

**APÓSITOS BIOACTIVOS A PARTIR DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA CON
EXTRACTO DE ORÉGANO: UNA PROPUESTA MICROCURRICULAR PARA EL
FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS**

Daniela Alba Pérez

María Fernanda Cartagena Robles

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Licenciatura en Química

Bogotá D.C

Noviembre de 2025

**APÓSITOS BIOACTIVOS A PARTIR DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA CON
EXTRACTO DE ORÉGANO: UNA PROPUESTA MICROCURRICULAR PARA EL
FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS**

Daniela Alba Pérez

María Fernanda Cartagena Robles

Trabajo de grado para optar al título de Licenciadas en Química

Director: Rodrigo Rodríguez Cepeda. Químico, MSc, MBA, Dr

Trabajo de grado

Semillero Chimeia

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química

Licenciatura en Química

Noviembre de 2025

Agradecimientos

A mi papá por creer en mí siempre. Sus palabras llenas de sabiduría y serenidad han sido faro en los momentos de incertidumbre y motivo de orgullo en cada paso de mi formación.

A mi mamá por sus palabras de aliento y sus gestos que solo el amor verdadero sabe ofrecer. Por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la integridad.

A mi querido Luis, por su compañía constante, su paciencia y comprensión en los momentos difíciles. Por motivarme a seguir, con la certeza de que todo esfuerzo tiene sentido.

A mis tíos, mi familia, por ser el refugio al que siempre puedo volver, su cariño y su confianza en mí han sido el sustento de este recorrido.

A Dani, mi compañera y amiga en este proceso, por su compromiso, apoyo en cada etapa del trabajo y por su amistad sincera que hizo este camino significativo.

María Fernanda Cartagena Robles

A mis papás por confiar siempre en mí, por acompañarme en cada paso con amor y paciencia.

A mi mamá por su esfuerzo constante, por estar en cada etapa y enseñarme a no desfallecer, a perseguir mis sueños y a trabajar con dedicación para alcanzarlos.

A mi papá por ser un ejemplo de fortaleza, dedicación y constancia, por sus consejos y motivarme a dar siempre lo mejor de mí.

A mi hermana por ser mi apoyo incondicional, por escucharme siempre, por celebrar conmigo cada logro y acompañarme en los momentos más difíciles.

A mis sobrinitos, Jero y Marti, que llegaron a llenar nuestras vidas de ternura y alegría.

A Mafe que más que una compañera se convirtió en mi amiga, por su dedicación y disciplina. Por siempre estar ahí y tener las palabras justas para los momentos más difíciles

Daniela Alba Pérez

Queremos agradecer a nuestro director, el profesor Rodrigo Rodríguez por su dedicación e interés en nuestro proyecto. Por la confianza depositada en nosotras, agradecemos su tiempo y la generosidad con la que compartió su experiencia.

Agradecemos al Semillero de investigación Chimeía-ACS Student Chapter por acogernos y brindarnos un espacio de aprendizaje y crecimiento académico. Gracias por permitirnos construir conocimiento de manera colectiva y fortalecer nuestra formación investigativa.

A los profesores Diego Blanco, Yair Porras y Deisy Baracaldo quienes hicieron parte de nuestra formación, por su apoyo permanente y por compartir con nosotras sus conocimientos, los cuales dejaron una huella significativa en nuestro crecimiento académico y personal

Daniela Alba Pérez y María Fernanda Cartagena Robles

Tabla de contenido

1	Introducción	13
2	Justificación	15
3	Planteamiento del problema.....	17
4	Objetivos.....	19
4.1	Objetivo general.....	19
4.2	Objetivos específicos	19
5	Antecedentes.....	20
5.1	Desde el aprendizaje basado en problemas.....	20
5.2	Desde las competencias científicas.....	22
5.3	Desde el microcurrículo.....	24
5.4	Desde los apósitos con extractos naturales	25
5.5	Desde la síntesis de nanopartículas de plata	27
6	Marco teórico	30
6.1	Microcurrículo	30
6.2	Competencias científicas	31
6.2.1	Explicar fenómenos científicamente.....	32
6.2.2	Interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica.	33
6.2.3	Investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción. 33	
6.3	Aprendizaje basado en problemas	34
6.4	Nanotecnología	37
6.5	Nanomateriales y nanopartículas	37
6.6	Nanopartículas de plata.....	38
6.6.1	Síntesis verde de AgNPs.....	39
6.6.2	Caracterización de las AgNPs.....	40

6.7	Aceite esencial de orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	40
6.8	Apósitos	41
6.8.1	Según la localización:	42
	Primarios.....	42
	Secundarios:.....	42
6.8.2	Según la complejidad del apósito:	42
	Tradicional:.....	42
	Avanzado:	42
6.8.3	Según la permeabilidad.....	42
	Permeable:.....	42
	Semipermeable:.....	42
	Oclusivos:	42
6.8.4	Según la interacción biológica.....	43
	Pasivo:.....	43
	Interactivo:	43
	Bioactivo:.....	43
6.9	Mecanismo de acción del extracto natural de orégano	43
6.9.1	Alteración de la membrana celular:	44
6.9.2	Inhibición de la motilidad:	44
6.9.3	Inhibición de las ATPasas unidas a la membrana:.....	45
6.9.4	Inhibición de la biosíntesis y función de los ácidos nucleicos:	45
7	Metodología	46
7.1	Modelo de investigación.....	46
7.2	Población.....	46
7.3	Variables.....	46

7.4	Formulación de hipótesis	47
7.5	Fases de investigación.....	47
7.5.1	Identificación de competencias científicas	48
7.5.2	Diseño y aplicación de la propuesta microcurricular.....	48
7.5.3	Evaluación del impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas.	49
8	Resultados y discusión.....	51
8.1	Identificación del estado inicial de las competencias científicas.....	51
8.1.1	Competencia explicar fenómenos científicamente	52
8.1.2	Competencia interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica	57
8.1.3	Competencia investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción	61
8.2	Diseño y aplicación de la propuesta microcurricular.....	66
8.2.1	Diseño de la propuesta microcurricular	66
8.2.1.1	Presentación nanotecnología y su aplicación biomédica	67
8.2.1.2	Actividad 1: Mapa conceptual	68
8.2.1.3	Actividad 2: Prácticas de laboratorio	68
8.2.1.1	Rendimiento del aceite esencial de orégano	71
8.2.1.2	Caracterización fitoquímica del aceite esencial de orégano	71
8.2.1.3	Caracterización del aceite esencial de orégano por espectroscopia IR.....	73
8.2.1.4	Caracterización del aceite esencial de orégano por cromatografía de gases	74
8.2.1.5	Biosíntesis de nanopartículas de plata	76
8.2.1.6	Caracterización de las nanopartículas de plata	77
8.2.1.7	Elaboración de los apósitos bioactivos	78
8.2.1.8	Ensayo in sílico.....	79

8.2.1.9	Ensayo Invitro.....	82
8.2.1.9	Elaboración del BioNanoKit.....	83
8.2.1.10	Actividad 3: Presentación propuesta final.....	84
8.2.2	Aplicación de la propuesta microcurricular.....	84
8.2.2.1	Actividad 1: Mapa conceptual.....	85
8.2.2.2	Actividad 2: Informe de laboratorio marcha fitoquímica, síntesis y caracterización de AgNPs.....	92
8.2.2.3	Actividad 3: Presentación propuesta final.....	95
8.3	Evaluación del impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de competencias científicas.....	99
8.3.1	Competencia explicar fenómenos científicamente.....	99
8.3.2	Competencia interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica.....	104
8.3.3	Competencia investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción.....	108
8.1	Análisis cuantitativo SPSS.....	114
8.1.1	Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	115
8.1.2	Pruebas de correlación paramétricas y no paramétricas.....	116
9	Conclusiones.....	119
10	Recomendaciones.....	122
11	Bibliografía.....	123
12	Anexos.....	135

Índice de tablas

Tabla 1. Roles dentro del ABP	35
Tabla 2. Clasificación según sus dimensiones	37
Tabla 3. Clasificación de los apósitos	41
Tabla 4. Variables de investigación.....	47
Tabla 5. Datos experimentales	71
Tabla 6. Resultados análisis cualitativo del aceite esencial de orégano	71
Tabla 7. Condiciones de operación del cromatógrafo.....	75
Tabla 8. Análisis In silico con <i>Staphylococcus aureus</i>	80
Tabla 9. Análisis In silico con <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	81
Tabla 10. Clasificación valoración (V) a valor asignado (VA).....	90
Tabla 11. Valoración del mapa conceptual.....	91
Tabla 12. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	115
Tabla 13. Correlación paramétrica y no paramétrica entre las actividades propuestas y el postest	116

Índice de figuras

Figura 1. Características del microcurrículo.....	31
Figura 2. Características del enfoque ABP.....	34
Figura 3. Etapas del proceso ABP.....	36
Figura 4. Mecanismo de formación de AgNPs a partir de la reducción química en disolución de la sal AgNO ₃	39
Figura 5. Síntesis verde de AgNPs	40
Figura 6. Estructura del timol y el carvacrol.....	43
Figura 7. Descripción general de las fases.....	48
Figura 8. Niveles de desempeño en la pregunta 1 prueba diagnóstica.	52
Figura 9. Respuesta del estudiante 13 a la pregunta 1 prueba diagnóstica.	52
Figura 10. Respuesta del estudiante 1 a la pregunta 1 prueba diagnóstica.	53
Figura 11. Niveles de desempeño en la pregunta 6 prueba diagnóstica.	55
Figura 12. Distribución porcentual según el nivel en la competencia “explicar fenómenos científicamente” prueba diagnóstica.....	57
Figura 13. Niveles de desempeño en la pregunta 2 prueba diagnóstica.	58
Figura 14. Niveles de desempeño en la pregunta 3 prueba diagnóstica.	59
Figura 15. Respuesta del estudiante 9 a la pregunta 3 prueba diagnóstica.	60
Figura 16. Respuesta del estudiante 4 a la pregunta 3 prueba diagnóstica.	60
Figura 17. Distribución porcentual según el nivel en la competencia “interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica” prueba diagnóstica.....	61
Figura 18. Niveles de desempeño en la pregunta 4 prueba diagnóstica	62
Figura 19. Niveles de desempeño en la pregunta 5 prueba diagnóstica.	63
Figura 20. Distribución porcentual según el nivel en la competencia “investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción” prueba diagnóstica.....	65
Figura 21. Desempeño global en las competencias científicas prueba diagnóstica.....	66
Figura 22. Representación de los análisis realizados para la obtención del apósito bioactivo.....	69
Figura 23. Extracción del aceite esencial de orégano por arrastre de vapor.	70
Figura 24. Espectro de espectroscopia infrarroja del aceite esencial de orégano.	74
Figura 25. Cromatograma del aceite esencial de orégano.	75
Figura 26. Nanopartículas de plata.	77

Figura 27. Caracterización por espectroscopia UV vis .	77
Figura 28. Apositos	79
Figura 29. Resultados análisis in vitro del apósito para Staphylococcus aureus coagulasa y Pseudomonas aeruginosa	82
Figura 30. BioNano Kit	83
Figura 31. Mapa conceptual estudiante 13	87
Figura 32. Mapa conceptual estudiante 17	89
Figura 33. Niveles de desempeño en la actividad 1	90
Figura 34. Niveles de desempeño en la actividad 2	92
Figura 35. Red semántica grupo 4	94
Figura 36. Red semántica grupo 3	95
Figura 37. Niveles de desempeño en la actividad 3	96
Figura 38. Red semántica grupo 5	97
Figura 39. Red semántica grupo 3	98
Figura 40. Niveles de desempeño en la pregunta 1 prueba final	99
Figura 41. Respuesta del estudiante 1 a la pregunta 1 prueba final	100
Figura 42. Respuesta del estudiante 13 a la pregunta 1 prueba final	101
Figura 43. Niveles de desempeño en la pregunta 6 prueba final	101
Figura 44. Distribución porcentual según el nivel de la competencia “explicar fenomenos científicamente” prueba final	103
Figura 45. Niveles de desempeño en la pregunta 2 prueba final	104
Figura 46. Niveles de desempeño en la pregunta 3 prueba final	105
Figura 47. Respuesta del estudiante 3 a la pregunta 3 prueba final	106
Figura 48. Distribución porcentual según el nivel de la competencia “interpretar datos y evidencia científica de manera critica” prueba final	107
Figura 49. Niveles de desempeño en la pregunta 4 prueba final	108
Figura 50. Niveles de desempeño en la pregunta 5 prueba final	110
Figura 51. Distribución porcentual según el nivel de la competencia “investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción” prueba final	111
Figura 52. Comparativo del nivel de desempeño pretest y postest en las competencia explicar fenomenos científicamente	112

Figura 53. Comparativo del nivel de desempeño pretest y postest en las competencia interpretar datos y evidencia científica de manera critica112

Figura 54. Comparativo del nivel de desempeño pretest y postest en las competencia investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción113

Lista de anexos

Anexo 1. Página web	135
Anexo 2. Prueba diagnóstica.....	136
Anexo 3. Rúbrica de validación prueba diagnóstica.....	139
Anexo 4. Rúbrica de evaluación prueba diagnóstica	142
Anexo 5. Propuesta microcurricular	144
Anexo 6. Caso problema.....	150
Anexo 7. Presentación nanotecnología.....	150
Anexo 8. Actividad mapa conceptual	151
Anexo 9. Procedimiento síntesis de nanopartículas de Ag	152
Anexo 10. Procedimiento elaboración de apósitos	153
Anexo 11. Espectro UV vis de las nanopartículas sintetizadas con el BioNano Kit	154
Anexo 12. Actividad propuesta final	155
Anexo 13. Rúbrica de validación mapa conceptual.....	156
Anexo 14. Rúbrica de validación informe de laboratorio.....	158
Anexo 15. Rúbrica de validación actividad propuesta final	161
Anexo 16. Rúbrica de evaluación mapa conceptual	164
Anexo 17. Rúbrica de evaluación informe de laboratorio	165
Anexo 18. Rúbrica de evaluación propuesta final	166
Anexo 19. Mapa conceptual de referencia.....	168
Anexo 20. Matriz evaluativa del mapa conceptual.....	169
Anexo 21. Valoraciones dadas a los mapas conceptuales de los estudiantes.....	170
Anexo 22. Guía de practica de laboratorio 1: Identificación cualitativa de metabolitos secundarios del extracto de orégano	171
Anexo 23. Manual del BioNano Kit	175
Anexo 24. Evidencias de la práctica de laboratorio.....	179
Anexo 25. Análisis del informe del grupo 4	180
Anexo 26. Análisis del informe del grupo 3	181
Anexo 27. Evidencias presentación propuesta de apósito	182

1 Introducción

El presente trabajo surge con el objetivo de fortalecer las competencias científicas en el contexto educativo de acuerdo con las finalidades investigativas definidas en la línea de investigación alimentómica y enseñanza de las ciencias, así como con los propósitos del Semillero de investigación Chimeía, Capítulo internacional de estudiantes ACS_UPN. Esta iniciativa parte de la importancia de que los sujetos apliquen los conocimientos adquiridos para involucrarse en problemáticas y cuestionamientos relacionados con la ciencia.

Por lo tanto, la universidad toma un rol principal en la formación de profesionales, pues adquiere la responsabilidad de actuar como un agente social enfrentando desafíos y asumiendo compromisos, sin importar su ubicación geográfica (Beneitone et al., 2007). Por tanto, se evidencia la importancia de formar sujetos capaces de proponer soluciones innovadoras a problemáticas complejas actuales, especialmente en el sector biomédico, debido a que en las últimas dos décadas los descubrimientos en las ciencias biomédicas y particularmente su uso práctico han supuesto transformaciones significativas en la vida de la humanidad (Villar & Blanco, 2024).

A raíz de lo ya mencionado, el ser humano con el progreso de la ciencia y la tecnología ha producido medicamentos para el control bacteriano para suplir necesidades en salud (Yu, et al., 2021), pese a ello, surge la resistencia bacteriana seguida de la deficiente acción de apósitos tradicionales en el tratamiento de heridas cutáneas como una problemática creciente que a su vez se consolida como un reto en el ámbito clínico. De este modo, se plantea como escenario formativo la elaboración de apósitos a partir de la síntesis de nanopartículas de plata con extractos naturales, enfocado en ofrecer una solución segura y eficaz en el tratamiento y prevención de infecciones; que adicionalmente, resulta como un contexto adecuado para el desarrollo de competencias científicas, que según la OECD (2023) incluye fenómenos asociados al ámbito del medio ambiente y la salud que en últimas potencian la investigación y utilización de la información científica para proponer soluciones a problemas reales y además, tomar decisiones basadas en evidencia.

De esta manera, actualmente para propiciar una sólida formación en los estudiantes se demandan currículos alineados con los desafíos y requerimientos de la sociedad actual (Zompero, 2023). Por ende, como respuesta a estas necesidades, se plantea el diseño e implementación de una propuesta microcurricular fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) dirigida a estudiantes del ciclo de profundización de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica

Nacional, a partir de la integración del saber disciplinar y las competencias científicas propuestas por la OECD: 1) Explicar fenómenos científicamente. 2) Interpretar críticamente los datos y la evidencia científica. 3) Investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción.

