidos o bases, dando un color específico según la concentración de iones de hidrógeno (H^+) presentes en las muestras. Estas sustancias indicadoras están compuestas por anillos aromáticos conjugados y grupos funcionales que permiten absorber la luz visible de manera diferente según se gana o pierde protones (ya cada indicador se encuentra

en una forma protonada y desprotonada) el entrar en contacto con la muestra, lo cual se da gracias el equilibrio ácido – base del indicador (Harris, 2015).

Teniendo esto en cuenta se realizó el proceso para el análisis de pH, donde se diluyó 2 mililitros de miel en dos mililitros de agua destilada por las tres muestras de miel, posteriormente se sumergió la tira indicadora y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 56

Muestras de miel analizadas con tiras de pH



Tetragonisca angustula

Apis mellifera (Vianí)

Mielato de roble

Nota. Prueba de pH con tiras indicadoras ácido-base realizadas a tres tipos de mieles. Este análisis cualitativo es de gran practicidad y permite hacer pruebas rápidas de pH. Fotografías tomadas por el autor (2025).

De este modo, se obtuvieron los siguientes resultados: para la muestra de *Tetragonisca angustula* un pH de 4,5, para la muestra de *Apis mellifera* (Vianí) un pH de 5 y para la muestra de mielato de roble un pH 5,5. Estos resultados se relacionan con diversas investigaciones que señalan que la miel de *Tetragonisca angustula* es más ácida que la de *Apis mellifera*, con un valor que rodea los 3,7, mientras que la de *Apis mellifera* la mayoría de las veces está por encima de los 4,2 (May-Canché et al., 2022). Estos análisis permiten confirmar de manera cualitativa los diversos estudios revisados en los antecedentes que señalan que la miel de las ANSA es más ácida debido a que tiene

una mayor cantidad de ácidos orgánicos como el ácido glucónico, además de tener un mayor porcentaje de humedad que permite mayor actividad enzimática, lo mismo que favorece la fermentación controlada en la maduración de la miel.

Prueba de densidad. La densidad es la propiedad física que relaciona la masa de una sustancia con el volumen que ocupa, esta relación se expresa mediante la ecuación densidad es igual a masa sobre volumen ($D = m/v$). Esa medición es fundamental para analizar características de sustancias como la pureza, concentración, sólidos disueltos, entre otras (Harris, 2015). Para este caso se hizo uso del picnómetro, el cual es un recipiente con volumen fijo. De esta manera, en primer lugar, se debe hallar la masa del picnómetro vacío (m_1 , figura 57), luego la masa del picnómetro conteniendo la muestra (m_2), posteriormente restar m_2 menos m_1 y dividir en el volumen del picnómetro ($D = m_2 - m_1/v$). A continuación, se detallan las fórmulas:

$$D = \frac{m}{v}$$

$$D = \frac{(m_2 - m_1)}{v}$$

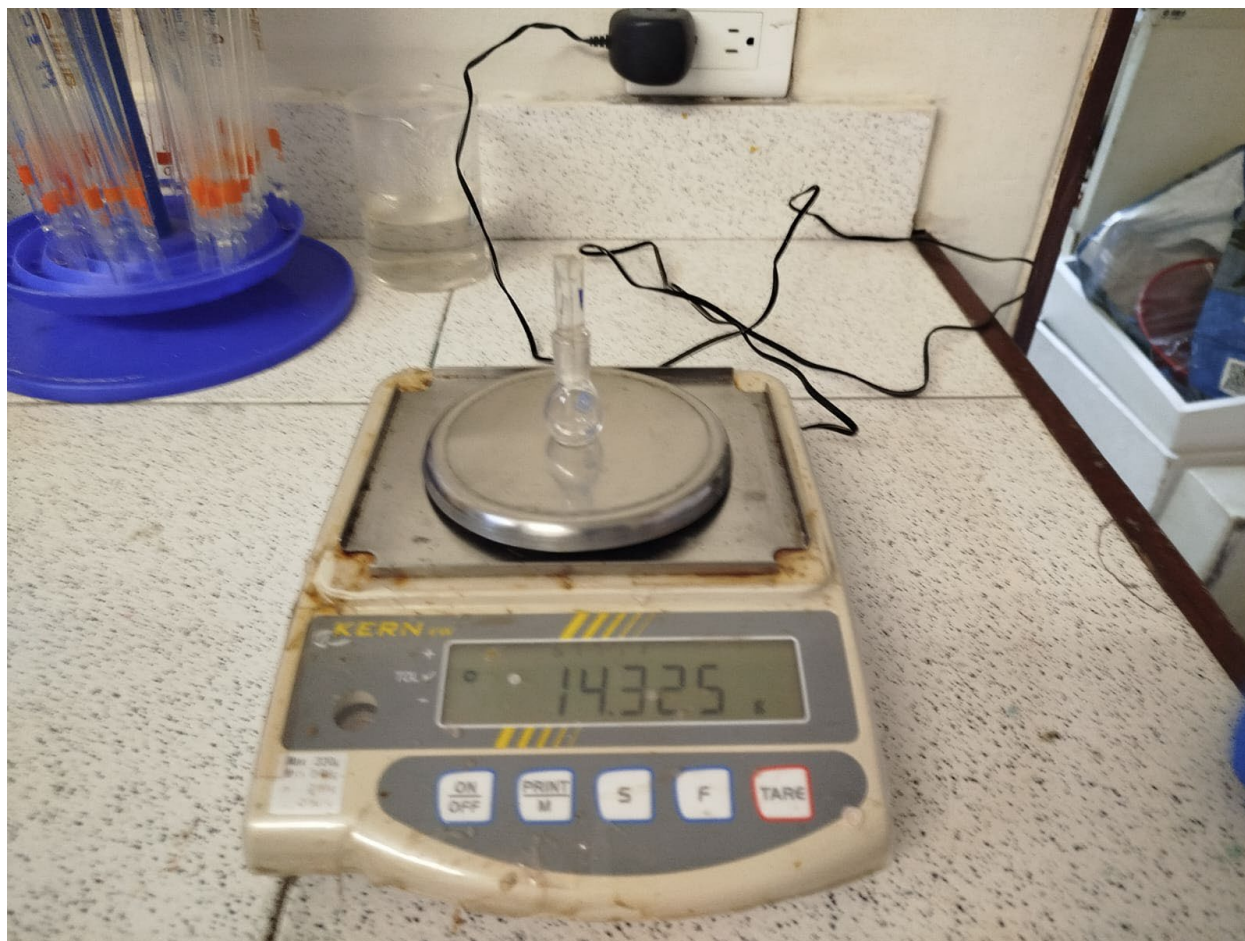
Cuando se conoce el volumen exacto del picnómetro la ecuación se divide por el volumen, cuando no se conoce, se debe hallar la masa del picnómetro con agua destilada (m_3) y posteriormente restar la masa del picnómetro vacío, este valor sería el que se usa como divisor:

$$D = \frac{(m_2 - m_1)}{(m_3 - m_1)}$$

Es importante señalar que la temperatura afecta el resultado de la densidad en este tipo de análisis, debido a que, a mayor temperatura, mayor expansión térmica, lo que resulta en un mayor volumen, por ende, menor densidad. Mientras que, a menor temperatura, el volumen se reduce por lo que incrementa la densidad.

Figura 57

Masa del picnómetro vacío



Nota. Se observa el picnómetro usado durante la práctica el cual estaba calibrado y tenía un volumen de 5,06 ml. Fotografía tomada por el autor (2025).

De esta manera, el análisis de densidad se realiza solo a la muestra de *Tetragonisca angustula*, debido a que las otras dos muestras presentaban una viscosidad muy alta (dificultando el envasado del picnómetro). Por lo cual, se halló la masa del picnómetro vacío (14,325 g) y la masa con el picnómetro lleno de la muestra de miel (21,284 g). Posteriormente, se realizó la ecuación teniendo en cuenta el volumen del picnómetro (5,06 ml). La prueba se realizó a una temperatura de 22 °C a las 3:18 pm en la ciudad de Bogotá.

$$D = \frac{m}{v}$$

$$D = \frac{(m_2 - m_1)}{v}$$

Entonces:

$$D = \frac{(21,284 \text{ g} - 14,325 \text{ g})}{5,06 \text{ ml}} = 1,375 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

Se obtuvo de esta manera una densidad de 1,375 g/ml a una temperatura de 22 °C para la miel de *Tetragonisca angustula*, lo cual se relaciona con los antecedentes revisados que señalan que la densidad de esta miel está en un rango promedio de 1,32 a 1,38 g/mL a 20 °C (Vit, 2008). Lo que demuestra confianza en el proceso y resultados obtenido en el análisis.

Prácticas de laboratorio en la IED José María Vergara y Vergara

La institución cuenta con un espacio (figura 58) en el cual solo se desarrollan las prácticas de laboratorio (es decir no siempre se da clase ahí) esto permite una adecuada gestión de las actividades que se pretenden realizar, en este lugar se realizan las prácticas del área de ciencias (como Química, Biología y Agropecuarias). Asimismo, el laboratorio cuenta con varios instrumentos que facilitan las prácticas; sin embargo, su cantidad es limitada, lo mismo que reactivos (por esto los reactivos utilizados en las prácticas fueron facilitados por el laboratorio de química de la UPN). Por tal razón, en las dos prácticas propuestas (una demostrativa de análisis de mieles y la otra práctica sobre fermentación láctica del polen), se utilizaron instrumentos como tubos de ensayo, beakers, pipetas (adaptados con jeringas para pipetear), canastillas, dos picnómetros (uno facilitado por la Universidad), termómetros, espátulas, bandejas y cajas de Petri. Se completaron los instrumentos requeridos con elementos caseros, por ejemplo, una estufa de un puesto y olla grande con tapa para los baños de ebullición, vasos de aluminio para completar el número de beakers requeridos, entre otros.

Figura 58

Laboratorio Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara



Nota. El laboratorio cuenta con lavamanos en funcionamiento, instalación de tubería de gas (pero no está en funcionamiento), diversos instrumentos (con varios años de antigüedad) y algunos reactivos. Fotografía tomada por el autor (2025).

Práctica de laboratorio demostrativa de análisis de mieles

Debido a la cantidad limitada de muestras de miel (la cual es muy escasa, especialmente las de las ANSA), instrumentos y reactivos, esta práctica se hace de forma demostrativa, donde el docente la realiza y los estudiantes observan y analizan los resultados. De esta manera, se entregó una guía con un marco teórico, objetivos, explicación de instrumentos y materiales requeridos, el procedimiento y fichas para el análisis de resultados. Los análisis realizados fueron determinación de presencia de proteínas con reactivo de Biuret, determinación de azúcares reductores con reactivo de Benedict, análisis de pH con papel indicador y densidad con picnómetro. Las pruebas se realizaron a dos tipos de mieles: una de *Tetragonisca angustula* y otra de *Apis mellifera*, ambas del municipio de Vianí (figura 59).