En consecuencia, los resultados de la investigación se describen en cinco capítulos. El primero relaciona los antecedentes definidos en el escenario local, nacional e internacional, en un intervalo de tiempo de 11 años teniendo en cuenta estudios desarrollados en el escenario pedagógico y didáctico con relación al Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el microcurrículo y las competencias científicas y con el componente disciplinar referente a la síntesis verde de nanopartículas de plata y la elaboración de apósitos con extractos naturales.

En el segundo capítulo se establece el marco conceptual y se describe el fundamento teórico que sustenta el presente trabajo, teniendo como base el ABP, el microcurrículo, las competencias científicas estipuladas por la OECD, la nanotecnología, el mecanismo de acción del extracto de orégano y los tipos de apósitos.

Posteriormente, en el tercer capítulo se establece la metodología donde se presenta el paradigma y el diseño metodológico, seguido de las fases de la investigación. En el cuarto capítulo, se describen y analizan los resultados obtenidos de acuerdo con las fases, teniendo en consideración rúbricas de evaluación dispuestas para ello y la valoración a través de herramientas para el análisis de datos cualitativos como Atlas. Ti y análisis de datos cuantitativos como SPSS. Por último, en el quinto capítulo se sustentan las conclusiones alrededor de los resultados hallados y de la efectividad de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas.

2 Justificación

Según Beneitone et al., (2007) de acuerdo con el informe para América Latina del proyecto Tuning, la sociedad latinoamericana exige ciudadanos con una sólida formación académica y cultural, para afrontar las exigencias del presente y el futuro. Por lo tanto, las universidades deben ser el centro de pensamiento, cultura e innovación en armonía con el entorno y los nuevos paradigmas de la educación superior de acuerdo con las tendencias universales. El desarrollo económico y social puntualiza la necesidad de tener en cuenta dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje competencias que les permitan a los sujetos adaptarse a las transformaciones constantes en la sociedad del conocimiento. En este sentido, el perfil de los profesionales debe proyectar las exigencias de la sociedad mediante el desarrollo de competencias entendidas como la integración de factores: el conocer y comprender, el saber cómo actuar y el saber cómo ser; con el objetivo de propiciar una formación integral y multidisciplinaria en los profesionales. Es por esto, que el fortalecimiento de competencias científicas es una parte fundamental en la formación académica, pues se esperan profesionales que sean capaces de apropiarse del discurso científico, generar conocimientos y comunicarlos a la sociedad (Cuervo et al., 2013).

De acuerdo con lo expresado anteriormente, resulta fundamental la formación de profesionales que respondan a los desafíos actuales que demanda la sociedad en el ámbito de la ciencia y la tecnología. Así, en el marco del programa de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, el currículo proporciona la intencionalidad, contenidos, objetivos, orientaciones didácticas y la evaluación dentro del proceso formativo, estableciendo relaciones entre los contenidos científicos, lo pedagógico, lo didáctico, lo psicológico, lo sociológico y lo antropológico; que son desarrollados, construidos y evaluados desde las competencias definidas por el programa (Universidad Pedagógica Nacional, 2016).

Bajo esta perspectiva, las competencias se entienden como el eje principal en el desarrollo de profesionales en esta área, procurando la evolución de competencias básicas (construcción de saberes científicos, interpretación de fenómenos químicos, establecimiento de relaciones entre la química y la pedagogía), procedimentales (Reconocimiento y seguimiento de metodologías propias del campo, diseño de estrategias e aprendizaje activo en la enseñanza de la química, participación en grupos de investigación) e investigativas (producción de textos argumentativos, comprensión de lectura, resolución de problemas, formulación y ejecución de proyectos

investigativos) procurando el fortalecimiento de las competencias básicas durante los primeros semestres, y progresivamente un avance en la adquisición de las competencias procedimentales e investigativas hacia la parte intermedia y final de la carrera.

Por consiguiente, dentro de un contexto multidisciplinario, el uso de las nanopartículas resulta como un escenario fundamental para la prevención, tratamiento y construcción de nuevos productos que respondan a las necesidades actuales donde se plantea la gestión del riesgo infeccioso en heridas superficiales en los que surge la necesidad de desarrollar tratamientos más efectivos que no representen limitaciones como la resistencia bacteriana, daños en los tejidos de granulación y propiedades antimicrobianas inadecuadas.

En consecuencia, la comprensión de los procesos bioquímicos que subyacen a la actividad antimicrobiana se establece como un elemento clave no solo para la elaboración de apósitos bioactivos sino también para favorecer la explicación, investigación y comprensión de fenómenos científicos en estudiantes mediante la implementación de una propuesta microcurricular en la que se emplea el enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para el fortalecimiento de competencias científicas, a partir de la estructuración de una situación problémica, en el marco de la contextualización del contenido (Brown et al., 1989 citado por Hernández, 1999) donde interactúan múltiples disciplinas permitiendo la articulación de saberes, y el desarrollo de competencias del saber. Por lo tanto, el ABP se posiciona como uno de los “enfoques más innovadores en la formación profesional y académica actual” (Araujo y Sastre, 2018) aportando a una formación sólida para el ejercicio profesional.

3 Planteamiento del problema.

América latina cuenta con condiciones favorables para el desarrollo de conocimiento científico y tecnológico, pero sus avances en este ámbito siguen siendo reducidos. Puesto que, como menciona la UNESCO (2021) tan solo se invierte el 0,6% del PIB en investigación y desarrollo, lo que corresponde aproximadamente a un tercio del promedio global. Pese a que concentra alrededor del 8,5% de la población mundial, su participación únicamente es del 3.5% de investigadores a nivel global, 4,9% de las publicaciones científicas y el 0,2% de las patentes. En virtud de lo anterior, existe un creciente requerimiento de profesionales en áreas de ciencias idóneos, con habilidades para la resolución de problemas, el trabajo colaborativo, pensamiento crítico y competencias, que demanda a las instituciones de educación superior introducir dentro de sus currículos metodologías que aporten al desarrollo de competencias científicas con miras a la resolución de problemas en el área de conocimiento específico, teniendo en cuenta como lo afirman Veliz et al., (2014) la integración de los conocimientos, valores y actitudes desde el saber hacer y el saber ser. Por lo tanto, las competencias científicas favorecen la aplicación de conocimientos en las diversas esferas de la actividad profesional, con énfasis principal en las dimensiones epistemológica, metodológica, técnica y social (Ortega et al., 2017).

En coherencia con esta perspectiva, el programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional fundamentado en los planteamientos de Coll y Stenhouse (1989, citado por Universidad Pedagógica Nacional, 2016) enmarca el currículo dentro de un proyecto educativo e investigativo centrado en el contenido, que incorpora no solo aspectos curriculares sino también aspectos pedagógicos y didácticos, proporcionando información útil sobre que enseñar, como enseñar, para qué enseñar, por qué enseñar y como evaluar. Conforme a esta visión, el currículo integra competencias básicas, procedimentales e investigativas, con el objetivo de brindar posibles soluciones transformadoras a problemas asociados a la educación en ciencias.

Así pues, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias ha cobrado gran relevancia, al igual que el valor de las actitudes y la apropiación del conocimiento en el campo de las ciencias (Castro y Ramírez, 2012). Puesto que, los sujetos se enfrentan a múltiples necesidades dentro de la sociedad del conocimiento. De acuerdo con ello, es imperativo que en los escenarios formativos se involucren problemáticas actuales que propicien en los estudiantes la investigación, la reflexión y el planteamiento de soluciones.

En consideración con lo anterior, se expone la creciente problemática que presentan las heridas cutáneas, pues estas son particularmente propensas a las infecciones bacterianas ya que proporcionan un medio ideal para la proliferación de bacterias y una vía de entrada al torrente sanguíneo, además, son una exposición directa al ambiente contaminado (Lu et al., 2018). Por tanto, se acude a la utilización de sustitutos cutáneos para el mejoramiento y prevención de estas infecciones. Sin embargo, como lo mencionan Kalantari et al. (2019) existe un desafío clínico para el tratamiento de las infecciones en heridas empleando apósitos con antibióticos y apósitos tradicionales que ha ido creciendo, alcanzando actualmente un estado crítico que requiere un cambio de paradigma para mejorar el cuidado de las heridas.

Algunos de los factores significativos por los que se requiere este cambio incluyen la composición y comportamiento de algunos apósitos, que pueden generar un entorno inadecuado para la regeneración y al mismo tiempo, aumentar el riesgo de contaminación de la herida, los cuales se prestan por adherirse a la superficie de la lesión, provocando daños secundarios en el nuevo tejido de granulación (Harding, 2000, citado por Kalantari et al. 2019). Por otra parte, se manifiesta la resistencia a los antibióticos que si bien, según Pang et al. (2023) algunos como las tetraciclinas y los aminoglucósidos, han demostrado ser eficaces para eliminar bacterias, en ocasiones, los presentan algunas desventajas dado a su uso excesivo, impulsando la evolución de la resistencia, en donde las bacterias resistentes se propagan por selección natural cuando los antibióticos no logran detener su reproducción mientras eliminan a sus competidores sensibles a los medicamentos (Read y Woods, 2014). Por consiguiente, la necesidad de alternativas seguras y naturales ha impulsado el interés en la fabricación de apósitos que no dependen de antibióticos sintéticos y contengan nanopartículas de plata sintetizadas a partir de extractos naturales.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se plantea la siguiente pregunta problema

¿De qué manera una propuesta microcurricular fundamentada en el aprendizaje basado en problemas, en el contexto de la elaboración de apósitos bioactivos a partir de la síntesis de nanopartículas de plata con extracto de orégano, fortalece las competencias científicas en estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional?

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Fortalecer competencias científicas en estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional mediante una propuesta microcurricular enmarcada en el contexto de la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata con extracto de orégano bajo el enfoque de aprendizaje basado en problemas

4.2 Objetivos específicos

1. Identificar el estado inicial de las competencias científicas en los estudiantes empleando un instrumento diagnóstico
2. Diseñar e implementar una propuesta microcurricular enfocada en el ABP para fortalecer competencias científicas en el contexto de la elaboración de apósitos con nanopartículas de plata con extracto de orégano.
3. Evaluar el impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas en los estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, mediante la implementación de instrumentos de evaluación que permitan identificar logros y desafíos

5 Antecedentes

Se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática a través de bases de datos especializadas como Scopus, Eric, Scielo y Repositorio de la Universidad Pedagógica Nacional, en un margen de tiempo desde 2013 hasta 2024 con el objetivo de asegurar que las investigaciones analizadas sean pertinentes, actuales y vigentes con el conocimiento actual. Además, se delimitó la búsqueda en el escenario internacional, nacional y local, con el uso de palabras clave como competencias científicas, Aprendizaje Basado en Problemas, nanopartículas de plata y apósitos con extractos naturales. La selección de los documentos se hizo de acuerdo con el aporte de estos al presente trabajo

5.1 Desde el aprendizaje basado en problemas

A nivel internacional Gil (2018) en el trabajo *El uso del aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria* analizó la influencia de la aplicación de un diseño metodológico basado en el ABP e identificó las competencias que se desarrollan a través de este enfoque en una muestra de 1007 estudiantes de pedagogía de la Universidad de Sevilla. Para ello fue usada una encuesta con respuestas cerradas tipo Likert basado en cuatro competencias de aprendizaje: técnicas, metodológicas, participativas y personales. Los resultados del trabajo en cuestión demuestran que el enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas es muy influyente en el desarrollo de competencias en especial cuando estas tienen en cuenta la relación entre la teoría y la práctica, por tanto, se plantea que las estrategias con enfoque ABP promueven el desarrollo de habilidades de solución de problemas. Finalmente, plantea que en educación superior esta metodología relaciona la formación académica con la práctica profesional ya que hay una vinculación entre el saber teórico y práctico, las competencias y las actitudes útiles en el escenario profesional, permitiendo el desarrollo integral de los profesionales.

Por otra parte, Pérez (2018) en su trabajo *El aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica en educación superior* reconoce la importancia del ABP como un acercamiento al contexto educativo que les permite conocer a los estudiantes el medio laboral en el que se ejercerán su labor profesional, de modo que favorece la autonomía y el interés por el aprendizaje al ser involucrado en un problema real. Por otra parte, la implementación de este enfoque dentro del aula en educación superior permite a los sujetos tomar conciencia de su propio proceso de aprendizaje, suscitando la discusión, argumentación, cuestionamiento y redireccionamiento del proceso de

aprendizaje. En este sentido, los problemas planteados deben motivar a los estudiantes consultar múltiples fuentes de información, y además generar discusión en el grupo, centrándose en los procesos cognitivos y en el papel activo de los estudiantes.

En el ámbito nacional Castro et al. (2022) en el artículo titulado *Aprendizaje basado en problemas (ABP): experiencia educativa en biología y química en la Universidad Metropolitana de Barranquilla, Colombia* estudió la importancia del ABP como estrategia en la enseñanza de la biología y la química a través de la investigación acción en el programa de enfermería. Los resultados expuestos por el autor revelan la importancia de las actividades experimentales y de resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias, ya que favorecen el desarrollo de las competencias científicas. Puesto que, se involucran en problemas de interés que los prepara para su futuro profesional, llevando así a un desarrollo integral de los profesionales.

Por último, en el entorno local Ardila y Ramírez (2023) evaluaron el impacto del ABP en una metodología Flipped Classroom en la enseñanza del concepto de estrés oxidativo en estudiantes del ciclo de profundización de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional a través de una investigación cuasiexperimental sin grupo control. Se demostró que la población objeto de estudio tenía conocimientos previos sobre el concepto de estrés oxidativo y la relación de este con enfermedades, especialmente el cáncer de mama, lo cual atribuyeron a un aprendizaje memorístico. Sin embargo, al aplicar una unidad didáctica con enfoque ABP demostraron que por medio de dicho enfoque se mejoraba la comprensión y aplicación de este concepto, además, se estableció que la aplicación del ABP contribuyó al desarrollo de competencias investigativas, pues facilitó el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico. Finalmente se expone que las implicaciones didácticas de este proyecto fueron la contextualización del contenido, desarrollo de habilidades en la resolución de problemas, aplicación práctica del conocimiento y la construcción del concepto de estrés oxidativo.

Los artículos referenciados presentan diversas formas de abordar el aprendizaje basado en problemas en el desarrollo de una propuesta microcurricular en estudiantes de educación superior, brindando herramientas en el abordaje de los temas a tratar en los módulos para el desarrollo de competencias en ciencias. Adicionalmente, se establecen rutas eficaces en el desarrollo de instrumentos que tengan por enfoque el ABP teniendo en cuenta los fundamentos y principios que rigen este modelo. Asimismo, todos los trabajos consultados concuerdan con el hecho de que este

modelo involucra a los estudiantes dentro del campo profesional para el cual se están preparando, lo que les permite enfrentarse a problemas reales desde el campo específico de estudio, aplicando el conocimiento aprendido y mejorando la comprensión de este.

5.2 Desde las competencias científicas

Desde una mirada internacional, Nixon et al., (2024) describe la implementación de un programa curricular teniendo en cuenta el contexto para el desarrollo de competencias científicas (investigación, análisis de datos, habilidades de comunicación) y conocimiento técnico de habilidades experimentales, con el propósito de ampliar su aprendizaje científico más allá de lo que corresponde a una cualificación. La problemática que se abordó es la falta de oportunidades prácticas y de aplicación de conocimientos en un entorno académico tradicional, lo que resulta en una brecha entre el aprendizaje teórico y la capacidad que tienen los estudiantes para utilizar el conocimiento adquirido en situaciones reales. Dentro de las actividades aplicadas se encuentran experimentos remotos en tiempo real y experimentos virtuales interactivos en pantalla, de igual manera, para cada una de las actividades mencionadas anteriormente se proporcionó a los estudiantes material interactivo en línea que detallaba el contexto de la investigación. La aplicación de este programa destaca la importancia del desarrollo de competencias científicas en los estudiantes, ya que gracias a estos los estudiantes se preparan para enfrentar desafíos en el ámbito científico y profesional mejorando la comprensión de conceptos químicos y aumentando la confianza frente a actividades de investigación y presentación de hallazgos.

Padilla-Canales et al., (2015) en su artículo *dimensiones de las competencias científicas esbozadas en los programas de estudio de biología física y química* buscan conocer la relación entre el desarrollo científico-tecnológico de Costa Rica y los programas educativos de la rama científica. Dentro de los resultados se expone que, si bien están presentes dimensiones que propician las capacidades científicas de los estudiantes, hay un aislamiento entre el currículo y las políticas de desarrollo y tal como lo menciona López, 2006, citado por Padilla-Canales et. al. 2015, el currículo cumple un papel fundamental en la formación de los ciudadanos, al definir las competencias, las formas de comprensión del entorno y la capacidad de incidir en la transformación. De esta manera, la educación se consolida como un factor clave del desarrollo científico y tecnológico de una nación.

Desde el ámbito nacional, Lizarazo, (2013) abordó la problemática del desligamiento entre la teoría y las prácticas de laboratorio, por esta razón propone diseñar un modelo de trabajo en el laboratorio centrado en proyectos de investigación en el que se mejore el aprendizaje experimental de la ciencia y que a su vez se promueva la construcción del conocimiento. Como resultado plantea que es fundamental reevaluar los modelos de formación de los profesionales en formación, pues estos deben contar con la participación de estrategias que cautiven al estudiante e impulse el desempeño en las prácticas científicas y que además fortalezcan las habilidades con la intención de construir verdaderas competencias científicas.