Figura 59

Mieles utilizadas en la práctica demostrativa con estudiantes



Nota. A la izquierda la miel de *Tetragonisca angustula* y a la derecha la de *Apis mellifera* se evidencia la diferencia en tonalidades, la cual es reflejo de sus diferencias. Fotografía tomada por el autor (2025).

De esta manera, se realizaron los procedimientos siguiendo los pasos descritos anteriormente (en el apartado de análisis fisicoquímicos de mieles), de una manera clara y atendiendo las preguntas que a los (as) estudiantes les iban surgiendo. Así, se realizó la prueba de Biuret donde se obtuvieron los siguientes resultados: miel de *Tetragonisca angustula* más cercana a la muestra control que la de *Apis mellifera*, teniendo un “color azul verdoso” según varios estudiantes. Los estudiantes señalaron en la guía entregada que: “tiene más proteína la miel de nativas” o que la miel de *Tetragonisca angustula* “tiene harta proteína porque se acerca al control”, lo cual señala que hicieron un análisis pertinente de los resultados obtenidos, puesto que también se relacionan con los obtenidos en la práctica previamente realizada y que se justificó desde otras investigaciones.

Seguidamente, se realizó la prueba con el reactivo de Benedict siguiendo y detallando el paso a paso con los (as) estudiantes. En este caso señalaron que la miel de “*Apis mellifera* presenta más porcentaje de azúcares, tiene más glucosa que las nativas porque se acerca al Control”. De igual forma, se discutió la importancia del baño de ebullición para activar la reacción redox y así obtener el resultado del reactivo en las muestras. Estas actividades fueron de gran interés para los (as) estudiantes debido a que el cambio de color producto de una reacción química fue muy llamativo y permitió relacionar el conocimiento teórico visto en las sesiones previas, concordancia con lo planteado por Ausubel (1983) sobre relacionar de manera sustantiva los saberes de los (as) estudiantes.

Asimismo, se realizó la prueba de pH con tiras de papel indicador ácido base, donde se obtuvieron resultados según las guías escritas de los (as) estudiantes de un valor para “*Tetragonisca angustula* entre 4 y 5 y para *Apis mellifera* de 5”, lo cual se relaciona estrechamente con los valores obtenidos en la práctica de laboratorio de la UPN. Para la prueba de densidad se utilizó un picnómetro de 5,06 ml para *Tetragonisca angustula* y otro picnómetro de 12 ml para la miel de *Apis mellifera*, según las guías de los (as) estudiantes se obtuvieron los siguientes resultados.

Teniendo en cuenta la fórmula:

$$D = \frac{(m2 - m1)}{v}$$

Se obtiene para *Tetragonisca angustula* una densidad de:

$$D = \frac{(20,5 \text{ g} - 14,2 \text{ g})}{5,06 \text{ ml}} = 1,2 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

Para *Apis mellifera* una densidad de:

$$D = \frac{(55,9 \text{ g} - 29,5 \text{ g})}{12 \text{ ml}} = 2,2 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

El valor obtenido difiere de la prueba de densidad realizada en el laboratorio de la Universidad donde se obtuvo el valor de 1,375 g/ml), sin embargo, se debe tener en cuenta que la temperatura fue de 27 °C en el momento de la práctica. La cual, es la condición que hace diferir los valores de densidad obtenidos, puesto que a mayor temperatura menor densidad y teniendo en cuenta que la temperatura en Bogotá en el momento de la práctica fue de 22 °C, hubo una diferencia de 5 °C con la práctica realizada en la institución en Bituima, esto señala que la densidad disminuyó debido a la variación de temperatura. Por otra parte, el resultado de *Apis Mellifera* fue mayor, lo que ratifica lo que se observa a simple vista, puesto que esta se ve mucho más densa que la de la abeja nativa y lo que se relaciona con la prueba de Benedict que muestra que la de *Apis Mellifera* tiene más porcentaje de azúcares reductores y como señala un estudiante: “la densidad hace que la dulzura varíe” mostrando una relación directa con la identificación de las propiedades de la miel.

Figura 60

Resultados obtenidos en las pruebas de la práctica demostrativa



Nota. Al fondo a la izquierda los resultados de la prueba de Benedict, a la derecha los resultados del reactivo de Biuret y al frente los picnómetros con las muestras utilizados. Fotografía tomada por el autor (2025).

Práctica de laboratorio de fermentación láctica (pan de abejas)

Dentro de las prácticas de meliponicultura es importante la preparación de alimento para las colmenas en periodos de poca disponibilidad de recursos para las abejas, una de las técnicas es la inoculación y fermentación láctica con ayuda de la harina de soya y microorganismos recolectados de las colmenas. Esta es una práctica ampliamente utilizada, sin embargo, es importante tener algunos cuidados, como alimentar las mismas especies de abejas de donde provienen las muestras de microorganismos, lo mismo que no utilizar estos alimentos en regiones distintas a las de la muestra tomada. Por tal razón, esta práctica se fundamenta en el aprendizaje sobre el concepto de fermentación láctica y la conservación de las abejas nativas.

Para la realización de esta práctica se alistaron los instrumentos a utilizar por cada grupo de forma previa (figura 61). De igual forma, materiales como la harina de soya, el azúcar, el agua potable y los microorganismos (pan de abejas) fueron facilitados por el docente. La muestra de pan de abejas se cosechó una semana antes de la práctica y se mantuvo en refrigeración dentro de las ánforas de cera como estaban en la colmena. Por lo cual, los (as) estudiantes tuvieron que retirar la cera y dejar solo el pan de abejas durante la práctica, esto permitió conocer de más de cerca las estructuras donde las abejas guardan sus alimentos y donde se realizan procesos como los de la fermentación.

Figura 61

Instrumentos entregados a estudiantes

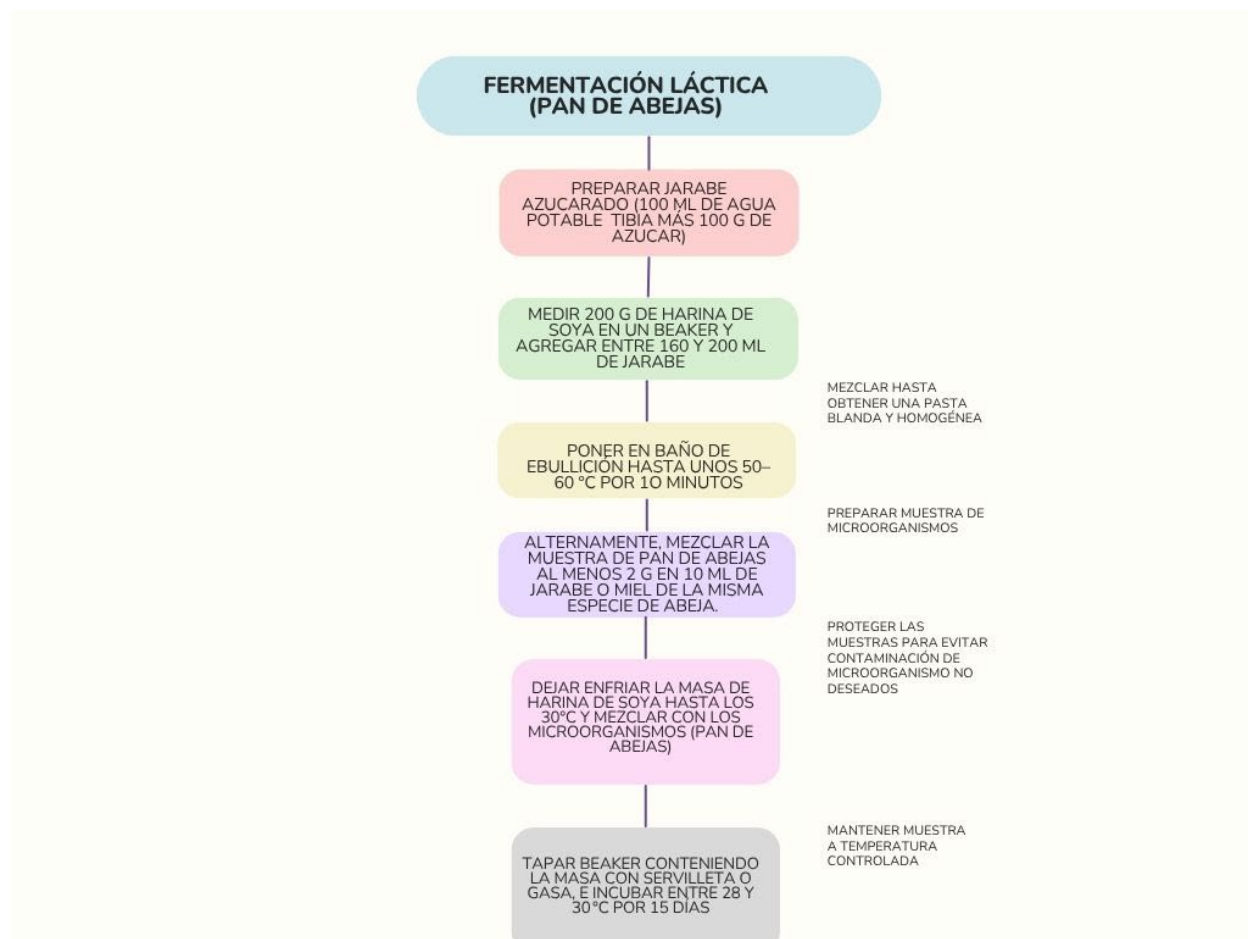


Nota. Estos elementos fueron lavados y alistados previamente. Fotografía tomada por el autor (2025).

De esta manera, en primer lugar, se entregó la guía de laboratorio para su lectura y socialización, despejando algunas preguntas, posteriormente se entregaron los materiales y se empezó el proceso (figura 62). Los (as) estudiantes prepararon el jarabe, la masa de soya (el baño de ebullición fue controlado por el docente), la preparación de los microorganismos, la mezcla final y tapado de la muestra. Algunos factores a tener en cuenta, fue que solo se contaba con una gramera, lo cual hizo que algunos grupos se retrasaran en la toma de medidas de las muestras. El tiempo en que se realizó el baño de ebullición y el posterior enfriamiento de la muestra, permitió a los (as) estudiantes preparar los microorganismos y tenerlos listos en la caja de Petri tapada y resolver algunas preguntas de la guía.