En el entorno local, Sánchez. G. J (2016) en su investigación, diseñó e implementó una secuencia didáctica orientada al desarrollo de competencias científicas investigativas, abordando como problemática la contaminación de cromo hexavalente en cuerpos de agua causada por las curtiembres. La secuencia didáctica ejecutada fue diseñada desde diferentes fases, iniciando con el planteamiento de preguntas donde se originaron explicaciones y se permitió verificar la información. De igual manera se presentaron desafíos en donde los estudiantes establecieron la fitorremediación mediante experimentos. Frente a los rendimientos observados, se evidenció un incremento en competencias como formulación de hipótesis, diseño experimental y argumentación de resultados, resaltando la importancia de estas competencias al momento de hacer frente a los temas relacionados con el impacto ambiental.

Intencipa, M. y Pineda, J. (2022) abordaron la problemática de la contaminación ambiental causada por metales pesados centrándose en la eliminación específica de manganeso en aguas residuales mediante los trabajos prácticos de laboratorio. Durante la aplicación de varias fases se pudo observar el desarrollo de competencias como indagación, explicación, comunicación y trabajo en equipo. En última instancia se destaca que las competencias científicas afianzadas facilitaron una comprensión integral y un mayor reconocimiento de la necesidad de unificar la teoría con la práctica.

El fortalecimiento de las competencias científicas en los estudiantes requiere de implementaciones que integren la teoría con la práctica, permitiendo un ejercicio efectivo del conocimiento en contextos reales. Por tanto, es fundamental tener en cuenta los artículos citados previamente, pues estos resaltan la importancia de diferentes estrategias y metodologías activas que potencian la indagación, análisis crítico y resolución de problemas. Además, evidencian la promoción de la

autonomía y la confianza en procesos investigativos debido al desarrollo de competencias científicas lo que resulta trascendental para su formación profesional.

5.3 Desde el microcurrículo

Desde el ámbito internacional Fuertes-Camacho et al., (2019) diseñaron una propuesta donde se integró la sostenibilidad en el microcurrículo de tercer año de la carrera de educación infantil de la Universitat Internacional de Catalunya a través de un enfoque por proyectos en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La investigación constó de cuatro fases: Realización del pre-test sobre competencias de sostenibilidad, desarrollo de la propuesta microcurricular y formulación de proyectos, socialización de los proyectos diseñados y realización de la prueba post-test. Los resultados demostraron una mejora en las competencias básicas de sostenibilidad al emplear una propuesta mediada por el método de proyectos y trabajar problemas reales, donde se integró el conocimiento con el saber hacer, saber ser y el saber convivir. Asimismo, se destaca la importancia de formar a los docentes para la educación en futuras generaciones donde se integren las competencias en los programas de pregrado procurando que los estudiantes adquieran conocimientos y habilidades para enfrentarse al constante cambio.

Nacionalmente, Caicedo y Romero (2016) diseñaron un microcurrículo en ciencias naturales en educación secundaria para la enseñanza del concepto respiración humana, integrando los contenidos de física, química y biología. Partieron de una situación problema del contexto y tuvieron en cuenta la estructura curricular del programa, la disciplina de estudio, las exigencias del desarrollo científico contemporáneo, del medio y del entorno académico y social, incorporando las asignaturas de ciencias, las cuales se convirtieron en los ejes articuladores de la estructura microcurricular. Los autores resaltan la importancia de introducir microcurrículos integrados con el objetivo de brindar a los estudiantes herramientas para enfrentar situaciones a las que estarán expuestos en su entorno.

En el ámbito local, León (2022) en el trabajo titulado *propuesta de orden micro curricular sobre la gestión del recurso hídrico dirigido a profesionales de ingeniería ambiental* planteó un microcurrículo a partir de tres ejes, la formación y las competencias del ingeniero, la interrelación entre el agua y la cultura y las experiencias de profesionales en el tema del recurso hídrico. Para ello, se establecieron cinco etapas en el diseño de la propuesta: revisión de antecedentes, análisis de los programas de ingeniería ambiental, revisión del plan de estudios de ingeniería ambiental en

Bogotá y Cundinamarca, entrevistas a profesionales en el área y diseño curricular. Los resultados de la investigación en primer lugar mostraron que en los planes de estudios de los programas de ingeniería de Bogotá y Cundinamarca no hay un componente orientado a la gestión del recurso hídrico, por otra parte, en las entrevistas a los profesionales, se hicieron sugerencias con respecto al fortalecimiento en los conceptos básicos para comprender el uso, aprovechamiento y relación del entorno y el recurso hídrico para el fortalecimiento de la capacidad crítica y competencias a desarrollar en los futuros profesionales. Con base en los antecedentes revisados, entrevista a profesionales y los planes de estudios analizados, se constituyó una propuesta microcurricular compuesta por un nombre, créditos sugeridos, justificación, contenidos, competencias profesionales, método y estrategia de aprendizaje y bibliografía recomendada para el curso.

Los trabajos consultados establecen los elementos para tener en cuenta en el desarrollo de la propuesta microcurricular: método de enseñanza, plan de estudios, misión y visión de la universidad y perfil del egresado articulando el macrocurrículo, el mesocurrículo y el microcurrículo. A su vez, este se constituye como la ruta para abordar un curso por lo cual debe estar compuesto por un nombre, créditos, objetivos, contenidos, competencias, métodos, estrategias de enseñanza y formas de evaluación.

5.4 Desde los apósitos con extractos naturales

A nivel internacional, en el estudio realizado por Phimnuan et al. (2023) denominado *Efectos beneficiosos de una película de extracto de gel de aloe y fibroína mezclados sobre los mecanismos biomoleculares a través de la vía MAPK/ERK relacionados con la cicatrización de heridas diabéticas* se combinaron dos extractos naturales para desarrollar un apósito con gel de fibroína y aloe vera, por una parte, la fibroína fue elegida debido a su biocompatibilidad con varias células y tejidos como acción de sus propiedades en la estimulación de la migración y proliferación celular y, por otra parte, el Aloe vera fue usado por sus propiedades cicatrizantes, debido a sus efectos aceleradores en la proliferación y migración de fibroblastos en el tejido de granulación de las heridas. De esta manera, estos dos componentes naturales, estimularon la reparación de heridas al promover la síntesis de colágeno tipo 1, influyendo en la progresión del ciclo celular dependiente de ciclina y estimulando la reticulación de colágeno. Por lo anterior, se estableció que la película preparada mejoró la tasa de curación de las úlceras en pie diabético. Asimismo, los experimentos de cultivo celular mostraron que el apósito de extracto de gel de fibroína/aloe mezclado e irradiado

con rayos gamma promueve la cicatrización de heridas de la piel ya que promueve la proliferación y migración celular, la secreción del factor de crecimiento epidérmico vascular y la prevención de la senescencia celular. Su acción se relacionó principalmente con la activación de la vía de señalización de las quinasas de proteínas activadas por mitógenos/quinasas reguladas por señales extracelulares.

García y Pinto (2018) evaluaron el efecto cicatrizante de los aceites esenciales de las hojas de orégano sobre heridas en ratas Wistar albino, para ello elaboraron un gel a partir del aceite. Para el proceso de extracción del aceite esencial se realizó hidrodestilación usando el aparato de Clerenger. El efecto cicatrizante del producto se estudió a través del modelo de herida por incisión, para medir la fuerza de resistencia a la tracción de las heridas con un tensiómetro, y se evaluaron tres etapas en el proceso de cicatrización: etapa inflamatoria, etapa proliferativa, y etapa de remodelación y maduración. Así, se evidenció que la cicatrización completa con el gel se dio en un tiempo de 12 a 15 días en comparación con el grupo control que tardó 18 días por lo que se evidenció una disminución en el tiempo de cicatrización con el efecto del aceite esencial de orégano. Adicionalmente, no se mostró ningún proceso infeccioso lo que sugiere que la acción del aceite esencial es antibacteriana y antiinflamatoria pues modula las vías de señalización relacionadas con los procesos de inflamación y remodelación tisular, este comportamiento se atribuye a la presencia de monoterpenos en el orégano.

En el ámbito nacional, Acuña y Sánchez (2023) realizaron un estudio en la Universidad Autónoma de Bucaramanga con el fin de evaluar la integridad celular de hidrogeles de celulosa bacteriana impregnados con aceites esenciales de caléndula, cúrcuma y orégano debido a sus propiedades antiinflamatorias y antibacterianas como una alternativa para el tratamiento de quemaduras de segundo grado que contribuya al proceso de cicatrización y la protección contra agentes bacterianos. Las propiedades de estos tres aceites se atribuyen a la presencia de flavonoides y triterpenos en el caso de la caléndula; monofenoles como el carvacrol y timol en el caso del orégano y la modulación de las señales de las citoquinas inhibiendo la síntesis de prostaglandinas inflamatorias en el caso de la cúrcuma. Los estudios realizados al hidrogel de los aceites de cúrcuma, orégano y caléndula mostraron procesos rápidos de epitelización y regeneración tisular debido a las características de hidrofiliidad y alta porosidad, que permite el intercambio de moléculas y gases en la herida, acelerando el proceso de cicatrización.

A nivel local, Acosta et al. (2023) diseñaron un prototipo de apósito hidrocólicoide (Burn Off) con extracto natural de Aloe Vera y Tomillo para el tratamiento de quemaduras de segundo grado, el cual funciona como un parche transdérmico con mecanismo de difusión pasiva, control de tasa de liberación de 10 mg/día y entrega sostenida. Se eligió el Aloe Vera por la presencia de kaempferol, miricetina y quercetina que contribuyen a la inhibición de prostaglandinas y además cuenta con enzimas como la amilasa y carboxipeptidasa que confiere a este producto propiedades antibacterianas. Por otra parte, el Tomillo, por la presencia de compuestos como el timol, carvacrol, cimeno y linalol tiene características antibacterianas, antiinflamatorias, regenerativas y sedantes. Los resultados de los estudios realizados mostraron que Burn off absorbe los líquidos exudativos, seda la zona afectada y promueve la regeneración de tejido, no presenta citotoxinas y aumenta 15% la proliferación celular.

Los artículos presentados anteriormente establecen el mecanismo de acción de algunos extractos naturales en apósitos constituidos principalmente como alternativa para la curación de heridas. Estableciendo los procesos experimentales para la obtención del extracto natural de la planta, seguido por la construcción del apósito sobre una película generalmente de quitosano y finalmente la caracterización del apósito construido. En el caso específico del orégano, con la búsqueda realizada, se evidencia que cuenta con características antimicrobianas y antiinflamatorias debido a la presencia de monofenoles como el carvacrol y el timol que modulan la señalización de vías involucradas en los procesos inflamatorios

5.5 Desde la síntesis de nanopartículas de plata

Desde una mirada internacional, la síntesis verde de nanopartículas de plata (AgNPs) mediada por los extractos naturales ha ido ganando relevancia dada su naturaleza ecológica y rentabilidad. Así lo reconoce Shaik et al. (2018) en su investigación en la que abordaron la síntesis verde de nanopartículas de plata empleando extracto de *Oreganum vulgare* como bioreductor y estabilizante, resaltando su carácter ecológico y su eficiencia económica frente a métodos químicos convencionales. En el estudio se evidenció la elaboración de nanopartículas con estructura cristalina cúbica centrada en las caras y su tamaño se redujo proporcionalmente al aumento de la concentración del extracto vegetal. Estas nanopartículas revelaron actividades antimicrobianas frente a bacterias Gram positivas, Gram negativas y hongos patógenos, en consecuencia, estos

resultados enfatizan la importancia de las (AgNPs) no sólo por su capacidad antibacteriana sino también por su potencial uso en materiales como apósitos para heridas.

El mecanismo tóxico utilizado por las nanopartículas de plata (AgNPs) contra los microorganismos sigue siendo un tema relevante y aún debatible para los investigadores. Así pues, Dorobantu et al. (2015) en su artículo *Toxicity of silver nanoparticles against bacteria, yeast, and algae*, se plantearon la pregunta de que si las nanopartículas de plata ejercen efectos específicos sobre los microorganismos más allá de la detallada actividad antimicrobiana de los iones Ag^+ . Para dar respuesta a estos cuestionamientos los autores estudiaron las propiedades antimicrobianas de las AgNPs y su toxicidad frente a patógenos, incluyendo bacterias Grampositivas y Gramnegativas, levaduras y algas, sintetizando nanopartículas con agentes estabilizantes como ácido cítrico y ácido 11-mercaptoundecanoico, valorando su actividad en contraste con soluciones de nitrato de plata. Los resultados revelaron que el nitrato de plata mostró mayor toxicidad mientras que las AgNPs demostraron eficacia antimicrobiana condicionada por la liberación de iones Ag^+ . Asimismo, las nanopartículas estabilizadas con ácido 11-mercaptoundecanoico potenciaron la actividad antimicrobiana en comparación con las estabilizadas con ácido cítrico.

En el plano nacional, Bustos (2023) en su investigación *síntesis verde de nanopartículas de plata a partir de un extracto vegetal de Brunfelsia grandiflora y evaluación de su actividad antiinflamatoria in-vitro*, se enfocó en la elaboración de nanopartículas de plata de forma ecológica, utilizando el extracto de *Brunfelsia grandiflora* y en la valoración de su potencial actividad antiinflamatoria a través de estudios in vitro. A partir de la pregunta de, si la elaboración de nanopartículas de plata a partir de un extracto vegetal permite conservar la actividad antiinflamatoria atribuida a los metabolitos secundarios presentes en la planta, en virtud de lo cual se procedió a realizar un paso a paso que comprendió desde la recolección del material vegetal, la preparación del extracto hidroalcohólico y la caracterización de las nanopartículas, seguido de una evaluación para determinar su actividad antiinflamatoria dando un resultado positivo lo que sugirió su eficacia en tratamientos que modulen la respuesta inflamatoria.

Finalmente, desde el contexto local, Chupatecua et al. (2024) se centran en la síntesis verde y caracterización de AgNPs utilizando el extracto de *Allium sativum* (ajo) como agente reductor ecológico. Dentro de su problemática abordaron la necesidad de métodos ambientalmente sostenibles que minimicen el impacto ecológico de los procesos habituales de la síntesis química

de nanopartículas. A lo largo de la investigación se tuvieron en cuenta métodos como la preparación de extractos naturales, síntesis mediante la reducción de nitrato de plata y su caracterización por espectroscopia ultravioleta visible. Los resultados arrojaron que las nanopartículas eran uniformes, con actividad antibacteriana efectiva contra *Escherichia coli* logrando bloquear su crecimiento.

Los estudios citados aportan al proyecto evidencia sobre la viabilidad de la síntesis verde de nanopartículas de plata empleando extractos naturales, esto refuerza la idea de desarrollar apósitos con propiedades antimicrobianas puesto que, algunos de los estudios mencionados demuestran que las AgNPs son eficaces en el control de bacterias Gram positivas y Gram negativas, asegurando su aplicación en prevención de infecciones en heridas. Asimismo, investigaciones previas destacan métodos rápidos y eficientes de síntesis y técnicas de caracterización como espectroscopía UV-Vis y microscopía electrónica de transmisión.

6 Marco teórico

6.1 Microcurrículo

El currículo de acuerdo con Ortiz (2014) es un concepto que obedece a posiciones filosóficas, ideológicas, epistemológicas, sociológicas y pedagógicas condicionado por las particularidades de su contexto de producción y aplicación. En este sentido, el artículo 76 de la Ley General de Educación (1994) define el microcurrículo como el:

Conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías, y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local, incluyendo también los recursos humanos, académicos y físicos para poner en práctica las políticas y llevar a cabo el proyecto educativo institucional. (p.17)

Dentro del currículo se establecen dos dimensiones: estática y dinámica y, a su vez dentro de dichas dimensiones se encuentran tres niveles curriculares: microcurricular, mesocurricular y macrocurricular. El nivel microcurricular corresponde a la dimensión dinámica, mientras que los niveles macrocurricular y mesocurricular corresponden a la dimensión estática.

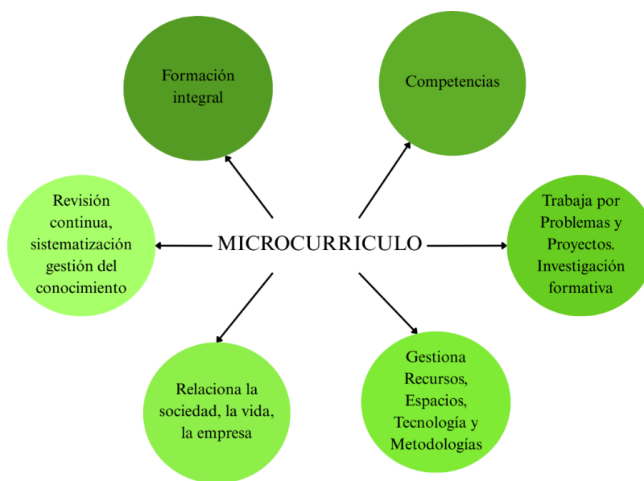
En el primer nivel correspondiente al macrocurricular se establece la concepción de hombre, de educación y sus propósitos establecidos en determinadas políticas educativas. El nivel mesocurricular, está representado por la malla curricular que sirve como puente entre el nivel macrocurricular y microcurricular, relacionado con la planeación institucional. Por otra parte, el nivel micro corresponde al “nivel estructural más definido y concreto” (Universidad de Antioquia, 1999, p.5) donde se establece la forma de llevar el plan de estudios partiendo de subnúcleos problemáticos que se planifican acorde con la filosofía y la visión curricular.

En el desarrollo del diseño microcurricular se establecen proyectos, cursos o módulos que permiten el abordaje de la docencia, la investigación y la extensión (Universidad de Antioquia, 1999) articulando el modelo pedagógico de la institución, las intencionalidades formativas, los núcleos problémicos y los perfiles de formación. De modo que, este nivel micro incluye la detección y caracterización de las problemáticas, perspectivas teóricas, tendencias y enfoques tanto disciplinares como pedagógicos y didácticos, conceptos, categorías, métodos y técnicas que configuran el curso en cuestión. (Abadía et al., 2016)

En suma, el nivel microcurricular emerge de las estructuras macro y meso del currículo que involucran el enseñar y el aprender dando lugar a unos principios generales y unos principios pedagógicos, teniendo en cuenta que se estudia, el método de enseñanza y el orden de presentación de los distintos tópicos orientadas al logro de los objetivos definidos y las competencias contempladas en el perfil profesional.

Figura 1.

Características del microcurrículo



Nota: Tomado de González. (2012, p.27)

6.2 Competencias científicas

La educación científica resulta fundamental para el desarrollo integral de los estudiantes, pues esta influye en la toma de decisiones informadas frente a temas científicos y tecnológicos que no solo van a enriquecer el conocimiento que ha sido adquirido y desarrollado en un campo de estudio, sino que más adelante favorecerán su participación en la sociedad como ciudadanos críticos y capaces de contribuir con los propósitos colectivos. Estas características se traducen en competencias integrales, permitiendo a los sujetos interpretar, analizar y evaluar la información de manera efectiva.

De acuerdo con Ferres et al. (2015) se entiende por competencia la capacidad de aplicar las habilidades y actitudes adquiridas mediante el aprendizaje en diferentes contextos y situaciones de manera integral y efectiva. En este sentido las competencias científicas desempeñan un rol crucial en la educación actual, en parte gracias a los aportes de la OCDE en los que se aconseja un

aprendizaje centrado en las competencias. Ante esto el Ministerio de educación nacional (2006) menciona que:

“Las competencias científicas hacen referencia a los comportamientos, habilidades y actitudes que los individuos aplican en un entorno específico para lograr un desempeño eficaz y satisfactorio, además, integran el conocimiento teórico (el saber), con las habilidades prácticas (el hacer), resultando en un Saber Hacer que facilite el acercamiento de la educación superior y el mundo laboral” (MEN. 2006, s. n. p)

Por su parte, Hernández (2005) establece que las competencias científicas se definen como la capacidad que tienen los científicos para desenvolverse de manera productiva en la ciencia y construir representaciones estructuradas acerca de fenómenos o acontecimientos en el ámbito de la investigación. Así mismo plantea dos perspectivas frente a las competencias científicas: la primera hace referencia a la clase de competencias científicas que tiene un científico o la que se necesita para hacer ciencia y la segunda corresponde a la competencia científica que cualquier persona debería desarrollar para comprender y solucionar problemas. Es entonces la segunda perspectiva que genera un mayor interés puesto que, está relacionada con la labor pedagógica.

Frente a la necesidad de fortalecer las competencias científicas en el ámbito educativo moderno, resulta esencial integrar la teoría con la práctica investigativa, para abordar retos de gran escala. En esta dirección, el marco PISA para la ciencia, desarrollado por la OCDE, propone guiar la formación de los estudiantes mediante tres competencias científicas esenciales para el fortalecimiento de un pensamiento crítico y fundamentado que permita enfrentar los desafíos de un mundo cambiante.

A continuación, se explora cada una de las competencias y su importancia dentro de los resultados educativos en ciencias, teniendo en cuenta lo estipulado en el marco de ciencias del PISA (OCDE, 2025).

6.2.1 Explicar fenómenos científicamente.

Explicar fenómenos de manera científica Implica una comprensión integral que incluye tres aspectos fundamentales: Teorías, conceptos y hechos (conocimiento del contenido), procedimientos y prácticas científica (conocimiento procedimental) y su papel en la argumentación del conocimiento científico (conocimiento epistémico). Además, como le mencionan Braaten y

Windschitl (2011), explicar científicamente no debe limitarse a presentar hechos, sino que conlleva construir razonamientos que relacionen el ámbito práctico y la teoría de forma coherente y para ello se requiere que docentes y estudiantes intervengan en ejercicios de argumentación, integrando marcos filosóficos y contextos educativos en la formación docente.

6.2.2 Interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica.

Para el desarrollo de esta competencia, resulta pertinente entender que requiere de una serie de prácticas científicas integradas que comprenden desde plantear una pregunta idónea, emplear ideas científicas apropiadas para elaborar investigaciones ya sean de manera experimental u observacional y desarrollar habilidades que permitan tener una lectura correcta de los datos (Ford, 2008). De la misma manera que la competencia anterior, en esta sección se emplean tres tipos de conocimientos, inicialmente, el conocimiento procedimental que hace referencias a los procesos y prácticas científicas convencionales, el conocimiento epistémico, que tiene en cuenta los argumentos de las afirmaciones que formula la ciencia y finalmente el conocimiento del contenido, el cual es utilizado en la competencia para analizar los datos obtenidos y valorar los resultados, mediante el planteamiento de interrogantes pertinentes por parte de los estudiantes.

6.2.3 Investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción.

Esta competencia requiere que los estudiantes, además de acceder a información científica logren desarrollar la capacidad crítica para valorar resultados y cómo aplicar estos en un contexto cotidiano, especialmente al momento de enfrentar problemáticas en ámbitos sociales, ambientales o éticos que impliquen un conocimiento científico para su comprensión y acción.

Según Höttecke y Allchin (2020) un punto clave de esta competencia es entender la confiabilidad del conocimiento basado en la ciencia y cómo éste se produce, además, comprender cómo ciertos aspectos económicos o ideológicos intentan alterar la ciencia mediante la promoción de la pseudociencia como ciencia legítima o sembrar duda en temas donde existe evidencia científica sólida. En este sentido, es primordial que los estudiantes tengan desarrollen una posición crítica sobre los sesgos personales y cognitivos que influyen en la apreciación y el procesamiento de la información científica. Esto conlleva a evaluar de manera rigurosa las fuentes de información considerando factores como los conflictos de intereses, el consenso entre expertos y la competencia científica de la fuente.

6.3 Aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje basado en problemas (ABP) surge en la Universidad de McMaster con el liderazgo de John Evans en 1965, quien fue el fundador de la escuela de medicina de dicha universidad, así, esta metodología didáctica surge entorno a las ciencias de la salud donde se lideró durante siete años un proyecto conjunto con investigadores y educadores para dar un giro a la filosofía de la educación apartándose de los métodos tradicionales antes prescritos. (Arpí et al., 2012).

En el contexto actual según Guevara (2010) el ABP es una estrategia de enseñanza-aprendizaje donde la internalización de conocimientos, el desarrollo de habilidades y las actitudes son el eje fundamental del proceso, en este interviene de forma elemental el trabajo colaborativo y en equipo, guiados por el profesor o tutor para la resolución de un determinado problema con el fin de alcanzar ciertos objetivos. Esta estrategia innovadora centrada en el estudiante promueve el trabajo colaborativo e interpersonal, partiendo del planteamiento de problemas para la enseñanza de nuevos conocimientos, de este modo, “el ABP es un enfoque educativo orientado al aprendizaje y a la instrucción en el que las y los estudiantes abordan problemas reales o hipotéticos en grupos pequeños y bajo la supervisión de un tutor” (Guevara, 2010, p. 4).

Figura 2.

Características del enfoque ABP



Nota: Autoría propia con base en Guevara (2010)

El aprendizaje basado en problemas como lo plantea Guamán y Espinoza (2022) está sustentado en un paradigma constructivista, que encuentra fundamento teórico en los postulados de Piaget sobre el aprendizaje significativo, proponiendo que este es el resultado del enfrentamiento de las ideas previas y las ideas nuevas, lo cual se denomina conflicto cognitivo. Por lo tanto, este desequilibrio a nivel cognitivo encuentra un punto de oposición buscando respuesta a interrogantes lo que implica un mayor esfuerzo en el sujeto. Asimismo, Vygotsky plantea el papel crucial de la interacción social dentro del proceso de aprendizaje y la relación comunicativa entre los individuos, en tanto que el aprendizaje sea construido de forma colaborativa. Igualmente, los aportes de Ausubel en cuanto al aprendizaje significativo sustentan el rol del profesor como sujeto guía de aprendizaje, facilitando la preparación psicológica y cognitiva del estudiante en el proceso de aprendizaje. La tabla 1 presenta el rol del estudiante y el profesor dentro del ABP.

Tabla 1.

Roles dentro del ABP

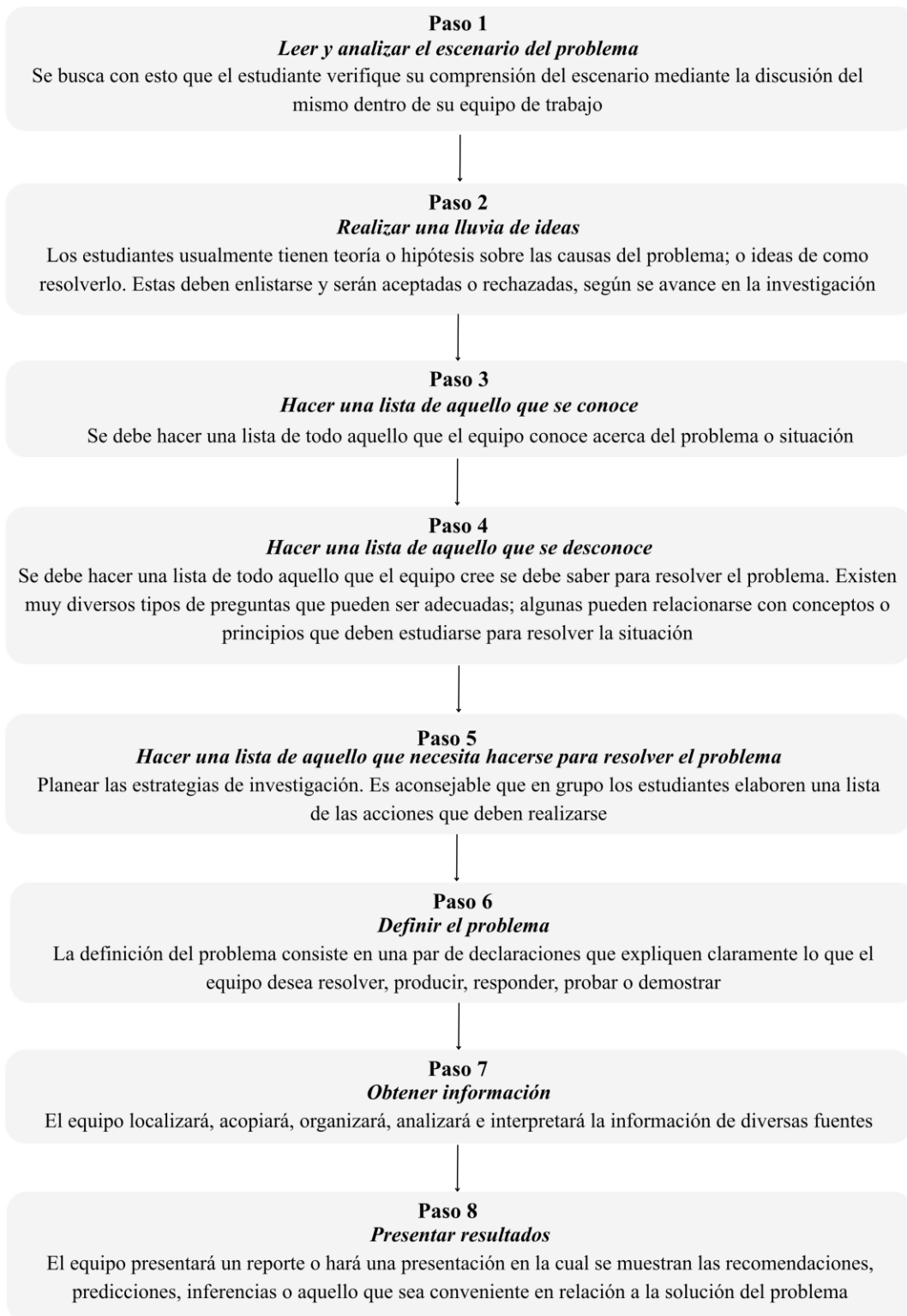
Rol del estudiante	El estudiante es un sujeto activo, que asume la responsabilidad de su propio aprendizaje. Asimismo, definen activamente el problema y proponen soluciones.
Rol del profesor	Se asume como facilitador y guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje propiciando espacios de aprendizaje autónomo para el desarrollo de una independencia cognoscitiva y habilidades de pensamiento crítico. Además, se seleccionan los problemas desde una mirada interdisciplinar creando ambientes de aprendizaje cooperativo.

Fuente: Autoría propia

Por otra parte, el ABP se caracteriza por ser un proceso intencional, organizado, planificado y sistemático, donde se provoca un desequilibrio cognitivo a través del planteamiento de un problema de carácter interdisciplinar donde se relacionan diferentes áreas de conocimiento, procurando que en el proceso se promueva el aprendizaje autónomo y colaborativo en miras del desarrollo de habilidades investigativas para la resolución del problema en cuestión (Guamán y Espinoza, 2022). En este sentido, el ABP sigue los pasos planteados por Morales y Landa (2004) que se presenta en la Figura 4.

Figura 3.

Etapas del proceso ABP



Nota: Tomado de Morales y Landa (2004, p.154)

6.4 Nanotecnología

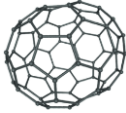
Según Castro et al. (2013) la nanotecnología se centra en el estudio de la síntesis, la caracterización, la elaboración y uso de estructuras, dispositivos y sistemas a escalas entre 1 y 100 nm, manipulando materias atómicas y moleculares. Gracias a sus avances crea interés en diversas investigaciones puesto que se han desarrollado productos novedosos a partir de materiales a microescala con el fin de reemplazar equipos y especies químicas que a largo plazo generan un impacto negativo frente a temas de salud y del medio ambiente. Estos nanomateriales se componen de bloques básicos como clústers, nanopartículas, nanotubos y nanofibras que a su vez están formados átomos y moléculas. Como resultado de la tecnología los materiales presentan una mayor calidad, manteniendo propiedades uniformes con características precisas en cuanto a división, longitud y diámetro. Esto contrasta con la manipulación de materiales en grandes cantidades, donde las propiedades pueden variar (Quintili, 2012)

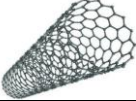
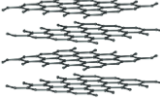
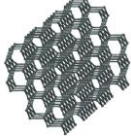
6.5 Nanomateriales y nanopartículas

Según Gómez-Garzón (2018), la agencia del medio ambiente de EE. UU. Clasificó los nanomateriales en cuatro tipos teniendo en cuenta su elemento esencial. Inicialmente los que se basan en carbono incluyen los fullerenos con forma esférica o elipsoidal y los nanotubos con forma cilíndrica. Los conformados por metales abarcan los puntos cuánticos, las nanopartículas de oro y plata y los óxidos metálicos. Los dendrímetros que son polímeros de tamaño nanométrico con extremos de cadena y espacios internos donde es posible incorporar otras moléculas como fármacos. Finalmente, los compuestos resultantes de mezcla de nanopartículas entre sí o con materiales de mayor tamaño como es el caso de la arcilla a nanoescala.

Tabla 2.

Clasificación según sus dimensiones

Estructura	Nanomateriales
Cero dimensional 0D 	Fullerenos Partículas coloidales Puntos cuánticos (Qdots) Nanoclusters Nanopartículas de Au y Ag
Unidimensional 1D	Nanocables y nanofibras Nanotubos Nanovarillas

	Fibras poliméricas
<p data-bbox="513 302 708 327">Bidimensional 2D</p> 	<p data-bbox="781 310 902 336">Monocapas</p> <p data-bbox="781 342 1003 367">Nanorrecubrimiento-</p> <p data-bbox="781 373 1081 399">Películas poliméricas (nano)</p> <p data-bbox="781 405 1089 430">Superficies espesor <100nm</p> <p data-bbox="781 436 987 462">Películas multicapa</p>
<p data-bbox="513 476 708 501">Tridimensional 3D</p> 	<p data-bbox="781 499 1084 525">Materiales nanoestructurales</p> <p data-bbox="781 531 911 556">Policristales</p> <p data-bbox="781 562 894 588">Nanobolas</p> <p data-bbox="781 594 922 619">Nanobobinas</p> <p data-bbox="781 625 889 651">Nanoflore</p>

Nota: Tomado de Gómez (2018, p.3)

Teniendo en cuenta la información presentada en la tabla las NPs estarían dentro de la clasificación de 0D ya que su tamaño es nanométrico en todas sus dimensiones, sin una predominante. Así pues, las nanopartículas son definidas por Gómez M. (2018) como estructuras muy pequeñas que pueden medir menos 100 nanómetros (es decir $1 \cdot 10^{-7}$ metros), pueden ser producidas desde diferentes materiales, incluyendo metales. Es posible observarlas con microscopios de alta resolución, como son el electrónico de barrido (SEM) o el electrónico de transmisión (TEM).