Figura 62

Esquema del procedimiento para la elaboración de pan de abejas



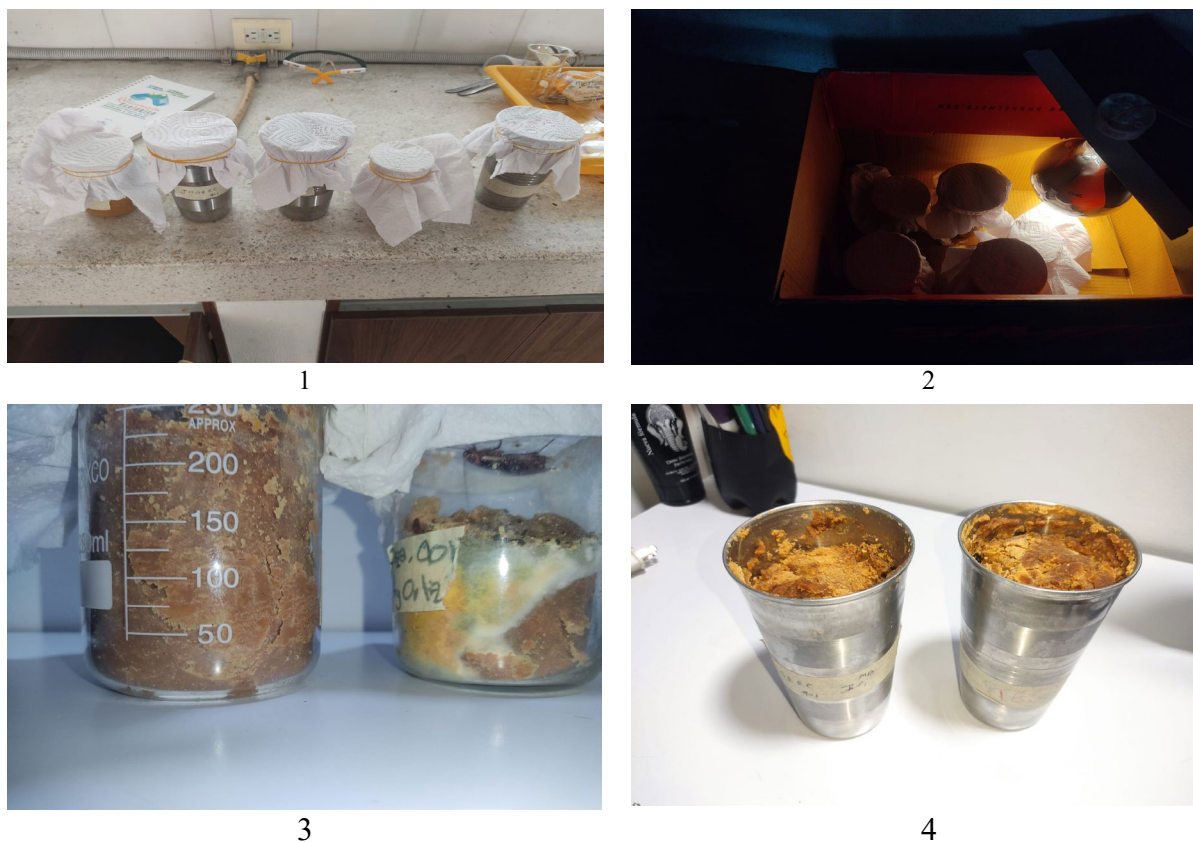
Nota. Esquema construido a partir de información presentada en Campo Colombia (2024).

Así, los (as) estudiantes realizaron el proceso y obtuvieron las cinco muestras con los cultivos de microorganismo lácticos. Los cuales, se mantuvieron en una temperatura aproximada de 30 °C por 15 días (figura 63), facilitando la reproducción de los microorganismos, como señaló un grupo de estudiantes “la temperatura hace que los microorganismos tengan un ciclo de vida constante y se puedan reproducir”, asimismo, otros estudiantes relacionaron la temperatura con la conservación y una condición esencial para que se produzca la fermentación. Por otra parte, se abordaron los cuidados que se deben de tener durante la manipulación, un grupo de estudiantes indica que “si no se tiene la higiene correcta la mezcla podría estar contaminada y tiene que desecharse”, lo cual

paso con tres de los cinco cultivos realizados (figura 63). Esto pudo estar relacionado con la esterilidad de los instrumentos o la manipulación descuidada por parte de los (as) estudiantes.

Figura 63

Muestras realizadas por estudiantes



Nota. 1. Las muestras que trabajaron 5 grupos de estudiantes al final de la práctica de laboratorio. 2. Muestras a temperatura controlada mediante un bombillo de 400 W y un timer (instrumento para controlar el flujo de corriente eléctrica durante las 24 horas del día) para controlar el encendido y apagado de este. 3. Revisión de las muestras a los 5 días (una se descarta por contaminación). 4. Posterior a los 15 días dos muestras con resultados positivos para la inoculación de microorganismos lácticos de pan de abejas, en total tres son descartadas por presencia de hongos como *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, entre otros. Fotografía tomada por el autor (2025).

De este modo, los (as) estudiantes pudieron hacer diversos análisis mediante lo observado y hecho en la práctica, los cuales los aproximaron a diversas inferencias. Por ejemplo, un grupo señaló en la guía que “los azúcares del jarabe de azúcar y el polen son transformados en ácido láctico” lo

que muestra una apropiación sobre lo que se produce en la fermentación láctica. Además, asociaron las características que se adquieren posterior a la fermentación, por ejemplo, indicaron que “el ácido láctico baja el pH, evitando el crecimiento de microorganismos dañinos” o “este proceso hace el alimento más nutritivo, enriquece el alimento con vitaminas, enzimas y compuestos bioactivos, lo que hace que sea más fácil de digerir para las abejas”, evidenciando la asociación de diversas condiciones que se favorecen con el proceso. Además, a diferencia del cuestionario diagnóstico, se evidencia que los (as) estudiantes reconocen que la fermentación es producto de microorganismos, como se evidencia en la siguiente frecuencia de palabras que se elaboró con las respuestas en las guías de laboratorio.

Figura 64

Microorganismos que realizan la fermentación



Nota. Los (as) estudiantes reconocen que los microorganismos responsables de la fermentación láctica son las bacterias. Fuente: figura adaptada a partir de NVivo (versión 10).

Asimismo, se encontró que los (as) estudiantes relacionaron la práctica de laboratorio con las características alimenticias de las abejas, por ejemplo señalaron que el pan de abejas “es fuente concentrada y fermentada de nutrientes que proporcionan proteínas de alta calidad”, lo cual es de gran valor para los resultado de esta sesión. Es por esto por lo que teniendo en cuenta el indicador (significación sobre fermentación y características fisicoquímicas de la miel) de la sesión, se puede

establecer que se contribuyó significativamente con el propósito planeado. De igual forma, esta experiencia permitió la comprensión de la importancia ecológica y funcional de las ANSA, integrando lo visto en los conocimientos previos, lo aprendido en las sesiones anteriores y la experimentación, generando una reflexión sobre la biodiversidad. Lo que demuestra que el laboratorio permite la construcción activa del conocimiento (Gil y Carrascosa, 1985) permitiendo que los (as) estudiantes observen e interpreten los fenómenos o procesos.

Sesión 8: cuestionario final de aprendizaje

Figura 65

Presentación de cuestionario final



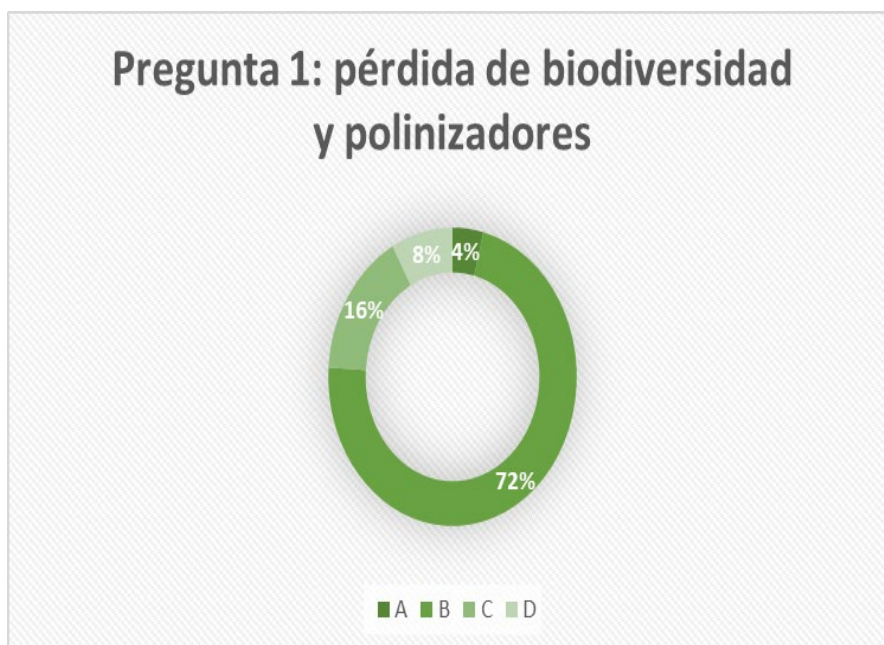
Nota. Fotografía tomada por el autor (2025).

El cuestionario final evidenció avances significativos de los aprendizajes con las temáticas tratadas en el transcurso de las sesiones de la secuencia didáctica. Este cuestionario buscó evaluar a los (as) estudiantes desde situaciones reales donde tuvieran que relacionar lo trabajado en las actividades (como se detalla en la sesión 8 de la secuencia didáctica). Por ejemplo, las preguntas uno y dos abordaban principalmente situaciones asociadas a la reflexión sobre la conservación de los polinizadores y la biodiversidad.

En la pregunta uno se encontró que el 72% de los estudiantes contestaron la respuesta correcta (figura 66), la cual relacionaba la importancia de conservar los diferentes niveles de la biodiversidad con la afectación a los polinizadores, las cosechas nativas y los ecosistemas, como señala una estudiante: “al no haber polinizadores suficientes las plantas no tienen el mismo nivel de producción, y eso afecta al ecosistema porque todos dependen de todos”, evidenciando una clara relación con el papel ecológico de la diversidad. Mientras que un 16% respondieron que los problemas de semillas no tienen relación con la biodiversidad, solo depende del clima, lo cual visibiliza que no hubo una apropiación global y se siguen teniendo resistencia al cambio de los conocimientos previos de los estudiantes, lo cual demuestra que se requieren actividades con mayor tiempo de desarrollo.