6.6 Nanopartículas de plata

Las técnicas de síntesis de NPs se dan de dos maneras, Gómez (2013), expone el top down, el cual emplea métodos físicos y procesos de molienda, reduciendo el material hasta alcanzar un tamaño nanométrico con un gasto significativo de energía y el botton up, que considera procesos químicos en medio coloidal, procesos de síntesis de partículas a partir de una solución, este último involucra la obtención de un estado de agregación pequeño partiendo de una distribución molecular es decir una ruta inversa a la de top down.

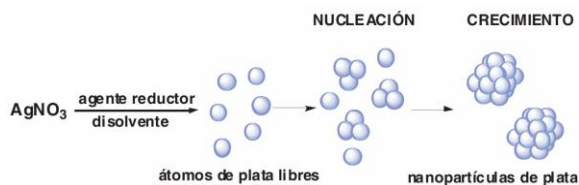
En la síntesis de nanopartículas en disolución se tienen en cuenta los siguientes componentes:

- Precursor metálico
- Agente reductor
- Agente estabilizante

Los iones de plata que se encuentran en la solución se reducen de manera progresiva para dar a lugar a las AgNPs por medio de un proceso que se desarrolla en dos etapas: nucleación que implica una gran energía de activación y crecimiento que necesita poca energía de activación.

Figura 4.

Mecanismo de formación de AgNPs a partir de la reducción química en disolución de la sal $AgNO_3$.



Nota: Tomado de Monge, M. (2009, p.34)

6.6.1 Síntesis verde de AgNPs

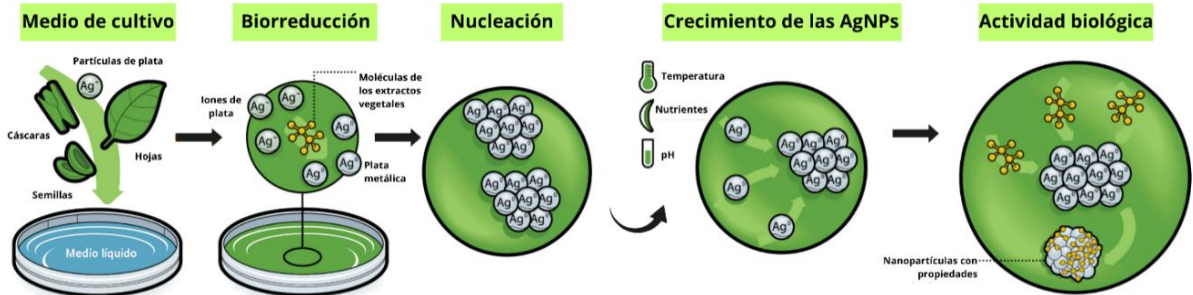
Actualmente se producen nanopartículas empleando una variedad de metales, incluyendo el oro, hierro, cobre y otros, así como óxidos de metales. Las nanopartículas de plata son las más ampliamente utilizadas y caracterizadas, ya que ofrecen una combinación de propiedades físicas, químicas y biológicas. No obstante, hay que mencionar que la producción tradicional de NPs emplea especies tóxicas que pueden tener consecuencias negativas para la salud humana. Es por esta razón que cobra relevancia un enfoque que emplea la reducción de metales mediante compuestos naturales con propiedades antioxidantes, conocido como síntesis verde. En investigaciones recientes, se ha demostrado que los sistemas biológicos pueden ser una alternativa más viable que los agentes químicos reductores, dentro de estos se encuentran: plantas, algas, diatomeas, bacterias, levaduras, virus y células humanas (Gómez-Garzón, 2018)

En la figura 6 se observa el proceso que se lleva a cabo para la obtención de las AgNPs, iniciando con un medio líquido en el cual se combinan algunos componentes vegetales como hojas, semillas, cáscaras y partículas de plata, para posteriormente darse el proceso de biorreducción, en el cual, mediante enzimas, proteínas, aminoácidos y metabolitos secundarios de extractos vegetales, se va a transformar los iones plata en plata metálica. Conforme se van agregando los átomos de plata, se forman las AgNPs con ayuda de ciertos parámetros controlados (pH, temperatura y concentración de reactivos). Finalmente, las moléculas del extracto vegetal se adhieren a la superficie de las

nanopartículas, otorgándoles propiedades antimicrobianas, antifúngicas, antiviral o antioxidante (Bonatto y Silva. 2014)

Figura 5.

Síntesis verde de AgNPs.



Nota: Tomado de Campos, A. P. (2014)

6.6.2 Caracterización de las AgNPs

Para la caracterización se acude a diferentes técnicas instrumentales que permiten analizar desde la morfología hasta las interacciones químicas de las AgNPs con precisión, de acuerdo como lo mencionan Sharma et al. (2022) se tienen: la Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) que permite identificar grupos funcionales a los que se le atribuye la reducción y estabilización de las nanopartículas, Espectroscopia UV-Visible que se caracteriza por ser una técnica sencilla para este procedimiento puesto que facilita afirmar la formación de AgNPs generalmente entre 400 y 450 nm, Difracción de rayos X (DRX) proporciona información de la red cristalina de las NPs. Por otro lado, la Microscopía electrónica de barrido (SEM) facilita la observación de la morfología superficial y distribución de tamaño de las nanopartículas, mientras que la Microscopía electrónica de transmisión (MET) es más avanzada y permite ver imágenes más detalladas de su tamaño, forma y dispersión a nivel atómico. Finalmente, la Espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN) ofrece información sobre los ligandos de superficie y la funcionalización química para entender las interacciones entre NPs y biomoléculas presentes en el medio.

6.7 Aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*)

El orégano (*Origanum vulgare*) pertenece al género *Origanum*, que hace parte de la familia Lamiaceae. Esta planta perenne y aromática, que alcanza entre 20 y 80 centímetros de altura, es

ampliamente reconocida por sus múltiples usos. Se emplea como ingrediente comestible y en la elaboración de remedios naturales para tratar diversas afecciones (Singh et al., 2023), puesto que, presenta propiedades antioxidantes y antimicrobianas, esta última se atribuye a dos componentes que constituyen entre el 78 y 85% de los aceites esenciales del orégano, el carvacrol y el timol (Kokkini et al., 1997). Cabe mencionar que se han identificado otro tipo de compuestos, entre ellos, flavonoides como la apigenina y la luteolina, quercetina, ácido rosmarínico (Kozłowska et al., 2015), γ -terpineno, δ -terpineol (Teixeira et., al 2013), También se han encontrado agliconas y compuestos derivados del fenilpropano, ácidos coumérico, ferúlico, caféico, r-hidroxibenzóico y vainillínico (Acevedo et al, 2013).

Con respecto a la actividad antimicrobiana, diversas investigaciones han confirmado la eficacia del aceite esencial de orégano frente a bacterias gramnegativas como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Yersinia enterocolitica*, y *Enterobacter cloacae*, al igual que en bacterias grampositivas como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcusepidermis*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus subtilis* (Aligiannis et al, 2001; Elgayyar et al., 2001)

6.8 Apósitos

Los apósitos son materiales bioactivos que simulan algunas funciones de la matriz extracelular de la piel (Martínez et al., 2020, p. 11) cumpliendo la función de absorber el exudado y sirviendo como barrera protectora contra patógenos y agentes que prolongan los procesos infecciosos e inflamatorios. Por tal motivo, los apósitos deben tener condiciones óptimas de pH, temperatura y humedad que cumpla con cuatro funciones: manejo del tejido, manejo de infecciones asociadas, control de humedad de la herida y soporte para la reepitelialización. (Martínez et al., 2020)

Teniendo en cuenta lo anterior, los apósitos pueden ser clasificados de acuerdo con la localización, la complejidad, el biomaterial polimérico, la permeabilidad y la interacción biológica.

Tabla 3.

Clasificación de los apósitos

Localización	Complejidad del apósito	Permeabilidad	Interacción biológica
Primarios	Tradicional	Permeable	Pasivo
		Semipermeable	Interactivo

Secundarios	Avanzados	Oclusivos	Bioactivo
-------------	-----------	-----------	-----------

Nota: Adaptado de Martínez et al. (2020)

6.8.1 Según la localización:

Primarios: Este tipo de apósito está en contacto directo con la zona afectada. (Domínguez y Hernández, 2022)

Secundarios: Los apósitos secundarios son aquellos que protegen al apósito primario o tienen funciones de absorción. (Domínguez y Hernández, 2022)

6.8.2 Según la complejidad del apósito:

Tradicional: Los apósitos tradicionales tienen la característica de ser productos pasivos que no interactúan con la herida, como lo son las gasas, los yesos o vendas usados como apósitos primarios o secundarios para proteger la herida de contaminaciones. De acuerdo con Domínguez y Hernández (2022) este tipo de apósitos favorece la proliferación bacteriana, generando un ambiente óptimo para las infecciones, al tener una alta capacidad de desecación y poca absorción.

Avanzado: También son conocidos como apósitos modernos y cuentan con principios activos. Se caracterizan por evitar la deshidratación de la herida, promover la cicatrización de la herida, acelerar la formación del tejido de granulación y facilitar la migración de células epiteliales.

6.8.3 Según la permeabilidad

Permeable: Este tipo de apósitos permite la migración de gases como el oxígeno y el vapor de agua, y fluidos a través de la película.

Semipermeable: La característica principal de esta clase de apósitos es que funcionan de forma permeable frente a gases como el oxígeno y el vapor de agua, y de forma impermeable frente a los fluidos, permitiendo que el exudado no se acumule entre el apósito y la herida.

Oclusivos: Estos apósitos son impermeables tanto a gases como a fluidos, por lo tanto, mantiene un balance de humedad y una baja concentración de oxígeno en la herida. De este modo, hay un incremento en la producción de citoquinas, en la formación de tejido de granulación y de nuevos vasos sanguíneos.

6.8.4 Según la interacción biológica

Pasivo: Los apósitos que se clasifican dentro de esta categoría no poseen interacción biológica, es decir, no interactúan con la herida, generalmente se usan como vendaje para apósitos bioactivos.

Interactivo: Si bien esta clase de apósitos al igual que los apósitos pasivos no poseen interacción biológica, si tienen la función de favorecer el medio para acelerar el proceso de cicatrización de las heridas.

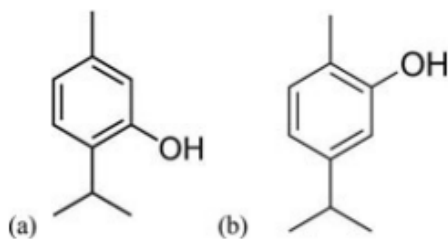
Bioactivo: Los apósitos bioactivos se diferencian de los pasivos y los interactivos al liberar un principio activo que contribuyen al proceso de cicatrización. Los apósitos que presentan actividad biológica propia están hechos de materiales con origen natural, en cambio los apósitos con componentes sintéticos se asocian con la liberación de principios activos (Martínez et al., 2020, p. 21)

6.9 Mecanismo de acción del extracto natural de orégano

El orégano pertenece a la familia de plantas herbáceas Lamiaceae, dentro de sus principales constituyentes se encuentran compuestos fenólicos y los terpenoides, como el carvacrol y el timol, que tienen fuertes actividades biológicas, incluyendo antiinflamatorias, antibacterianas y antioxidantes (Govaris et al., 2010). El carvacrol (2-isopropil-5-metilfenol) y el timol (5-isopropil-2-metilfenol) son monoterpenoides fenólicos isoméricos, ambos poseen en su estructura un grupo -OH en la posición C1. El timol (Figura (a)) tiene un grupo isopropil en la posición C5 y un grupo metil en C2. Por otra parte, el carvacrol (Figura (b)), contiene un grupo isopropil en la posición C2 y un grupo metil en C5. Las propiedades antimicrobianas atribuidas a estos dos componentes se relacionan fundamentalmente con la presencia del grupo -OH y de electrones deslocalizados dentro de la estructura, que son aquellos dobles enlaces (π) en los anillos aromáticos.

Figura 6.

Estructura del timol y el carvacrol



Nota: La estructura (a) corresponde al timol y la estructura (b) al carvacrol

De esta manera, las propiedades antimicrobianas del timol y el carvacrol pueden ser explicadas mediante cinco mecanismos de acción: Alteración de la membrana celular, reducción de las biopelículas, inhibición de la motilidad, inhibición de las ATPasas unidas a la membrana e inhibición de la biosíntesis y función de los ácidos nucleicos.

6.9.1 Alteración de la membrana celular:

El timol y el carvacrol al ser de carácter hidrofóbico, los cuales se integran a las membranas celulares bacterianas causando disrupción y alteración de la función normal de la membrana, lo que conduce a una mayor permeabilidad del ATP y liberación de otros componentes celulares. Esto se explica con el coeficiente de reparto en octanol/agua, de acuerdo con Kachur y Suntres (2020) para el carvacrol es de 3,64, mientras que para el timol es de 3,30. Lo que indica, que hay una capacidad alta de estos dos monoterpenos de atravesar la membrana celular, asimismo, indica la afinidad hacia la fase lipofílica, es decir hacia los ácidos grasos que componen la membrana. De acuerdo con ello, el carvacrol y el timol se acumulan dentro de las cadenas de los ácidos grasos, dando como resultado cambios estructurales en la bicapa lipídica de la membrana, que aumentan la permeabilidad (Radulovic et al. 2013) dando lugar a un mayor flujo de iones y de ATP y, por lo tanto, a una alteración potencial en la membrana y el gradiente del pH. Además de la solubilidad, Radulovic et al., (2013) demuestra que en estos procesos también interviene el grupo hidroxilo y los electrones deslocalizados presentes en las estructuras de ambos componentes, estas dos características permiten al carvacrol y al timol actuar como intercambiadores de protones, disminuyendo el gradiente en la membrana citoplasmática, lo que provoca el colapso de la fuerza motriz de protones bacteriana, y el agotamiento de ATP, que resulta en la muerte celular. (Kachur y Suntres, 2020)

6.9.2 Inhibición de la motilidad:

La motilidad está relacionada con el desplazamiento de las bacterias con el fin de establecerse en un nicho, colonizar regiones y evadir condiciones de estrés (Corral, 2020). El organelo encargado de este proceso es el flagelo, que cuenta con composición proteica compleja de más de 20 proteínas diferentes, funciona como una hélice que impulsa la bacteria a través de un movimiento rotatorio por efecto de (González y Dreyfus, 2020) en diferentes medios por efecto de la fuerza motriz de protones. De acuerdo con Kachur y Suntres (2020) se ha encontrado que el carvacrol y el timol

inhiben la producción de flagelina (proteína globular principal del flagelo) cuando se agrega en el proceso de división celular. Igualmente detienen el proceso de motilidad por efectos de disipación de la fuerza motriz de protones que a su vez detiene el movimiento rotatorio del flagelo, conduciendo a una función defectuosa de los flagelos y la muerte celular.

6.9.3 Inhibición de las ATPasas unidas a la membrana:

La ATP sintasa o ATP de tipo F en bacterias se encuentra en la membrana mitocondrial interna y en la membrana citoplasmática. Esta enzima tiene la función de catalizar la síntesis de ATP (Adenosín trifosfato) a partir de ADP (Adenosín difosfato) y fosfato inorgánico usando la energía producto de un gradiente electroquímico (Deckers y Altendorf, 1996). Este complejo proteico se constituye de dos unidades: F_0 , tiene la característica de ser hidrofóbico y está incrustado en la membrana, funciona como un canal para el transporte de protones. La unidad F_1 , es hidrofílica y su función es la síntesis del ATP a partir de ADP y fosfato. Según Kachur y Suntres (2020) la inhibición de ATPasas reduce la tasa de crecimiento de bacterias, pues el carvacrol y el timol funcionan como intercambiadores de protones, los cuales reducen el gradiente de pH en la membrana citoplasmática, lo que finalmente conduce a un colapso de la fuerza motriz de protones y agotamiento en la reserva de ATP, llevando a la muerte celular.

6.9.4 Inhibición de la biosíntesis y función de los ácidos nucleicos:

Las sustancias antimicrobianas pueden modificar la función y detener la síntesis de los ácidos nucleicos a través de dos procesos: Interferencia en la replicación del ADN e impedimento en la transcripción. (Paredes y Roca, 2004). Cuando se da una interferencia en la replicación del ADN, se presenta inhibición en la enzima ADN-girasa, la cual se encarga de inducir el superenrollamiento negativo en el ADN. Los agentes antimicrobianos impiden el cierre de los puntos de rotura. Por otro lado, el impedimento en la transcripción se da en la enzima ARN-polimerasa, de acuerdo con Lopardo (2022) esta enzima presenta cuatro subunidades, en una de estas denominada β localizada en la cadena de oligonucleótidos el agente antimicrobiano se unirá bloqueando la síntesis de ARN por oclusión estérica.