Figura 66

Respuestas a la primera pregunta del cuestionario final



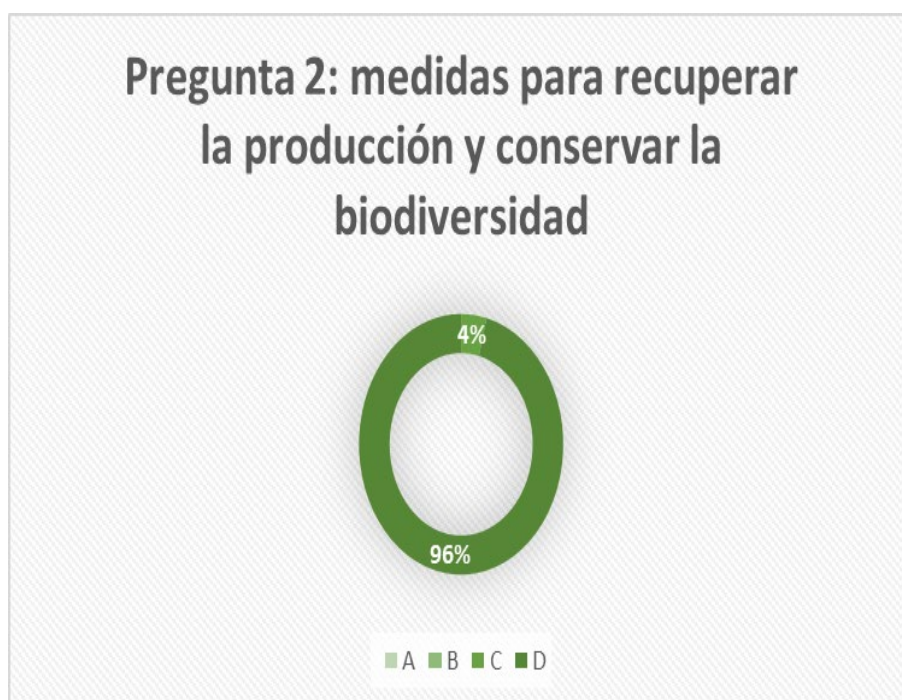
Nota. En una actividad comunitaria en la provincia del Magdalena Centro, los campesinos (as) están preocupados porque cada año se ven menos variedades de café y fríjol en sus parcelas, y además notan que algunos cultivos de flores como el de maracuyá, guayaba, gulupa, entre otros producen menos semillas. Una estudiante propone que esto está relacionado con la pérdida de biodiversidad y con cambios en los polinizadores. ¿Cuál sería la explicación más completa? Respuesta correcta: b. La pérdida de diversidad

genética en cultivos y de especies de polinizadores afecta la reproducción de las plantas; además, la reducción de hábitats impacta la biodiversidad de ecosistemas. Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en la segunda pregunta que relacionan las prácticas rurales con las afectaciones al ecosistema se obtuvo un 96% en el acierto de la respuesta. Esto evidencia una apropiación sobre el análisis de situaciones de sus contextos, como justifica un estudiante: “reforestar y disminuir químicos fomenta hábitats para los polinizadores” asimismo otro estudiante señala que “si reforestamos con especies nativas hay más especies nativas y ayudamos a que el medio crezca y las especies nativas polinicen” observado una clara relación con la importancia de conservar los polinizadores nativos y de la afectación que genera el uso de plaguicidas. Los resultados de estas preguntas atienden a lo encontrado en las sesiones trabajadas sobre estos temas y el correspondiente indicador de aprendizaje significativo para estas sesiones.

Figura 67

Respuestas a la segunda pregunta del cuestionario final



Nota. En un municipio del departamento del Meta, algunas campesinas (os) notaron que sus cultivos de tomate, calabaza y auyama están produciendo menos frutos que en años anteriores. Tras indagar con otros productores de la zona, encontraron que desde hace unos años se ha producido la deforestación de un bosque

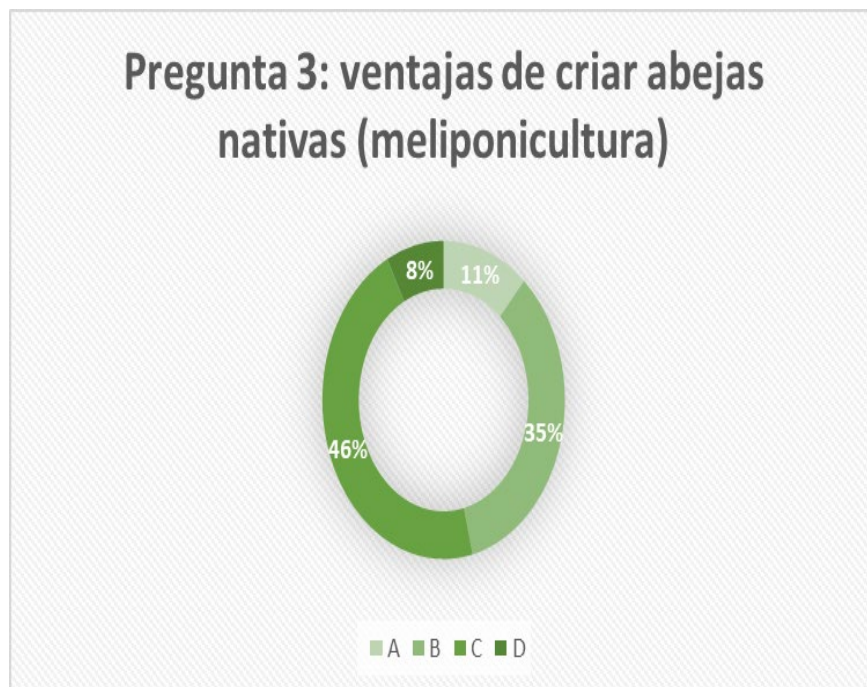
cercano para el establecimiento de un monocultivo de palma africana (con la que producen aceite) y esto afectó la presencia de abejas, mariposas y colibríes en la zona. Al mismo tiempo, aumentó el uso de plaguicidas para controlar plagas en los cultivos. ¿Qué medidas podrían tomar los campesinos (as) para recuperar la producción y conservar la biodiversidad? Respuesta correcta: d. Reforestar con especies nativas y reducir los químicos, promoviendo hábitats para polinizadores. Fuente: elaboración propia.

La pregunta tres se enfocó en evaluar los conocimientos asociados a las características de las abejas, su diversidad y la meliponicultura. De este modo, la pregunta relacionó las prácticas de abejas nativas (y sus características) con la importancia para el ecosistema, así, se encontró que 35% respondieron la respuesta correcta (figura 68), lo que representa un avance significativo con respecto al cuestionario diagnóstico (pues la mayoría de las (os) estudiantes no conocían la existencia de las abejas nativas). Además, se encontraron justificaciones que demuestran un acercamiento a la importancia de la meliponicultura, por ejemplo, una estudiante expone que la meliponicultura “ayuda a que no se afecte la biodiversidad y aumenta la población de abejas nativas de la región” observando una claridad de sus beneficios ecosistémicos.

La respuesta más votada por los (as) estudiantes relacionaba la abejas nativas con la agresividad y defensa del territorio, esta respuesta puede significar un apego sobre los conocimientos previos que traían los (as) estudiantes, dado que en el cuestionario diagnóstico predominó la idea de que las abejas son peligrosas, esto se relaciona con lo que señala Ausubel (2002) que advierte sobre la resistencia al cambio de conocimientos previos construidos a lo largo del tiempo desde las propias experiencias. Por lo cual, estas miradas se esperan cambiar (más a largo plazo) con las futuras interacciones que tengan los (as) estudiantes con el meliponario establecido en la institución, pues a pesar de que ya hubo un primer acercamiento al contacto con abejas nativas, se requiere un mayor relacionamiento de los (as) estudiantes con estas. Por lo cual, teniendo en cuenta el análisis de la pregunta y relacionándola con su indicador, los estudiantes sí lograron distinguir características de las abejas, y se requiere más tiempo para comprender su diversidad.

Figura 68

Respuestas a la tercera pregunta del cuestionario final



Nota. Un grupo de jóvenes emprendedores quiere iniciar un proyecto de meliponicultura con abejas nativas sin aguijón, pero no tienen claro en qué se diferencian de las abejas *Apis mellifera*. ¿Cuál sería una ventaja de criar abejas nativas? Respuesta correcta: b) Se adaptan mejor al ecosistema local y ayudan a conservar la biodiversidad. Respuesta más seleccionada: c) Son más agresivas y defienden mejor el territorio. Fuente: elaboración propia.

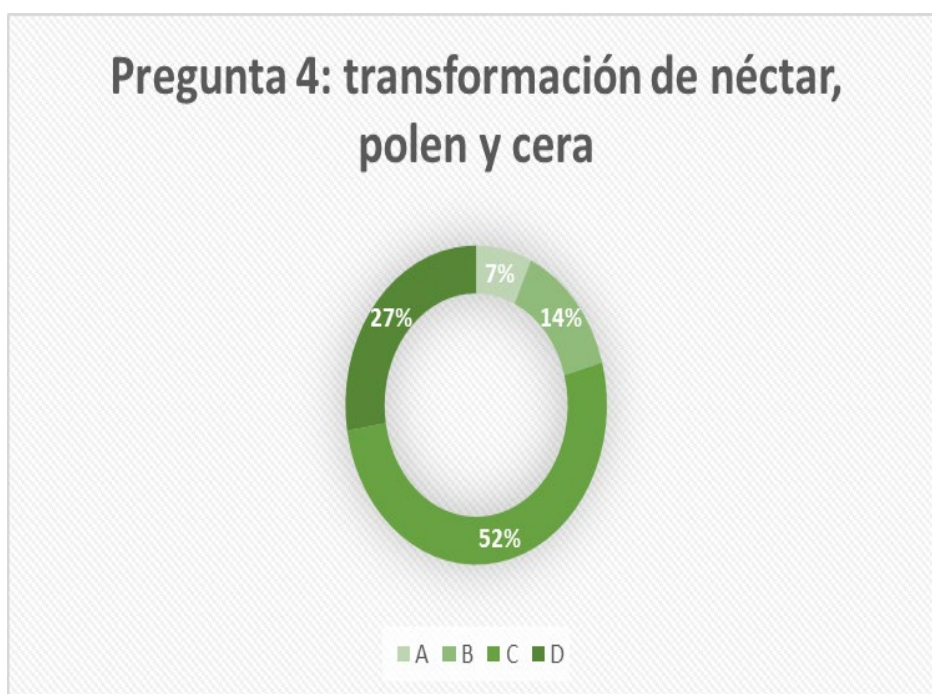
En la pregunta cuatro, se evaluó el aprendizaje relacionado con las características de algunos productos de las abejas. Se encontró que el 52% de los (as) estudiantes respondieron la respuesta correcta (figura 69), identificando algunas características bioquímicas de la miel, el polen y la cera y los procesos que realizan las abejas para su obtención. Por ejemplo, un estudiante justificó lo siguiente: “ya que en el laboratorio hicimos el experimento confirmamos que el pan de abejas se hace con la fermentación”, demostrando que la práctica laboratorio fue fundamental para relacionar a los (as) estudiantes con el cambio que surge el polen desde que las abejas pecoreadoras lo recogen, hasta que está listo para consumir después del proceso de fermentación láctica que ocurre dentro de las colmenas.

Teniendo en cuenta el cuestionario diagnóstico se evidencia que los (as) estudiantes fortalecieron los conocimientos asociados a la ecología y fisiología de las abejas. Sin embargo, se resalta que un porcentaje alto seleccionó respuestas como las d (la miel es polen molido con agua; el pan de abejas es néctar fermentado; y la cera se obtiene de la deshidratación del néctar) demostrando que los conceptos

desarrollados representan aún una complejidad para la comprensión por parte de los estudiantes y evidencia que se requiere mayor tiempo para su desarrollo.

Figura 69

Respuestas a la cuarta pregunta del cuestionario final



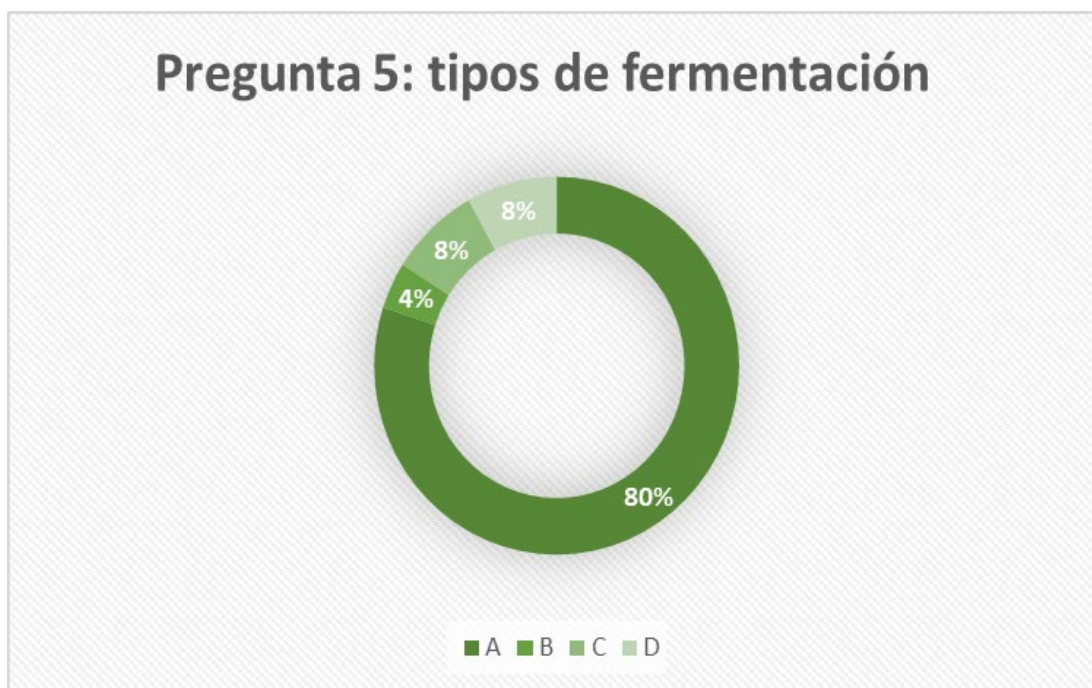
Nota. Un grupo de estudiantes hace una exposición sobre cómo las abejas transforman el néctar en miel, el polen en pan de abejas y producen cera para construir panales y diversas funciones en la colmena. Uno de ellos afirma: “La miel es solo néctar guardado; el pan de abejas es polen acumulado, y la cera se produce de las flores”. ¿Cuál explicación corrige mejor a su compañero? Respuesta correcta: c) La miel se forma cuando las abejas agregan enzimas al néctar y al perder humedad; el pan de abejas surge de la fermentación del polen; y la cera es sintetizada en el cuerpo de las abejas. Fuente: elaboración propia.

Continuando, la pregunta cinco se enfocó en evaluar los conocimientos relacionados con la fermentación y los tipos de fermentación. En esta ocasión, el 80% de los (as) estudiantes respondieron correctamente al relacionar algunos tipos de fermentación con sus productos químicos finales (figura 70), para esta pregunta una estudiante justificó lo siguiente: “porque hay varios tipos de fermentación que son diferentes, ya que hay microorganismos que fermentan diferentes cosas”. Esto representa un avance significativo, en cuanto a lo que se evaluó en el cuestionario diagnóstico, puesto que solo era el 33% los que se situaban en la categoría de una

definición básica de fermentación y ninguno lo asociaba con la acción de microorganismos ni reconocía los diferentes tipos que hay.

Figura 70

Respuestas a la quinta pregunta del cuestionario final

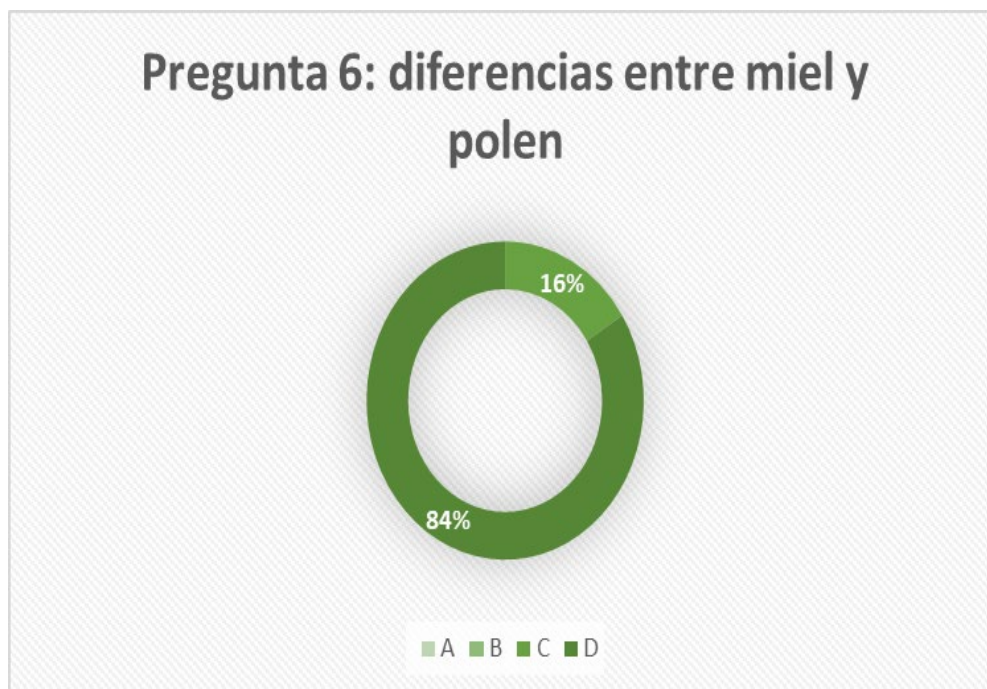


Nota. En la clase de ciencias, los (as) estudiantes comparan fermentación alcohólica, láctica y acética. Una estudiante comenta que “todas producen alcohol”. Otro afirma que “la fermentación solo sirve para hacer bebidas alcohólicas”. ¿Qué explicación aclara mejor la diferencia entre los tipos de fermentación? Respuesta correcta: a) La alcohólica produce etanol y CO₂; la láctica produce ácido láctico (importante en yogur y pan de abejas); y la acética transforma alcohol en ácido acético (vinagre). Fuente: elaboración propia.

Asimismo, la pregunta seis evaluó el aprendizaje de algunas características de la miel y el polen de manera más detallada (figura 71). Para este caso un 84% de los (as) estudiantes seleccionaron la respuesta correcta, reconociendo que la miel es una fuente energética debido a que tienen azúcares y el polen una fuente de proteica. Las dos preguntas anteriores evidencian que el indicador (significación sobre fermentación y algunas características fisicoquímicas de la miel) abordado en varias de las sesiones, obtuvo un alcance significativo.

Figura 71

Respuestas a la sexta pregunta del cuestionario final



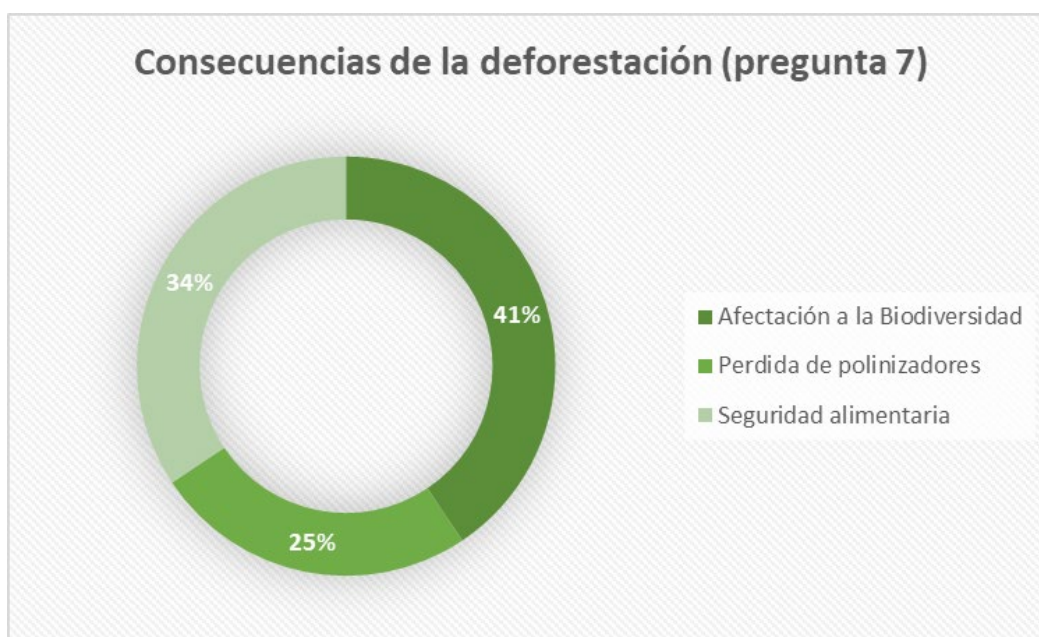
Nota. En una feria de ciencia en Cundinamarca, un grupo de estudiantes presenta los productos de la colmena. Una visitante dice: “La miel y el polen son lo mismo, solo que en diferentes formas: ambos son azúcares dulces”. Tú, como parte del grupo, debes explicar la diferencia. ¿Cuál sería la mejor respuesta? Respuesta correcta: d) La miel es rica en azúcares simples (glucosa y fructosa) gracias a las enzimas de las abejas; el polen es principalmente una fuente de proteínas, vitaminas y minerales. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, la siguiente parte del cuestionario (las preguntas siete a la doce) fueron de tipo abierta (enfocándose en los dominios del hacer y del ser). De este modo, la pregunta siete se enfocó en analizar una situación problema relacionada con la deforestación para sembrar pastos y como esto afecta a los polinizadores. En las respuestas se encontró una asociación directa con la pérdida de polinizadores (figura 72), como señala un estudiante: “habría menos polinizadores para los cultivos y las abejas no encontrarían polen” para su alimentación. De igual forma, esto se relacionó con una mirada en donde se afecta las cosechas, por ejemplo, una estudiante escribió que “sin abejas suficientes la producción de alimentos bajara y los alimentos no podrán ser cosechados

debidamente” evidenciando la asociación de las abejas y la polinización con la soberanía alimentaria.

Figura 72

Análisis de las respuestas pregunta siete del cuestionario final



Nota. Se evidenció que los (as) estudiantes identificaron las problemáticas que tiene la deforestación (categorías analizadas desde NVivo). Fuente: elaboración propia.