7 Metodología

7.1 Modelo de investigación

La investigación se enmarca en un paradigma metodológico mixto, al involucrar la recolección y análisis de datos de corte cualitativo y cuantitativo que, según Hernández y Mendoza (2018) permite obtener un mayor entendimiento y una visión más amplia del objeto de estudio a través de la integración sistemática de los componentes cualitativos y cuantitativos para la realización de inferencias conforme a los datos recopilados que den respuesta a la pregunta de investigación.

Asimismo, el diseño metodológico del proyecto de investigación se enmarca en el cuasiexperimental sin grupo control, donde es manipulada una variable independiente para observar el efecto con respecto a otra variable dependiente, sin contar con una aleatoriedad en la asignación de los sujetos (Hernández, 2006). En este diseño, no hay grupo control por lo que se basa en un pre-test y pos-test para recopilar datos antes y después del tratamiento experimental en la población objeto, lo que mejora la validez interna. (Sullivan-Bolyai y Bova, 2013)

7.2 Población

La propuesta microcurricular está dirigida a estudiantes del ciclo de profundización de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, con una muestra de 21 estudiantes. Considerando que en esta etapa las actividades están encaminadas al desarrollo de competencias investigativas que incluye el dominio de saberes específicos y de procedimientos científicos, orientados al fortalecimiento del pensamiento crítico, el razonamiento científico y la resolución de problemas.

7.3 Variables

De acuerdo con lo establecido en la pregunta problema sobre las implicaciones de la aplicación de una propuesta microcurricular centrada en el fortalecimiento de las competencias en el contexto de la elaboración de apósitos, se planteó como variable independiente la aplicación de la propuesta microcurricular mediada por el enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), mientras que como variable dependiente se estipuló el fortalecimiento de competencias científicas; esto con el fin de ver la influencia de la propuesta microcurricular con enfoque ABP sobre el fortalecimiento de las competencias científicas.

Tabla 4.

Variables de investigación

Variable independiente	Variable dependiente
Aplicación de la propuesta microcurricular con enfoque ABP fundamentada en la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata (AgNPs) con extracto de orégano.	Fortalecimiento de competencias científicas a partir de la implementación de la propuesta microcurricular fundamentada en la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata (AgNPs) con extracto de orégano

Fuente: Elaboración propia

7.4 Formulación de hipótesis

Hipótesis nula (H_0)

La implementación de la propuesta microcurricular fundamentada en la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata (AgNPs) con extracto de orégano, en el marco del enfoque de aprendizaje basado en problemas no fortalece las competencias científicas en los estudiantes del ciclo de profundización de la licenciatura en química.

Hipótesis alterna (H_1)

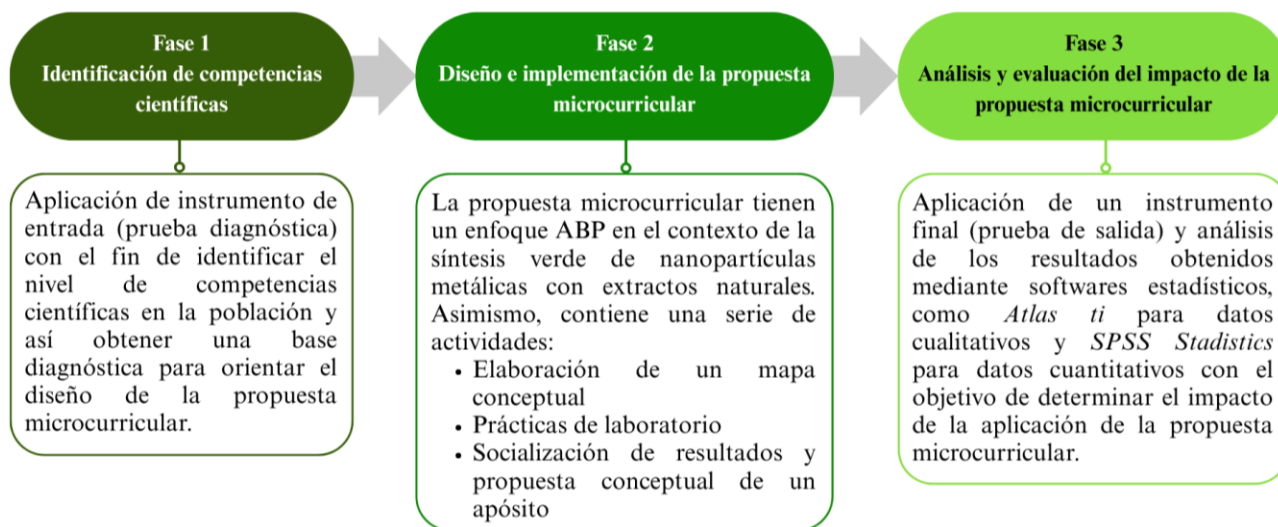
La implementación de la propuesta microcurricular fundamentada en la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata (AgNPs) con extracto de orégano, en el marco del enfoque de aprendizaje basado en problemas fortalece las competencias científicas en los estudiantes del ciclo de profundización de la licenciatura en química.

7.5 Fases de investigación

El proyecto de grado se estructuró en tres fases secuenciales: Identificación de las competencias científicas, diseño e implementación de la propuesta microcurricular y, análisis y evaluación del impacto de la propuesta microcurricular, teniendo en cuenta las etapas propuestas por Morales y Landa (2004) para el proceso de enseñanza y aprendizaje mediado por el enfoque ABP. Estas etapas se desarrollaron de manera sistemática y permitieron alcanzar los objetivos de investigación planteados, según se detalla en la **figura 7**.

Figura 7.

Descripción general de las fases



Fuente: Elaboración propia

7.5.1 Identificación de competencias científicas

La fase I del proyecto de investigación comprendió el diseño y aplicación del cuestionario pre-test, donde se indagó sobre el nivel de competencias científicas de 21 estudiantes a los que se les asignó un número identificador para garantizar la confidencialidad de los participantes. Se partió de un cuestionario con múltiples preguntas enfocadas en las tres competencias científicas establecidas por la OECD, en relación con la síntesis y caracterización de nanopartículas, mecanismos de acción de los extractos naturales y eficiencia antimicrobiana de los apósitos.

7.5.2 Diseño y aplicación de la propuesta microcurricular

Se diseñó e implementó la propuesta microcurricular desarrollada a partir del enfoque de aprendizaje basado en problemas (ABP), que tuvo como escenario la síntesis verde de nanopartículas metálicas a partir de extractos naturales y su aplicación en el campo biomédico. La estructura del microcurrículo se planteó de manera integral, contemplando aspectos como, el nombre del curso, justificación del espacio formativo, propósitos de formación. Asimismo, se delimitaron los contenidos temáticos, competencias a desarrollar, actividades y resultados de

aprendizaje, de acuerdo con el enfoque pedagógico. Esta organización permitió asegurar la coherencia entre los objetivos y las estrategias de enseñanza y aprendizaje.

Con el propósito de validar y poder medir satisfactoriamente el impacto de la propuesta, se diseñó una presentación con el objetivo de contextualizar a los estudiantes sobre los conceptos y técnicas analíticas que serían abordados durante el proceso de implementación. Asimismo, se seleccionaron tres de las actividades incluidas en el microcurrículo para ser implementadas, las cuales se articularon en torno a un caso clínico contextualizado. Así pues, se ejecutaron actividades tanto teóricas como prácticas, desarrolladas de manera individual y grupal orientadas al fortalecimiento del pensamiento científico. Estas actividades no solo permitieron abordar el ámbito conceptual y experimental, sino que se diseñaron de manera estratégica para evaluar las competencias científicas mencionadas en la propuesta. Estas actividades incluyeron:

- Elaboración de un mapa conceptual a partir de un artículo científico para relacionar conceptos clave con la solución del caso clínico propuesto.
- Práctica de laboratorio I: Identificación cualitativa de metabolitos secundarios en extractos naturales.
- Práctica de laboratorio II: Confirmación de síntesis verde de nanopartículas de plata
- Presentación y socialización sobre la selección de apósito antimicrobiano

Con el fin de facilitar la implementación y el seguimiento de las tres actividades, se creó una página digital (**Anexo 1**) en la que se encuentra el caso problema, así como la descripción de cada actividad. Además, se incluyó información de interés derivada de los análisis experimentales complementarios que dieron sustento a la propuesta. Entre ellos se incluyó la extracción de aceite esencial de orégano "*Origanum vulgare*", seguido de su caracterización mediante cromatografía de gases y espectroscopia infrarroja (IR), así como un análisis cualitativo con el fin de identificar metabolitos secundarios de interés. En paralelo se realizó la biosíntesis de nanopartículas de plata y su caracterización por espectroscopía UV-Vis. Finalmente, se elaboró un apósito bioactivo, el cual fue sometido a un ensayo in vitro para evaluar su efectividad biológica.

7.5.3 Evaluación del impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas.

Esta fase comprendió la aplicación de la prueba pos-test correspondiente al mismo instrumento diagnóstico, con el objetivo de hacer las comparaciones necesarias para determinar el impacto de

la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas en los estudiantes participantes de la investigación. Adicionalmente, como herramientas para evaluar la eficiencia del microcurrículo a lo largo de su aplicación, y observar el progreso de cada uno de los estudiantes, se valoraron las actividades presentadas en la fase II teniendo en cuenta rúbricas analíticas diseñadas para tal propósito.

Asimismo, evaluar la eficacia de la propuesta en el fortalecimiento de las competencias desde un enfoque mixto, se emplearon herramientas de análisis cuantitativo y cualitativo. Para el tratamiento de datos cuantitativos se empleó el software estadístico SPSS Statistic, permitiendo establecer comparaciones significativas y evidenciar variaciones en los niveles de desempeño. Paralelamente, el análisis cualitativo se llevó a cabo mediante el software ATLAS.ti, que facilitó la categorización de la información, posibilitando identificar patrones y transformaciones en torno a las competencias científicas desarrolladas.

8 Resultados y discusión

De acuerdo con las fases de la investigación planteadas en la sección de la metodología, a continuación, se presentan los resultados obtenidos organizados en tres partes: 1) Identificación del estado inicial de las competencias científicas (pre-test) 2) Diseño y aplicación de la propuesta microcurricular y 3) Evaluación del impacto de la propuesta microcurricular (prueba post-test)

8.1 Identificación del estado inicial de las competencias científicas

La prueba diagnóstica está dividida en tres secciones, con una totalidad de seis preguntas con el objetivo de determinar el nivel en el que se encuentra cada estudiante con respecto a tres competencias científicas (**Anexo 2**)

El instrumento fue validado por tres expertos en el área, licenciados en química, con estudios de posgrado en el campo de la didáctica de la química. Este proceso permitió establecer la fiabilidad del instrumento, así como la pertinencia de los contenidos de acuerdo con lo que se pretendía medir. Las correcciones sugeridas fueron tomadas en cuenta para su posterior aplicación. (**Anexo 3**) Este proceso se llevó a cabo siguiendo los supuestos de Escobar y Cuervo (2008) que establecen la importancia de especificar previamente las dimensiones a medir, así como sus indicadores, la función y el objetivo del instrumento. Asimismo, la evaluación de este instrumento se realizó de acuerdo con la rúbrica dispuesta para ello, con cuatro categorías a saber: bajo (2), básico (3), alto (4) y superior (5). (**Anexo 4**)

A continuación, se presentan los resultados del proceso de evaluación de la prueba diagnóstica aplicada a los estudiantes. Las preguntas del instrumento se organizaron según las tres competencias científicas definidas: explicar fenómenos científicamente (ítems 1 y 6), interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica (ítems 2 y 3) e investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción (ítems 4 y 5). Cada competencia, por tanto, fue evaluada mediante dos preguntas, lo que permitió analizar de forma precisa el desempeño de los estudiantes en cada una de ellas.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos en las diferentes preguntas del instrumento diagnóstico, se llevó a cabo un análisis estadístico para determinar el nivel de desempeño del grupo de estudiantes en las tres competencias científicas evaluadas. Para ello, se calculó la media de las

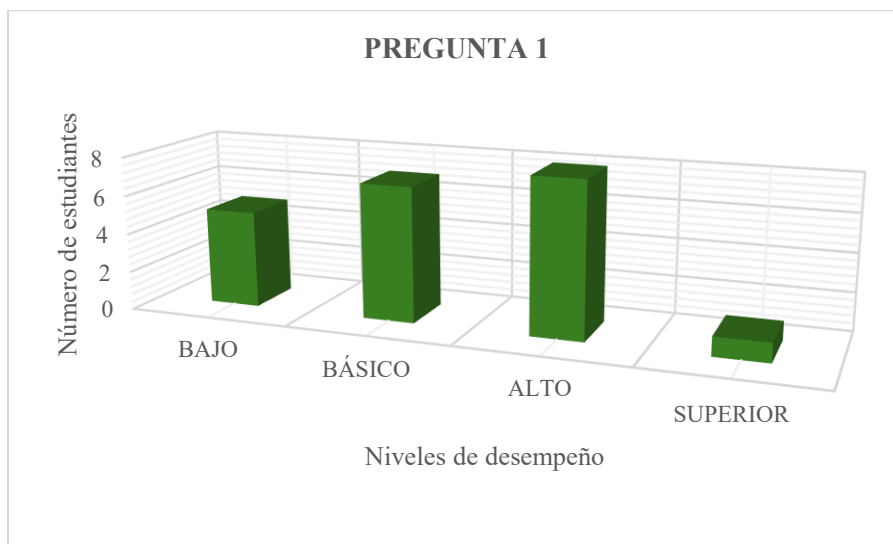
calificaciones obtenidas por cada estudiante en las preguntas correspondientes a cada competencia, y a partir de estos valores promedio se estableció un nivel de desempeño global por competencia.

8.1.1 Competencia explicar fenómenos científicamente

En cuanto a la pregunta 1 se pretendía establecer la capacidad de aplicar conocimientos científicos apropiados en la explicación de un fenómeno. Los resultados evidencian que 8 estudiantes se encuentran en el nivel alto, 7 en el nivel básico, 1 en el nivel superior y 5 estudiantes en el nivel bajo (**Figura 8**). Este comportamiento sugiere que, los estudiantes reconocen algunos términos científicos, sin embargo, persisten dificultades para establecer relaciones entre los conceptos.

Figura 8.

Niveles de desempeño en la pregunta 1 prueba diagnóstica



Fuente: Elaboración propia

Lo expuesto previamente se constata en el desempeño individual de los estudiantes. Por ejemplo, el estudiante 13 se ubicó en el nivel alto al asociar de forma correcta los términos de nanopartículas, UV VIS y microscopia de barrido, apósitos y compuestos fenólicos con sus correspondientes definiciones; sin embargo, presentó dificultades al identificar el uso de los extractos naturales y el nitrato de plata en el proceso de síntesis de nanopartículas (**Figura 9**)

Figura 9.

Respuesta del estudiante 13 a la pregunta 1 prueba diagnóstica

Relacione cada término de la columna A con el concepto que mejor lo describa en la columna B, teniendo en cuenta el contexto de la síntesis verde de nanopartículas de plata

Nanopartículas (f)	a. Metabolitos secundarios
Extractos (b)	b. Precursor
UV VIS y Microscopía de barrido (e)	c. Aplicación biomédica
Apósitos con nanopartículas (c)	d. Agente reductor
Compuestos fenólicos (a)	e. Técnicas de caracterización
Nitrato de plata (d)	f. Producto de tamaño nanométrico

Respuesta pregunta 1, estudiante 13

En la respuesta anterior se presentan un error conceptual alrededor de la función del nitrato de plata y los extractos en la síntesis de nanopartículas, pues establece que el AgNO_3 es el agente reductor y el extracto es el precursor. Afirmación que es incorrecta, pues, de acuerdo con Gómez-Garzón (2018) el extracto de los vegetales funciona como reductor de metales debido a las propiedades de los metabolitos secundarios que lo componen, capaces de reducir los iones del precursor en nanopartículas del metal. De este modo, el precursor metálico según Szczyglewska et al., (2023) es un compuesto que en su estructura tiene un elemento metálico que será la base para la síntesis de la nanopartícula.

Mientras tanto, el estudiante 01 quien se ubicó en un nivel de desempeño básico porque logró establecer algunas relaciones entre los términos y definiciones de conceptos como nanopartículas, UV VIS y microscopia de barrido y apósitos; pese a ello, presentó limitaciones al determinar el papel de los extractos naturales, los compuestos fenólicos y el nitrato de plata en la síntesis de nanopartículas (**Ver figura 10**).

Figura 10.