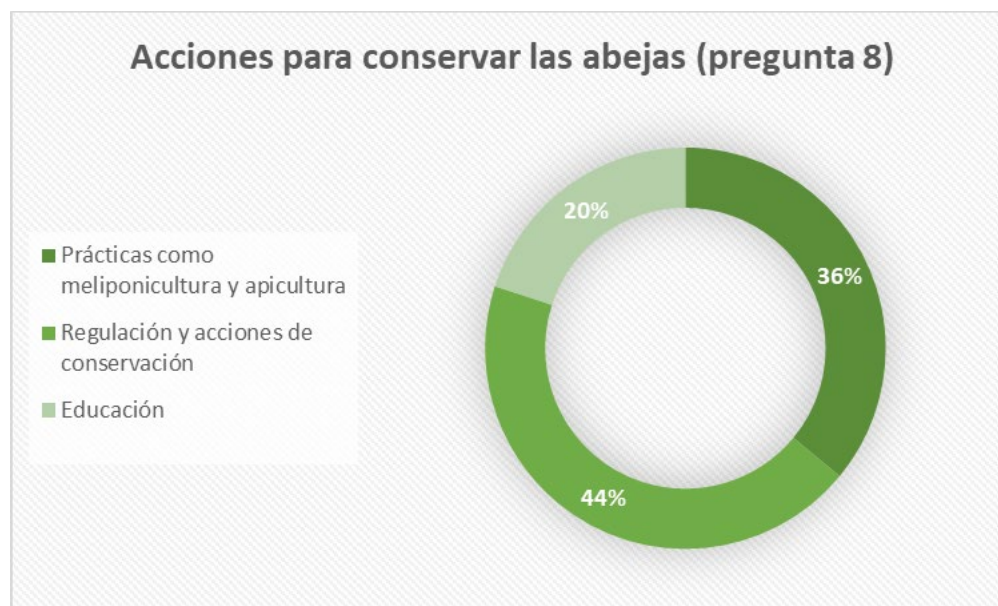
Asimismo, en relación con lo anterior se encontró que los (as) estudiantes asociaron directamente esta situación con una afectación en la biodiversidad. Por ejemplo, un estudiante dice: “se podrían quedar sin hábitat muchas especies polinizadoras, especialmente especies nativas, muchas fuentes hídricas sin agua” notando que hay un reconociendo por las relaciones ecológicas que se establecen en el ecosistema.

Continuando, la pregunta ocho se enfocó en conocer las propuestas que harían los (as) estudiantes (desde un comité municipal) para conservar las abejas nativas. En el análisis de respuestas se encontró que la mayoría sugirieron acciones directas para su conservación (figura 73), por ejemplo una estudiante señala que propondría acciones para “reforestar con especies nativas y reducir los químicos, promoviendo hábitats para polinizadores”, otro estudiante dice: “limitar la tala de árboles y hacer casa para abejas, sembrar plantas más comunes que consuman

las abejas, ya que además de ayudar al ambiente producen miel” evidenciando la importancia que tiene el bosque conservado para las abejas, al igual que lo perjudiciales que resultan para ellas algunos agroquímicos sintéticos.

Figura 73

Categorías de las respuestas a la pregunta ocho



Nota. A pesar de que se crean estas tres categorías, es importante señalar que todas tienen el mismo propósito de conservar las abejas. Fuente: elaboración propia.

De igual manera, otra categoría que surgió de las respuestas fue que la conservación de estas especies se puede hacer desde las prácticas responsables, así, un estudiante escribió: “propondría medidas como colmenas de producción y cuidado para que vivan bien y las personas puedan aprender a cuidarlas”, asimismo otra estudiante dice que “propondría cuidar panales y tener un espacio reservado para las abejas” resaltando la importancia de una interacción para su conocimiento y conservación. Relacionado con esto, se encontraron respuestas enfocadas en actividades educativas, un estudiante señala que “haría campañas de cuidar las abejas y enseñaría cómo poder tener los panales en un lugar seguro”, resaltando la importancia del papel educativo en su conservación. Se exponen solo algunas respuestas de los (as) estudiantes; sin embargo, todas son de gran valor para la reflexión propuesta en el tercer objetivo sobre la conservación de las abejas nativas y la biodiversidad.

Por otra parte, la pregunta nueve indagó sobre acciones que los (as) estudiantes quisieran que se implementaran relacionadas con un proyecto de meliponicultura. La mayoría se centraron en describir actividades realizadas durante las sesiones, como cata de mieles, charlas, interactuar con las abejas, entre otros. Además de esto, reconocen la importancia de realizar salidas de campo para profundizar en el tema (se debe tener en cuenta que en el proyecto se propuso una salida pedagógica a un santuario de abejas; sin embargo, no se logró realizar por falta de recursos económicos). Conviene subrayar apuestas como la del siguiente estudiante: “un primer paso sería montar un invernadero lleno de plantas”, resaltando la importancia de la reforestación con especies nativas para el cuidado de las abejas. Por otra parte, se encontró esta respuesta de una estudiante donde propone hacer “actividades de construir una zona para ellas y de miel, podemos inspeccionar que podemos hacer con la miel aparte de remedio casero”, evidenciado el valor de proteger las abejas y además el de intereses investigativos con las propiedades de la miel.

Compromisos y autoevaluación

La pregunta diez se enfocó en recoger los compromisos que consideran los (as) estudiantes para la conservación de las abejas nativas y la biodiversidad. La mayoría enfatizaron en la necesidad de cuidar las plantas y no deforestar, así como no molestar ni tumbar las colmenas de abejas silvestres, se resalta que varios (as) enfatizaron en la importancia de “no matar” los polinizadores y proteger el hábitat. Además de esto se encontraron otras respuestas como la del siguiente estudiante que dice que los compromisos son “cuidar el planeta así las abejas estarían sanas y los procesos que realizan”, visibilizando acciones más globales para lograr el objetivo de la conservación.

Asimismo, una estudiante expone otro factor que se debe tener en cuenta: “no meter otros animales [haciendo referencia a la introducción de especies que pueden alterar el ecosistema local (puesto que se habló mucho durante las sesiones sobre la introducción de *Apis mellifera* en el continente americano)] y mucho menos esos químicos que intoxican las abejas”, demostrando una claridad de este tipo de afectaciones a la biodiversidad. Lo anterior refleja una ubicación de los (as) estudiantes en la categoría de interculturalidad en la tipología de ciudadanías tipo D, debido a que se construyeron actitudes de respeto hacia la biodiversidad.

La pregunta once y doce funcionaron como autoevaluación de los (as) estudiantes. La once se relacionó con el fortalecimiento de habilidades personales durante el desarrollo de las sesiones. La mayoría enfatizó en una mejora en la autonomía y en el respeto por la naturaleza, por ejemplo, una estudiante señaló que desarrolló como habilidad “la capacidad de entender la importancia de cuidar la biodiversidad” lo cual atiende totalmente a los objetivos de este proyecto. En cuanto a la pregunta doce, relacionada con el trabajo en equipo, los (as) estudiantes señalaron la importancia de escucharse y la colaboración, así, una estudiante escribió que: “me enseñó que en el trabajo en equipo se obtienen mayores resultados de aprendizaje y respeto mutuo al igual que la organización”, asimismo otro estudiante señaló “que todos sabíamos pequeñas cosas y podíamos aportar un poco de cada uno de nosotros” evidenciando los valores del trabajo en equipo.

Este cuestionario permitió evidenciar los alcances que tuvo la secuencia didáctica y sirvió como instrumento evolutivo que contribuyó a entender el proceso desde cada una de las sesiones. Este ejercicio permitió que los (as) estudiantes demostraran el aprendizaje significativo a partir de la relación de conceptos y las maneras que las aplican en la resolución de problemas (Novak y Gowin, 1988). Asimismo, enfrentar a los (as) estudiantes a diversas situaciones se relaciona con lo que plantea Ausubel al señalar que “el aprendizaje significativo solo puede comprobarse cuando el alumno demuestra haber adquirido una comprensión profunda y estable de los significados, capaz de aplicarlos a nuevas situaciones” (Ausubel, 2002, p. 87) lo cual se logró con el desarrollo y resultados del cuestionario.

Para terminar, es necesario mencionar que se conformó un grupo de siete estudiantes que se comprometieron a mantener y realizar actividades en torno a la conservación desde las abejas nativas, desde el cuidado de las colmenas en el meliponario escolar, hasta el estudio y desarrollo de nuevas propuestas. Con este grupo se han realizado actividades alternas como la elaboración e instalación de dispositivos atrayentes y monitoreo de las colmenas. Este grupo se proyecta como un semillero que pretende dar continuidad y mantener en el tiempo la investigación escolar enfocada en la conservación de las abejas nativas y la biodiversidad.

Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones obtenidas de la formulación e implementación de la secuencia didáctica, el análisis y reflexión sobre los resultados. En primera instancia, se retoma el

primer objetivo específico, el cual se cumplió, debido a que se logró implementar prácticas de meliponicultura, las cuales fueron asociadas como una posibilidad para la conservación de la biodiversidad, gracias al acercamiento que se realizó desde distintas actividades como el análisis de las cajas modulares, la instalación del meliponario, el conocimiento de la diversidad de mieles, la feria de la ciencia, entre otras. Mediante estas sesiones las (os) estudiantes relacionaron que las prácticas de meliponicultura significan un gran potencial para los servicios ecosistémicos (como la polinización) y la conservación de la biodiversidad y que no solo representan la producción de miel, propóleo, cera u otros.

Asimismo, teniendo en cuenta el segundo objetivo, se desarrolló una secuencia didáctica que logró abarcar de manera lineal, desde los conocimientos previos de los (as) estudiantes hasta la evaluación de los aprendizajes en situaciones diversas y diferentes contextos. Teniendo en cuenta los análisis de las sesiones y el cuestionario final, se evidenció que las (os) estudiantes resignificaron sus conocimientos relacionados con el proceso de fermentación y la manera en que el néctar se transforma en miel. Aprendiendo características como las propiedades y biodisponibilidad que adquiere el polen por la acción de los microorganismos que realizan la fermentación láctica o sobre la acción enzimática por la que atraviesan compuestos del néctar como la sacarosa y la glucosa para obtener las características y propiedades de la miel.

En cuanto al tercer objetivo, en la mayoría de las sesiones se relacionaron los temas con la importancia de la conservación de las abejas nativas y la biodiversidad, generando reflexiones de distintos tipos, como la importancia de no deforestar los bosques para cuidar el hábitat para los polinizadores y su diversidad asociada. Reconociendo que la diversidad biológica está presente en distintos niveles y que, para su conservación, es de vital importancia conocer el papel de la polinización. Además, porque mantiene la producción de alimentos, sustenta cadenas tróficas y permite conservar los sistemas ecológicos, que requieren cuidado y corresponsabilidad para garantizar la vida en todos los niveles. Lo cual, se relaciona con una construcción de ciudadanía tipos D, sin embargo, se resaltan también asociaciones a los tipos C y E, puesto que se promovió un abordaje de situaciones socioambientales desde la química y una reflexión sobre la importancia de hacer cambios en la cotidianidad social para encontrar maneras sustentables de relacionarnos en la biosfera.