Respuesta del estudiante 1 a la pregunta 1 prueba diagnóstica

Relacione cada término de la columna A con el concepto que mejor lo describa en la columna B, teniendo en cuenta el contexto de la síntesis verde de nanopartículas de plata

Nanopartículas (f)	a. Metabolitos secundarios
Extractos (a)	b. Precursor
UV VIS y Microscopía de barrido (e)	c. Aplicación biomédica
Apósitos con nanopartículas (c)	d. Agente reductor
Compuestos fenólicos (b)	e. Técnicas de caracterización
Nitrato de plata (d)	f. Producto de tamaño nanométrico

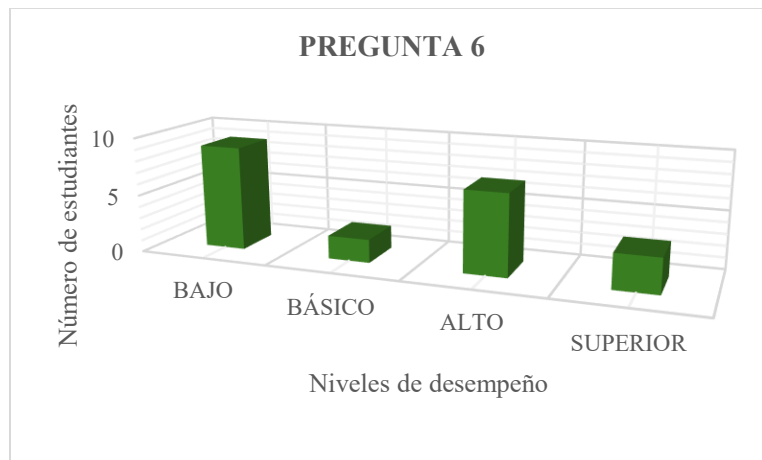
Respuesta pregunta 1, estudiante 1

La respuesta anterior evidencia que al igual que en el caso del estudiante 13 se presenta dificultades para establecer la función de los extractos y el nitrato de plata en la síntesis verde de nanopartículas metálicas, y, además incurre en imprecisiones al establecer que los compuestos fenólicos son los precursores en este proceso. Pues, de acuerdo con lo establecido con Gimeno (2004) los compuestos fenólicos son uno de los metabolitos secundarios principales de las plantas que, a través de los extractos naturales funcionan como agentes reductores y estabilizantes, es decir que tienen el papel de reducir el precursor metálico y, además, evitan la aglomeración de las nanopartículas.

Por otro lado, con la pregunta 6 que buscaba identificar la capacidad de reconocer y desarrollar hipótesis explicativas de fenómenos del mundo material, revela unos resultados con un contraste notable en los niveles de desempeño, puesto que, como se muestra en la **figura 11**, 9 estudiantes están dentro del nivel bajo y 7 estudiantes en nivel alto, lo que indica que, si bien lo estudiantes tratan de formular ideas en relación con el fenómeno, estas aun no son suficientes.

Figura 11.

Niveles de desempeño en la pregunta 6 prueba diagnóstica



Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, el estudiante 21, categorizado con un nivel bajo, construyó el siguiente párrafo, el cual carece de sentido lógico, lo que muestra limitaciones en la comprensión de los conceptos, pues selecciona de forma incorrecta todos los términos: *“En la síntesis verde de nanopartículas metálicas, se utilizan resonancia plasmónica como fuente de rendimiento, los cuales actúan como agentes de extractos vegetales y estabilización. Este método permite obtener espectrofotometría UV-Vis de forma ecológica y eficiente. La presencia de las nanopartículas se confirma mediante morfología, una técnica instrumental que detecta la reducción asociada a la formación de las partículas. Además, factores como el pH, la temperatura y la concentración del extracto pueden influir directamente en el metabolito secundario, el tamaño y la AgNPs de las nanopartículas obtenidas”*

En relación con lo anterior, el término de resonancia plasmónica hace referencia a una propiedad óptica de las nanopartículas metálicas, que explica como los electrones interactúan con la luz al absorberla y dispersarla a determinadas longitudes de onda. En este sentido, mediante métodos analíticos como la espectrofotometría UV VIS, se mide la resonancia plasmónica de las nanopartículas a través de la longitud de onda de máxima absorbancia (Gupta et al., 2020). Bajo esta mirada, es incorrecto afirmar que en el proceso de síntesis de nanopartículas se utiliza resonancia plasmónica y que además de ello se obtiene espectrofotometría UV VIS.

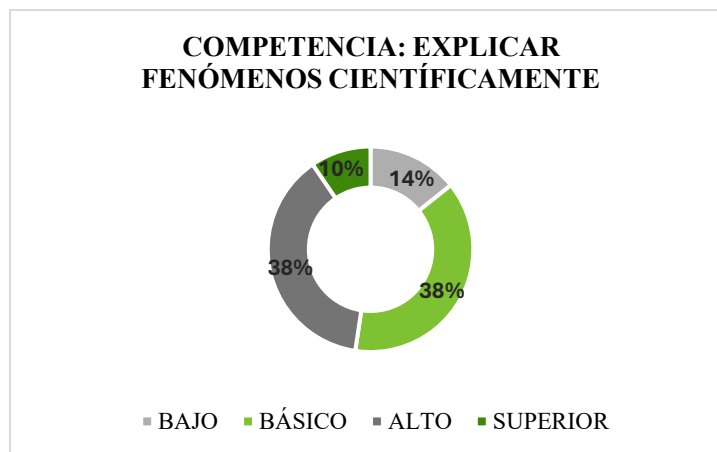
Por otro lado, en la elaboración de nanopartículas hay factores que afectan la morfología de estas pues de acuerdo con lo propuesto por Patra y Baek (2014) factores como el pH y la temperatura del medio de la disolución influye en el tamaño, la textura, el rendimiento y la naturaleza de la nanopartícula formada. Es por esto, que carece de coherencia señalar que las variables de reacción influyen en el metabolito secundario.

De acuerdo con las respuestas suministradas por los estudiantes y la predominancia del nivel bajo, es posible afirmar que estas preguntas supusieron una complejidad alta y, por tanto, una elevada exigencia cognitiva de acuerdo con lo planteado por PISA (2025). Sin embargo, este no supondría un problema en sí mismo, más bien como lo afirma Yao et al., (2016) los estudiantes presentan dificultades en la construcción de explicaciones científicas, que puede ser atribuido a la falta de un andamiaje adecuado en la enseñanza de las ciencias y la carencia de una base de conocimientos suficiente. En tanto, la construcción de una explicación científica implica la comprensión conceptual de la ciencia, de ahí que la falta de comprensión básica sobre los conceptos científicos conducirá probablemente a errores en la construcción de una explicación científica sobre un fenómeno.

A partir de los resultados cuantitativos obtenidos en las preguntas 1 y 6 se sacó la media entre las dos preguntas para cada estudiante. Con ello, se determinó el porcentaje de estudiantes en cada nivel de desempeño para la competencia “explicar fenómenos científicamente”. Estos resultados muestran que los estudiantes se distribuyen equitativamente entre los niveles alto y básico con un 38% en cada uno (**Figura 12**). Lo que indica que los estudiantes pueden ofrecer una explicación sencilla de un fenómeno científico como lo es la síntesis verde de nanopartículas, así como identificar con algún grado de dificultad los conceptos relacionados a este fenómeno, no obstante, incurren en imprecisiones.

Figura 12.

Distribución porcentual según el nivel de la competencia “explicar fenómenos científicamente” prueba diagnóstica



Fuente: Elaboración propia

8.1.2 Competencia interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica

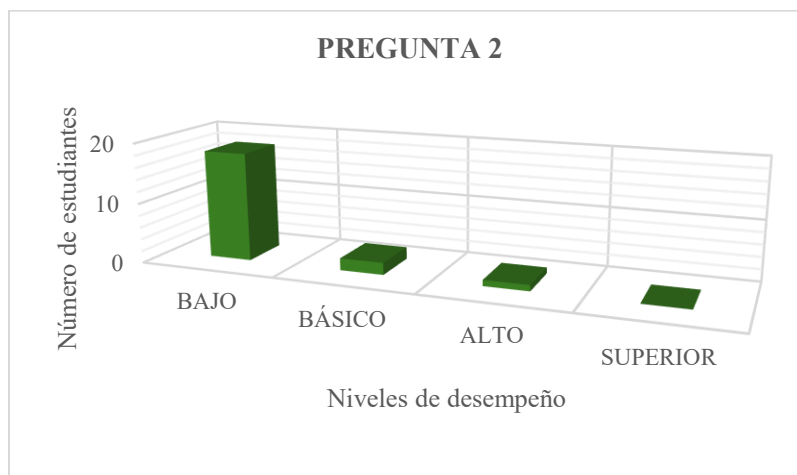
En relación con la pregunta 2, se pretendía estimar la capacidad de los estudiantes para interpretar datos presentados en diferentes representaciones y extraer conclusiones apropiadas. Pues estas capacidades son fundamentales en el proceso de análisis de la información, reconocimiento de patrones en los datos y formulación de conclusiones sustentadas en evidencias y literatura científica, elementos esenciales para el fortalecimiento de esta segunda competencia.

Se evidencia que el nivel de desempeño representativo es el bajo con 18 estudiantes (**Figura 13**). Lo que sugiere que los estudiantes tienen una comprensión limitada de la información y una escasa capacidad para relacionar los resultados con fundamentos científicos. Esto se respalda con lo señalado por Coleman et al., (2023) quienes señalan que, para responder preguntas de interpretación de datos, los estudiantes deben realizar múltiples acciones cognitivas que van desde la lectura de un gráfico hasta la comprensión de variables experimentales. En palabras de Zhang y Norman (1994) las representaciones entendidas como modelos mentales resultan de la integración de diferentes tipos de información, en este caso la lectura de un gráfico y la aplicación de conocimientos previos para interpretarlo. Por tanto, la dificultad en una o más de las acciones

cognitivas como lo es separar la información relevante de la no relevante y establecer interconexiones significativas puede afectar el rendimiento del sujeto.

Figura 13.

Niveles de desempeño en la pregunta 2 prueba diagnóstica



Fuente: Elaboración propia

Un caso representativo de lo mencionado anteriormente fue el estudiante 12, quien comenta *“En lo que recuerdo aprox en 1800 debe encontrarse unas bandas benzoides las cuales aquí como que no se parecen mucho al modelo. Y debe aparecer un pico intenso, así que no parece a mi criterio tan consistente”* en este enunciado el estudiante no identifica correctamente los grupos funcionales asociados a las bandas espectrales. Según lo señalado por Pavia et al., (2001) las absorciones de los dobles enlaces C=C de los anillos aromáticos presentes en los fenoles se ubican alrededor de los 1600 y 1475 cm^{-1} . Además, contrario a lo afirmado por el estudiante 14, las bandas de absorción correspondientes a las insaturaciones se caracterizan por ser débiles y no intensas. En consecuencia, las observaciones del estudiante carecen de sustento científico, lo que lleva a situarlo en un nivel de desempeño bajo.

Por otra parte, el estudiante 10 ubicado en el nivel básico explica *“La banda de 3389 nm que nos indica la presencia de grupos O-H unidos a un anillo aromático indicando la presencia de fenoles”* esta afirmación es correcta de acuerdo con Pavia et al., (2001) quien explica que los fenoles muestran bandas de estiramiento O-H en el rango de los 3400 y 3300 cm^{-1} y, adicionalmente a

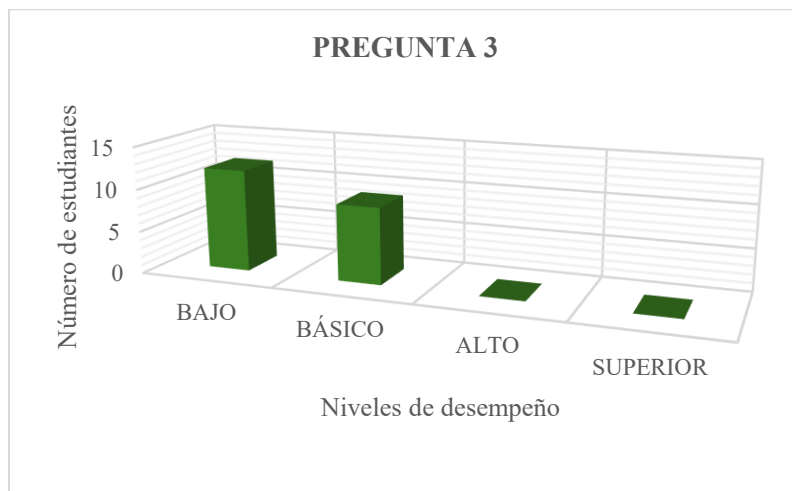
comparación de los alcoholes presentan bandas mucho más anchas. Sin embargo, el estudiante no tiene en cuenta las demás bandas presentadas, asimismo, no argumenta la validez de las afirmaciones presentadas en el caso propuesto de acuerdo con sus apreciaciones.

Bajo esta perspectiva, pese a que los resultados obtenidos se distribuyen en tres de los cuatro niveles de desempeño, la población en su mayoría se encuentra en un nivel bajo, que refleja la imposibilidad de identificar correctamente los grupos funcionales correspondientes a las bandas espectrales y justificar sus predicciones.

A continuación, se presenta la **figura 14**, la cual corresponde al desempeño de los estudiantes en la pregunta 3. Se observa la predominancia del nivel bajo con 12 estudiantes, seguido del nivel básico con 9 estudiantes lo que evidencia las limitaciones para justificar sus predicciones. Esto indica que los estudiantes presentan dificultades al intentar proporcionar razonamientos alrededor de las evidencias que respaldan una afirmación (Walker et al., 2019).

Figura 14.

Niveles de desempeño en la pregunta 3 prueba diagnóstica



Fuente: Elaboración propia

Como muestra, el estudiante 9 se limitó a responder si el enunciado era falso o verdadero sin proporcionar justificación alguna para sus respuestas. Aunque acertó en todas, no cumplió con el requisito de justificar cada una de ellas, demostrando que no posee las capacidades de interpretación y argumentación, por lo que no articuló como la zona de inhibición, controles y

diluciones, soportan cada veredicto, ni mostró comprensión del significado experimental de las variables.

Figura 15.

Respuesta del estudiante 9 a la pregunta 3 prueba diagnóstica

Teniendo en cuenta la información de la tabla mostrada en la pregunta 3 (ver anexo c), Responda en las siguientes afirmaciones falso (F) o verdadero (V). Justifique su elección:

- a) El *Staphylococcus aureus* presentó la mayor sensibilidad con una zona de inhibición de 15 mm a una dilución 1:10 (**V**)
- b) Diluciones iguales a 1:100 demostraron poder inhibitorio sobre todas las bacterias excepto *E. coli*, *E. feacalis* y *K. pneumoniae* (**F**)
- c) El extracto no presenta zona de inhibición contra la *E. coli* (**V**)
- d) Las diluciones 1/10 y 1/100 mostraron actividad antibacteriana contra las cepas de *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus feacalis*, *Klesiella pneumoniae*, *Pseudomona aureoginosa* (**V**)

Respuesta pregunta 3, estudiante 9

Por su parte, el estudiante 4 además de cometer un error en uno de los enunciados, no presentó justificación para ninguna de sus respuestas, lo que puede denotar una deficiente comprensión de las variables del estudio y de los datos de la tabla, por lo tanto, su desempeño califica como bajo, ya que no logra evidenciar un análisis adecuado ni una interpretación fundamentada.

Figura 16.

Respuesta del estudiante 4 a la pregunta 3 prueba diagnóstica

Teniendo en cuenta la información de la tabla mostrada en la pregunta 3 (ver anexo c), Responda en las siguientes afirmaciones falso (F) o verdadero (V). Justifique su elección:

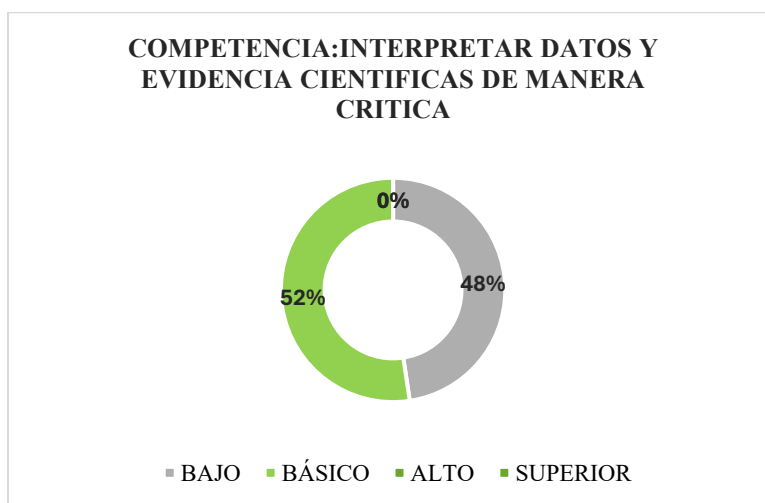
- a) El *Staphylococcus aureus* presentó la mayor sensibilidad con una zona de inhibición de 15 mm a una dilución 1:10 (**V**)
- b) Diluciones iguales a 1:100 demostraron poder inhibitorio sobre todas las bacterias excepto *E. coli*, *E. feacalis* y *K. pneumoniae* (**F**)
- c) El extracto no presenta zona de inhibición contra la *E. coli* (**V**)
- d) Las diluciones 1/10 y 1/100 mostraron actividad antibacteriana contra las cepas de *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus feacalis*, *Klesiella pneumoniae*, *Pseudomona aureoginosa* (**F**)

Respuesta pregunta 3, estudiante 4

Considerando estos resultados, la **figura 17** muestra el consolidado general de los niveles de desempeño en la competencia interpretar y evaluar evidencia científica de forma crítica, siendo el más representativo el nivel básico seguido del bajo. Esto demuestra que los estudiantes analizan de manera superficial la información suministrada, y no justifican sus observaciones con base en evidencia científica.

Figura 17.