De esta manera, la secuencia didáctica permitió abordar todas las temáticas planteadas y el cumplimiento de los objetivos. Siendo pertinente haber abordado el concepto de biodiversidad de manera macro en primera instancia y terminado con las prácticas de laboratorio que evidenciaron procesos a nivel micro. Así, los (as) estudiantes construyeron significados nuevos anclados a sus conocimientos previos, haciendo relaciones entre las características bioquímicas, (como fue un acercamiento a conceptos como fermentación y los procesos enzimáticos, entre otros) y ecológicas en torno a las prácticas con abejas nativas sin aguijón. Lo cual, se pudo lograr y medir con los indicadores de aprendizaje significativo planteados para cada sesión.

En cuanto a las prácticas de laboratorio, se demuestra que las pruebas cualitativas (en el caso del análisis fisicoquímico de mieles) como la prueba de Biuret, Benedict y pH, se obtuvieron valores cercanos de los que se obtienen con métodos más analíticos. La cual, se evidenció con la comparación de los datos obtenidos de las mieles analizadas con información de diferentes autores. De igual forma, las prácticas de laboratorio permitieron evidenciar la teoría con resultados observados, como por ejemplo el caso de la variación de la densidad con el cambio de temperatura, la activación por temperatura de la reacción redox de la determinación de azúcares reductores, las interpretaciones hechas de los resultados del análisis de proteínas, entre otros. Asimismo, que los (as) estudiantes se acercaran a la elaboración de pan de abejas y que pudieran relacionar el proceso de fermentación que ocurre, constituyó un valor esencial para el aprendizaje significativo de este proceso.

Sobre la evaluación del aprendizaje significativo, los instrumentos que fueron construidos y utilizados posibilitaron analizar y evidenciar la construcción de conocimientos en los (as) estudiantes. Se resalta el diagrama en V de Gowin y el mapa conceptual, los cuales permitieron evidenciar como los (as) estudiantes relacionan conceptos y los asocian con el contexto. Asimismo, los cuadros comparativos y las infografías representaron la posibilidad de que se pudieran plasmar diversas asociaciones que hicieron los (as) estudiantes. En cuanto a los cuestionarios, son instrumentos de gran fiabilidad para evaluar conocimientos previos y aprendizajes finales y donde las preguntas abiertas y las justificaciones a las preguntas cerradas, permitieron una adecuada evaluación de los aprendizajes. Para esto, fue esencial el uso de herramientas digitales como NVivo para la organización, categorización y análisis de la información recopilada.

Por último, se resalta que la meliponicultura posibilitó integrar de manera transversal las áreas de ciencias naturales, construyendo aprendizajes asociados a la bioquímica. Además, la implementación reforzó la profundización en agropecuarias que tiene actualmente la Institución. Para concluir, se evidencia que la meliponicultura es una alternativa que permite involucrar a la comunidad de una manera más cercana e intrínseca al desarrollo de corresponsabilidad sobre la conservación de la biodiversidad. Posibilita desarrollar valores asociados al respeto con la naturaleza y reflexiones que invitan a hacer grandes cambios en las dinámicas actuales de la humanidad, hacia un enfoque sustentable que valora la concepción sistémica de los procesos que posibilitan la vida.

Recomendaciones

El montaje de un proyecto de meliponicultura requiere conocimiento previo sobre el tema, tiempo e interés para llevarlo a cabo. Puesto que, además de un pequeño presupuesto que se necesita para iniciar (por ejemplo, materiales y mano de obra para el meliponario, cajas tecnificadas para las abejas, herramientas básicas de meliponicultura, entre otros) se requiere tiempo para la obtención de las primeras colmenas. Por lo cual, es importante hacer asociaciones con diversos actores que puedan impulsar el inicio de estos proyectos (como en este caso la donación de colmenas por parte de Campo Colombia y el presupuesto y materiales por parte de La Reserva Ecológica La Manigua).

Asimismo, estos proyectos deben pensarse a largo plazo porque se adquiere un compromiso con las abejas y el ecosistema en el momento que se trabaja con la primera colmena. Por lo cual, es necesario tener la claridad de esto, para así involucrar a la comunidad que le interese y quiera aprender sobre la meliponicultura (como en este caso la elección voluntaria de un grupo de estudiantes que seguirán haciendo actividades alternas y continuando con el proyecto de meliponicultura en la Institución).

Para algunas sesiones el tiempo fue un factor limitante, por lo cual se sugiere que para temáticas como estas se disponga de una cantidad mayor de tiempo. Para prácticas de laboratorio, como la de fermentación láctica (elaboración del pan de abejas), es mejor trabajar con un grupo más pequeño de estudiantes, debido a que ellos (as) requieren (por lo menos en grado noveno) un alto acompañamiento en el proceso de la práctica (máximo 8 estudiantes por docente, para que los alcances sean más significativos).

Bibliografía

- Acevedo, D., & Marcano, N. (2010). Estrategias didácticas para la enseñanza de la bioquímica en educación secundaria. *Revista de Investigación*, 34(71), 45–63.
- Álvarez, F. P., & de Córdoba, U. (2012). *La comunicación química en las abejas: El lenguaje de las feromonas*.
- Amat, G., Andrade, M. y Amat, E. (2007). *Libro rojo de los invertebrados terrestres de Colombia*. Conservación Internacional Colombiana.
- Ander-Egg, Ezequiel. (2003). *Repensando la investigación-acción-participativa*. Grupo editorial Lumen Hvmanitas.
- Arizona State University. (2018, 10 de diciembre). Anatomía de abejas [Ilustración]. En ASU – Ask A Biologist. <https://askabiologist.asu.edu/anatom%C3%ADa-de-abejas-mel%C3%ADferas>
- Ausubel, D. P. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* (2.^a ed.). México: Trillas.
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Balseca, N., Quilligana, M. y Aman, D. (2024). Una mirada histórica en la enseñanza-aprendizaje de la química: mejorando la calidad educativa. *Pol. Con.*, 9(1), 1496-1506.
- Basile, M. I., Bejas, M., Castro, S., & Vater, J. (2009). *La planificación y sus componentes secuencia didáctica*. Mendoza, Argentina.
- Blanco-Rodríguez, J. C., Montilla-Rodríguez, M. A., Alban, D. M., & Escobar-Torres, M. C. (2023). Características fisicoquímicas de mieles obtenidas en unidades productivas de meliponicultura en la Amazonia colombiana. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 14(2), e-1028.

- Buitrago Garzón, F. A. (2016). Programa de curso para la enseñanza–aprendizaje de la bioquímica en grado undécimo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.
- Burgui, M. (2015). Hans Jonás: conservación de la naturaleza, conservación de la vida. *Cuadernos de Bioética*, XXVI 2015/2, p. 253.266.
- Cáceres Chan, R. I. (2020). *Aislamiento, purificación e identificación de los metabolitos secundarios mayoritarios del polen colectado por la abeja Melipona Beecheii*. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/3904>
- Campo Colombia. (2024). *Cartilla de cría y manejo de abejas sin aguijón*. Tercera edición.
- Cortés-Gómez, A. M., Rico-Aristizábal, G. I., & Amarillo-Suarez, A. R. (2023). Una revisión pertinente en momentos de pérdida de biodiversidad: Estado actual y vacíos de conocimiento en abejas (Hymenoptera: Apoidea) en Colombia. *Caldasia*, 45(2), 365–376. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n2.101252>
- Cevallos Erazo, A. G., Baquero Tapia, M. F., Guamán Rivera, S. S. A., & Masaquiza Moposita, D. A. (2023). La meliponicultura: una alternativa de conservación y aprovechamiento sostenible de abejas nativas en la Amazonía ecuatoriana. *Tesla Revista Científica*, 3(1), 1–15.
- Coll, C. (1990). Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento. Barcelona: Paidós.
- Contreras, (2011). Tendencias de los paradigmas de investigación en educación. *Investigación y Posgrado*, Vol. 26 N° 2, pp. 179-202.
- Delgado, Y. G. L., Maya, E. M. A., Rosset, P. M., Morales, H., & Borrel, E. V. (2024). Meliponiculturas contemporáneas en Nicaragua: desafíos y oportunidades desde la agroecología. *La Calera*, 24(42).
- Díaz Barriga, Á. (2013). Secuencias de aprendizaje. ¿Un problema del enfoque de competencias o un reencuentro con perspectivas didácticas? Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 17(3), 11-33. Universidad de Granada.

- Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Fernández, L. P., Maya, M., Guzmán, M., Hernández, P., & Delfin, Y. (2021). Meliponicultura para el futuro. Experiencias de formación en la frontera sur. *Ecofronteras*, 25(73), 21–23.
- Fonseca Amaya, G., Ibáñez Córdoba, S. X., Ravanal Moreno, E., Cassiani, S., & Peñaloza Jiménez, G. (2021). Una perspectiva latinoamericana para la configuración de una educación en biología, en clave de construcción de ciudadanías. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario), 3488–3494.
<https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/15013>
- Gallego, J. (2011). *Biodiversidad* (1.^a ed.). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- García, P. (2019). *Abejas nativas y educación ambiental: cambiando actitudes hacia la naturaleza* (Tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Sur).
- Gil-Pérez, D., & Carrascosa, J. (1985). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria: Problemas y propuestas*. Madrid: MEC.
- Gómez, A. I., Vit, P., y Roubik, D. W. (2013). Composición nutricional y propiedades fisicoquímicas de la miel de *Tetragonisca angustula* (“Miel de Angelita”). *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1–8.
- Grajales-Conesa, J., Díaz-Barrios, A. A., Jesús, V., & López-García, J. A. (2022). *Enzimas del buche de Melipona beecheii en el proceso de conversión de néctar a miel*.
- Gudynas, E. (2014). *Los derechos de la naturaleza: Ética biocéntrica y políticas ambientales*. Lima, Perú.
- Harris, D. C. (2015). *Análisis químico cuantitativo* (9.^a ed., pp. 104–106). Reverté.
- Ibáñez, S., Martínez, S., Pablo, H. y Díaz, M. (2023). Construcción de ciudadanías y educación en biología. *Revista electrónica EDUCYT*. Volumen 14, No. Extra. pp 899 – 905

- Ipuz, M. y Parga, D. (2014). Dificultades de enseñanza-aprendizaje y su relación con las actitudes hacia la química. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*.
<https://doi.org/10.17227/01203916.3192>
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (2015). *Brock: biología de los microorganismos* (14.^a ed.). Madrid: Pearson Educación.
- Mares Suárez, J., y Rivera Rivillas, JA (2021). La meliponicultura un aliado en el cuidado de la flora desde la escuela. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 32(48), 61-68
- Martínez S., Ibáñez X., Ortiz P. (2024). Educación en biología y construcción de ciudadanía una investigación para la transformación. En S. Durán (Ed), *Formación de maestros, enseñanza y contextos: pilares de la investigación en la UPN para la transformación social* (pp. 151-168). Universidad Pedagógica Nacional.
- May-Canché, I., Paredes, D., Moo-Huchin, V., & Cuevas-Glory, L. (2022). Análisis sensorial y fisicoquímico de mieles de nueve especies de abejas sin aguijón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 377–392.
- Medina López, L. & Montañez González, A. (2022). Diseño de un modelo funcional de colmena didáctica para fomentar la cultura ambiental y del cuidado de las abejas meliponas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
<http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8907>
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2017). *Principios de bioquímica de Lehninger* (7.^a ed.). W. H. Freeman and Company.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Ñique Carbajal, C. (2020). *Una nueva forma de aprender bioquímica: metodología del caso*. *Educación Médica*, 21(1), 40–44.
- Ormeño, J., Castillo, T., Garay, R., & Vallejos, G. (2021). Calidad de miel por "abejas nativas" (Meliponini) en la Región San Martín, Perú. *Arnaldoa*, 28(1), 139-148.

- Perea, M. y Mosquera, J. (2019). Técnicas de manejo y adaptación de Abejas Nativas sin aguijón en cajas racionales. Quibdó – Colombia.
- Pérez, M. C., Ramírez, A., y Castañeda, L. (2021). Azúcares y grados Brix en mieles de *Apis mellifera*, *Melipona beecheii* y mieles comerciales de un mercado local en México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez Valencia, R. L. (2022). Abejas nativas para resistir: hacía una ecología para liberar y desalambrarnos [Tesis, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Centro de Estudios Superiores de México y Centroamérica].
<http://repositorio.cesmeca.mx/handle/11595/1085>
- Puig, B., & Gómez Prado, B. (2021). Una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de insectos, plantas y el problema de la pérdida de polinizadores. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 1–20.
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo, M. A. (1998). Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Ediciones Morata.
- QSR International. (2014). NVivo (versión 10) [Software informático]. QSR International.
<https://www.qsrinternational.com/nvivo-qualitative-data-analysis-software/home>
- Ramos, V. y Pesantes, R. (2016). Indicadores para valorar el grado de significación de los aprendizajes en las asignaturas de formación profesional. *INNOVA Research Journal*, 1(8), 28-35.
- Saavedra, L. M. V., Flórez, D. S. N., & Sotto, A. T. R. (2023). Caracterización de los procesos cognitivos creativos en la generación de productos divulgativos sobre meliponicultura, en jóvenes de 14 a 17 años: aplicación del modelo Geneplora en los resultados del proyecto ‘La Miel de la Biodiversidad’. Pontificia Universidad Javeriana.
- Salamanca Grosso, G. (2017). Origen, naturaleza, propiedades fisicoquímicas y valor terapéutico del propóleo. <https://repository.ut.edu.co/entities/publication/78149655-1487-46a5-a68e-ef13a62be421>

- Sandoval Guerrero, A. (2023). Caracterización fisicoquímica de la miel y propóleo de la abeja nativa sin aguijón (*trigona angustula*) y elaboración de granola, caramelo y marshmello. Lima. 2022. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/9250>
- Salazar, D. y Campuzano, J. (2024). Las mensajeras de las flores: guía ilustrada de abejas sin aguijón y plantas asociadas en la subregión centro sur de Caldas.
- Sauvé, L. (2004). Una cartografía de corrientes en educación ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental*, 6(13), 7–36.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Barcelona: Icaria.
- The Nature Conservancy. (2020). *Guía práctica para la Implementación de la meliponicultura en la Amazonia Colombiana*.
- Valle Rodríguez, G., Echemendía, D., & León Méndez, J. A. (2020). La conservación de la biodiversidad desde las prácticas de campo de la carrera Biología. *EduSol*, 20(71).
- Vit, P. (2008). La miel de abejas sin aguijón: composición, propiedades y calidad. *Revista Científica UDO Agrícola*, 8(1), 1–12.

Anexos

Cuestionario final versión estudiantes.

Institución Educativa Departamental José María Vergara y Vergara

Cuestionario final de aprendizajes significativos. Nombre: _____

Áreas: Agropecuarias, Química y Biología **Grado:** noveno

A continuación, se presentan 6 preguntas de selección múltiple con única respuesta que deben ser **justificadas** y 6 preguntas tipo abierta. Lee bien y explica con tus palabras.

- | |
|--|
| <p>1. En una actividad comunitaria en la provincia del Magdalena Centro, los campesinos (as) están preocupados porque cada año se ven menos variedades de café y fríjol en sus parcelas, y además notan que algunos cultivos de flores como el de maracuyá, guayaba, gulupa, entre otros producen menos semillas. Una estudiante propone que esto está relacionado con la pérdida de biodiversidad y con cambios en los polinizadores. ¿Cuál sería la explicación más completa?</p> <p>a) La biodiversidad se entiende solo como la cantidad de animales; la polinización no se ve afectada por la pérdida de plantas.</p> |
|--|

- b) La pérdida de diversidad genética en cultivos y de especies de polinizadores afecta la reproducción de las plantas; además, la reducción de hábitats impacta la biodiversidad de ecosistemas.
- c) Los problemas de semillas no tienen relación con la biodiversidad, solo depende del clima.
- d) La polinización es siempre por el viento, por eso no depende de la biodiversidad ni de los insectos u otros animales.

Justifica:

2. En un municipio del departamento del Meta, algunas campesinas (os) notaron que sus cultivos de tomate, calabaza y ahuyama están produciendo menos frutos que en años anteriores. Tras indagar con otros productores de la zona, encontraron que desde hace unos años se ha producido la deforestación de un bosque cercano para el establecimiento de un monocultivo de palma africana (con la que producen aceite) y esto afectó la presencia de abejas, mariposas y colibríes en la zona. Al mismo tiempo, aumentó el uso de plaguicidas para controlar plagas en los cultivos. ¿Qué medidas podrían tomar los campesinos (as) para recuperar la producción y conservar la biodiversidad?

- a) Seguir aplicando más plaguicidas hasta que los cultivos se adapten y dejar que sigan sembrando palma africana.
- b) Importar frutas de otras regiones y dejar de producir localmente.
- c) Cambiar los cultivos de tomate, calabaza y ahuyama por monocultivos que no dependen tanto de polinizadores.
- d) Reforestar con especies nativas y reducir los químicos, promoviendo hábitats para polinizadores.

Justifica:

3. Un grupo de jóvenes emprendedores quiere iniciar un proyecto de meliponicultura con abejas nativas sin aguijón, pero no tienen claro en qué se diferencian de las abejas *Apis mellifera*. ¿Cuál sería una ventaja de criar abejas nativas?

- a) Producen grandes cantidades de miel para exportación.
- b) Se adaptan mejor al ecosistema local y ayudan a conservar la biodiversidad.
- c) Son más agresivas y defienden mejor el territorio.
- d) No necesitan flores para producir miel.

Justifica:

4. Un grupo de estudiantes hace una exposición sobre cómo las abejas transforman el néctar en miel, el polen en pan de abejas y producen cera para construir panales y diversas funciones en la colmena. Uno de ellos afirma: “La miel es solo néctar guardado; el pan de abejas es polen acumulado, y la cera se produce de las flores”.

¿Cuál explicación corrige mejor a su compañero?

- a) La miel y el polen se forman por la acción del sol y la cera se obtiene raspando las flores.
- b) La miel la obtienen directamente de las flores, el pan de abejas es una mezcla de distintos elementos del bosque y la cera la produce solo abeja reina.
- c) La miel se forma cuando las abejas agregan enzimas al néctar y al perder humedad; el pan de abejas surge de la fermentación del polen; y la cera es sintetizada en el cuerpo de las abejas.

d) La miel es polen molido con agua; el pan de abejas es néctar fermentado; y la cera se obtiene de la deshidratación del néctar.

Justifica:

5. En la clase de ciencias, los estudiantes comparan fermentación alcohólica, láctica y acética. Una estudiante comenta que “todas producen alcohol”. Otro afirma que “la fermentación solo sirve para hacer bebidas alcohólicas”.

¿Qué explicación aclara mejor la diferencia entre los tipos de fermentación?

a) La alcohólica produce etanol y CO₂; la láctica produce ácido láctico (importante en yogur y pan de abejas); y la acética transforma alcohol en ácido acético (vinagre).

b) Todos los tipos de fermentación son iguales e intervienen los mismos microorganismos, solo que cambian de nombre según el alimento.

c) La fermentación láctica y alcohólica producen lo mismo, solo que en tiempos diferentes, mientras que la acética es la combinación de las dos.

d) La fermentación es un proceso exclusivo de las abejas, por lo cual no es la forma de obtener bebidas alcohólicas.

Justifica:

6. En una feria de ciencia en Cundinamarca, un grupo de estudiantes presenta los productos de la colmena. Una visitante dice: “La miel y el polen son lo mismo, solo que en diferentes formas: ambos son azúcares dulces”.

Tú, como parte del grupo, debes explicar la diferencia.

¿Cuál sería la mejor respuesta?

a) La miel no tiene importancia alimenticia, mientras que el polen es la única fuente de energía de las abejas.

b) La miel y el polen son exactamente iguales, solo que uno es líquido y el otro sólido.

c) La miel está hecha de proteínas, y el polen solo contiene agua con azúcar y no es una fuente nutricional significativa.

d) La miel es rica en azúcares simples (glucosa y fructosa) gracias a las enzimas de las abejas; el polen es principalmente una fuente de proteínas, vitaminas y minerales.

Justifica:

7. En un municipio cercano se planea talar parte de un bosque para ampliar la zona de pastos. La comunidad está preocupada por la pérdida de biodiversidad.

¿Qué consecuencias podría traer esta acción para la polinización y la seguridad alimentaria de la región?

8. Si fueras parte de un comité en tu municipio que debe decidir cómo proteger a las abejas, ¿qué medidas propondrías para conservar tanto a las abejas nativas como a *Apis mellifera*? ¿Por qué?

9. Si tu colegio quisiera implementar un proyecto de conservación relacionado con abejas y biodiversidad, ¿qué actividades concretas propondrías y cómo involucrarías a la comunidad?

10. Después de estudiar este tema, ¿qué compromisos personales o colectivos consideras importantes para proteger a las abejas, la biodiversidad y los procesos de fermentación que sustentan la vida?

11. Durante las prácticas de laboratorio y las actividades en clase, ¿qué habilidades personales desarrollaste (como responsabilidad, autonomía, organización del tiempo o manejo de materiales) y cómo contribuyeron a tu propio aprendizaje?

12. En los trabajos en equipo y las socializaciones realizadas, ¿qué aprendizajes obtuviste sobre la importancia de la colaboración, la escucha activa y el respeto por las ideas de los demás en la construcción de conocimiento colectivo?

Gracias por participar en las actividades, recuerda que la salud la biodiversidad está en las decisiones que tomas todos los días.