Distribución porcentual según el nivel de la competencia “interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica” prueba diagnóstica



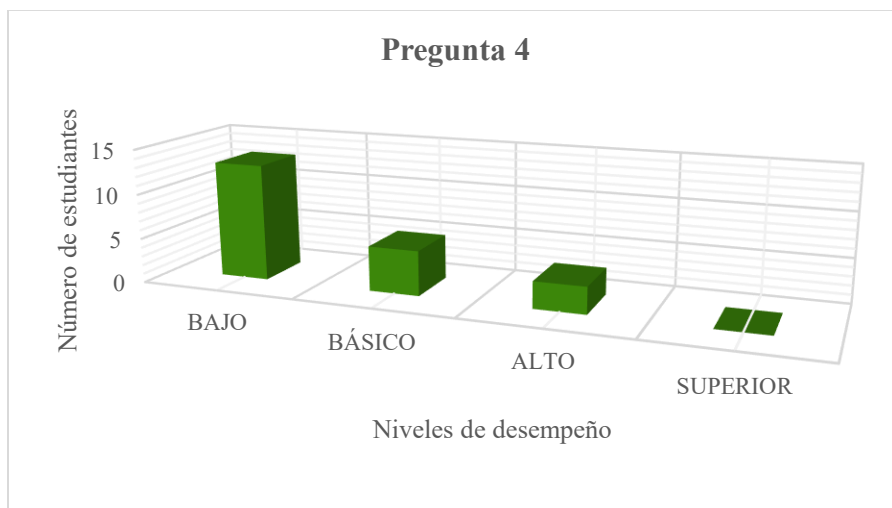
Fuente: Elaboración propia

8.1.3 Competencia investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción

Los resultados presentados en la **figura 18** evidencian que 13 estudiantes se sitúan en el nivel bajo, mientras que 5 estudiantes alcanzaron el nivel básico y solo 3 estudiantes lograron un desempeño alto, esto refleja las dificultades que tienen para distinguir entre afirmaciones científicas y opiniones, ya que varios estudiantes tienden a aceptar enunciados sin contrastarlos con criterios de validez.

Figura 18.

Niveles de desempeño en la pregunta 4 prueba diagnóstica



Fuente: Elaboración propia

Este panorama sugiere que, aunque la población a la cual se le aplicó el instrumento cursa una etapa avanzada de su formación profesional, no se evidencia aún un uso crítico y fundamentado de la información científica para la acción o toma de decisiones. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que, como lo mencionan Sulistina et al. (2024), las capacidades para reconocer evidencia científica se fortalecen en gran medida cuando la enseñanza incorpora estrategias explícitas de literacidad química y análisis de textos; en ausencia de estas prácticas, la capacidad de diferenciar información basada en evidencia de simples opiniones permanece limitada.

Un ejemplo representativo del nivel alto fue la respuesta de estudiante 5 quien respondió que un criterio científico sería: *“evaluar la efectividad antimicrobiana, citotoxicidad para células de la piel y en el contexto clínico: probaría apósitos en pacientes con infecciones y estudios de apósitos en tejido celular”*. El estudiante identifica y tiene en cuenta los criterios necesarios para evaluar la viabilidad del uso de nanopartículas de plata, esta formulación manifiesta comprensión de la necesidad de articular la investigación in vitro con la evaluación en condiciones reales de aplicación. Además, plantea con precisión las variables críticas, aunque no profundiza en detalles metodológicos

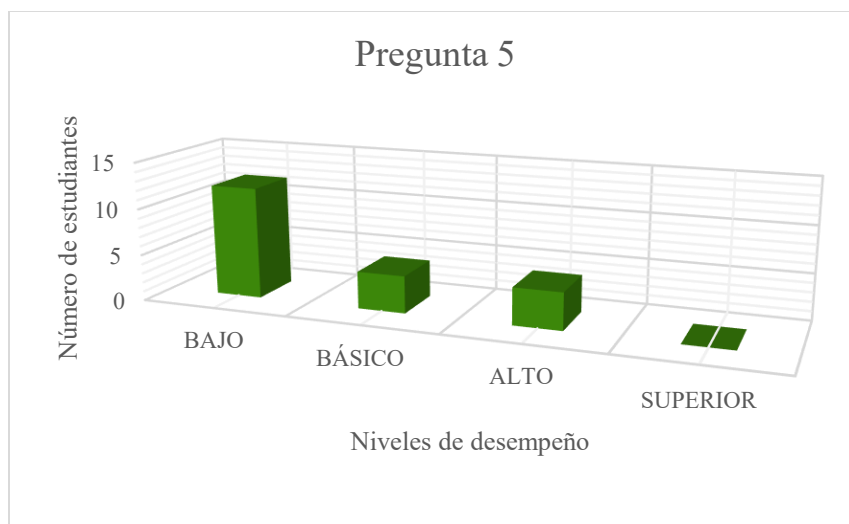
Por su parte, el estudiante 11 mencionó que: *“La determinación de la toxicidad sería un criterio científico ya que las nanopartículas de plata pueden acumularse o eliminarse del organismo,*

determinación de la eficiencia y lo aplicaría en diversos laboratorios analíticos en el campo de la medicina”. El argumento anterior posiciona al estudiante en un nivel básico puesto que, identifica dos criterios relevantes para elegir la aplicación clínica de las nanopartículas de plata (toxicidad y eficiencia). Sin embargo, la explicación es parcial, menciona los análisis sin profundidad por lo que no justifica la validez de los estudios mostrando dificultades para argumentar.

Por otro lado, en la pregunta 5 se evaluó específicamente la capacidad de elaborar una conclusión argumentada a partir de un conjunto de datos. Los resultados de la **figura 19** muestran que aun el nivel bajo sigue predominando con 12 estudiantes, el básico se mantiene con 4 y el nivel alto cuenta con 5 estudiantes, indicando que, pese a que pocos estudiantes intentan desarrollar un argumento sólido y coherente, aunque con limitaciones en la conclusión, la mayoría no consiguen establecer una relación lógica entre las ideas y los datos, lo que impide llegar a una conclusión válida.

Figura 19.

Niveles de desempeño en la pregunta 5 prueba diagnóstica



Fuente: Elaboración propia

Así, esta dificultad coincide con lo mencionado por Jiménez-Aleixandre y Crujeiras (2017) quienes señalan que la limitada participación de los estudiantes en las prácticas epistémicas que permiten saber que cuenta como evidencia y cómo se justifican las afirmaciones en ciencia, no va a permitir que los estudiantes logren construir argumentaciones consistentes.

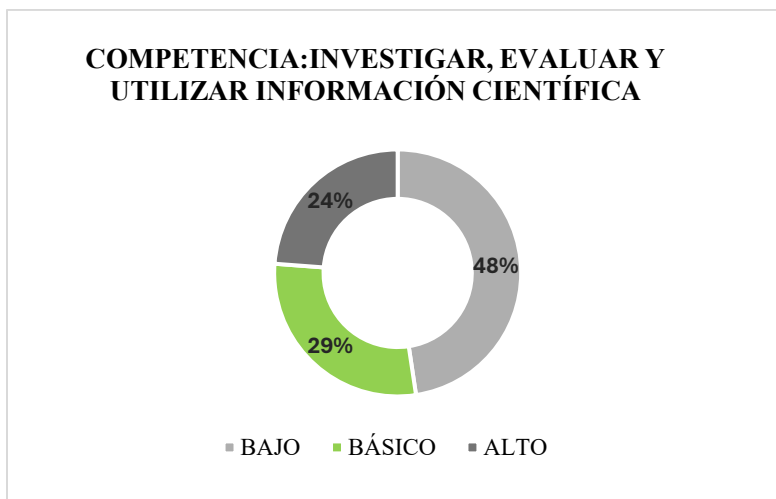
A modo de ejemplo, el estudiante 20 refirió que la respuesta correcta era *“El estudio 3 porque tiene una confiabilidad muy alta, demuestra que no hay daños en las células, se demuestra mayor capacidad antioxidante en piel lesionada”*. La respuesta es correcta al identificar el estudio 3 como el más pertinente, además sustenta la elección con varios datos significativos, relaciona de manera coherente su interpretación con la decisión clínica. Sin embargo, no profundiza en el análisis, incidiendo en limitaciones, ni conecta con conocimiento científico externo.

Mientras tanto, el estudiante 15 mencionó que *“Para apoyar una decisión clínica tendría en cuenta el estudio 3 ya que su confiabilidad es la más alta, además, no presenta efectos dañinos en las células”*. Si bien el estudiante escogió la respuesta correcta y trató de justificar su respuesta mencionando términos relevantes como la confiabilidad y la ausencia de efectos dañinos, su argumento es breve y no integra otros elementos importantes como el tipo de ensayo o resultados de cicatrización.

Ahora bien, de manera general, la **figura 20** muestra un desempeño global de los estudiantes frente a la competencia *“investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción”* reflejando rendimiento mayoritario en los niveles bajo. Este resultado muestra que, si bien algunos estudiantes logran utilizar estrategias para el análisis de información científica, la mayoría presenta dificultades para enunciar juicios críticos y tomar decisiones basadas en conocimiento científico, además de manifestar deficiencias al analizar críticamente los procesos investigativos.

Figura 20.

Distribución porcentual según el nivel de la competencia “investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción” prueba diagnóstica

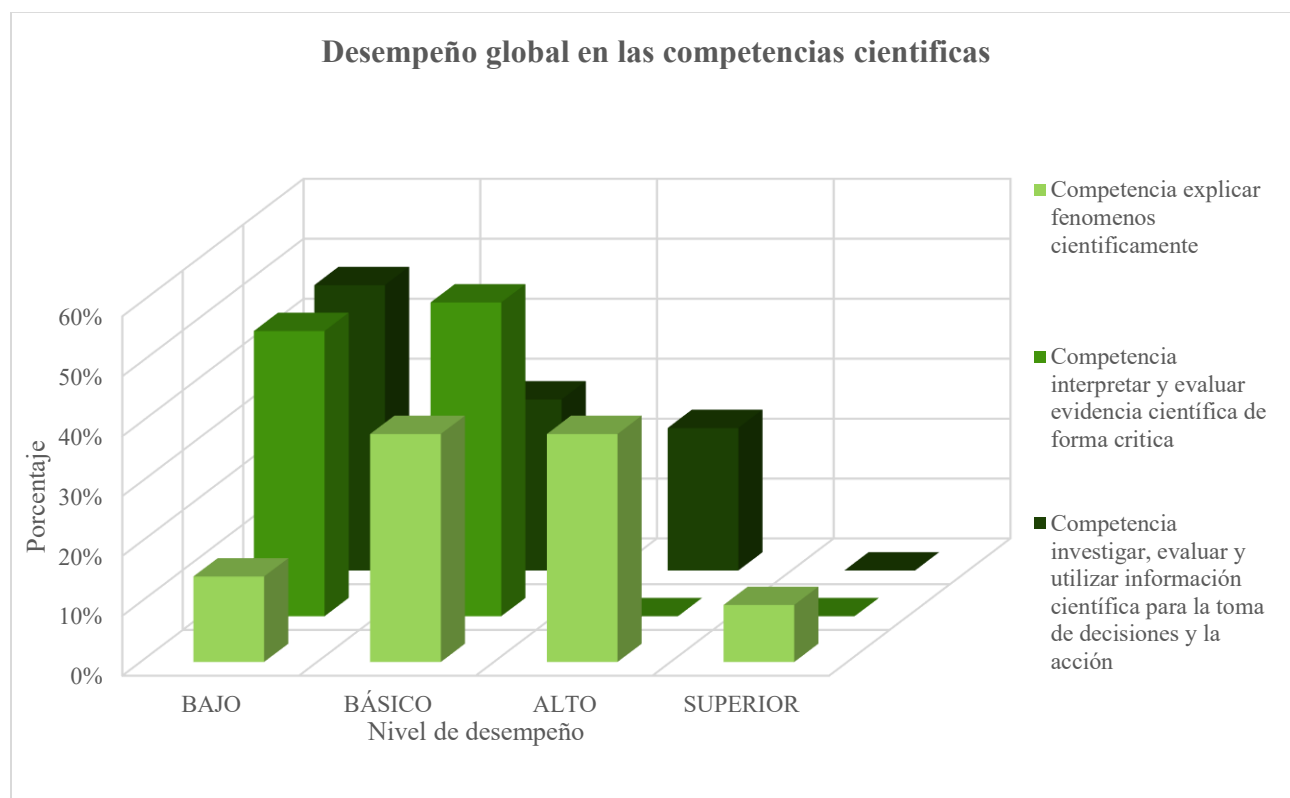


Fuente: Elaboración propia

Por último, se presenta la **figura 21** donde se muestra el desempeño global de los estudiantes en las tres competencias científicas evaluadas. Se evidencia una tendencia en la competencia de explicar fenómenos científicamente al nivel básico al igual que en la competencia de interpretar y evaluar evidencia científica de forma crítica, mientras que en la competencia de investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción el nivel predominante es el bajo.

Figura 21.

Desempeño global en las competencias científicas prueba diagnóstica



Fuente: Elaboración propia

En este sentido, este instrumento brindó información importante no solo para posicionar a los estudiantes en un nivel de desempeño dentro de las competencias científicas, sino que también proporcionó una base diagnóstica sólida para orientar el diseño de las actividades en el marco de la realización del microcurrículo.

8.2 Diseño y aplicación de la propuesta microcurricular

8.2.1 Diseño de la propuesta microcurricular

El diseño de la propuesta microcurricular (**Anexo 4**) se estructuró a partir de los lineamientos sugeridos por León (2022) quien plantea que un microcurrículo debe incluir elementos esenciales como el nombre del curso, los créditos sugeridos, la justificación del espacio académico, los propósitos de formación, los contenidos pertinentes de acuerdo con el contexto de estudio, la formulación de competencias, y la evaluación entendida como un proceso formativo. Además, se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en la prueba diagnóstica, que mostraron una

predominancia de los niveles de desempeño básico y bajo en las tres competencias científicas evaluadas, lo que evidenció falencias en los procesos de explicación de fenómenos, análisis de datos experimentales y justificación de decisiones basadas en evidencia.

En consecuencia, se orientó el diseño de las actividades para el desarrollo y progreso de las competencias, el cumplimiento de los objetivos propuestos y la reducción de las dificultades identificadas. De este modo, para la elaboración de la propuesta microcurricular se definieron propósitos de formación del curso, se seleccionaron contenidos pertinentes de acuerdo con el contexto de estudio y se diseñaron actividades que integraran la conceptualización, la experimentación y la argumentación.

Asimismo, dado que la propuesta microcurricular se fundamenta en el enfoque de aprendizaje basado en problemas (ABP), se diseñó el siguiente caso problema que orientó el desarrollo de las actividades:

Un equipo de científicos que investiga nuevas soluciones para el tratamiento de heridas ha recibido un informe preocupante desde una zona rural. Un médico de familia ha reportado el caso de Marta, una mujer de 67 años con diabetes, cuya herida en la pierna no ha cicatrizado adecuadamente tras más de 20 días.

Marta ha estado cuidando la herida en casa usando gasas simples y agua con sal, sin supervisión médica. La herida ahora presenta enrojecimiento, exudado, mal olor y signos de posible infección. El médico sospecha que el uso inadecuado de apósitos podría estar empeorando el estado de la herida. **(Anexo 6)**

De igual forma, con el propósito de facilitar el acceso de los estudiantes a dichas actividades y a los recursos de apoyo, se construyó un sitio web en el que se encuentran organizadas, junto con información complementaria de interés para su solución.

8.2.1.1 Presentación nanotecnología y su aplicación biomédica

De acuerdo con las unidades temáticas expuestas en la propuesta microcurricular se elaboró una presentación sobre las generalidades de la nanotecnología, síntesis de nanomateriales con extractos naturales, técnicas de caracterización y la aplicación biomédica de estos materiales **(Ver anexo 7)**. Esta primera intervención tuvo como objetivo introducir a los estudiantes y contextualizarlos en

el escenario de la propuesta microcurricular, así como, brindar herramientas teóricas para la solución del caso problema planteado.

8.2.1.2 Actividad 1: Mapa conceptual

Dentro de la propuesta microcurricular, se incluyó una actividad que consistió en la elaboración de un mapa conceptual a partir de la lectura del artículo “*Antimicrobial Wound Dressings: A Concise Review for Clinicians*” (**Anexo 8**). Esta herramienta fue seleccionada porque permite a los estudiantes representar gráficamente las relaciones jerárquicas y conceptuales entre diferentes elementos del conocimiento. De acuerdo con Novak y Cañas (2008) los mapas conceptuales son una herramienta valiosa para organizar y estructurar el conocimiento, actuando como un andamiaje que facilita el aprendizaje significativo al permitir visualizar de manera clara las relaciones entre nuevos conceptos y conocimientos previos. Esta característica lo convierte en una estrategia adecuada para fortalecer la competencia de “explicar fenómenos científicamente” puesto que, el estudiante debe establecer conexiones que le ayude a construir explicaciones fundamentadas, asimismo, comprender y comunicar las causas, mecanismos y relaciones subyacentes de un fenómeno empleando conceptos científicos.

Para esta actividad se les indicó a los estudiantes que identificaran los principales tipos de apósitos antimicrobianos, los mecanismos de acción, las ventajas y limitaciones en su uso, y ejemplos de aplicaciones. Posteriormente, debían organizar la información en un mapa conceptual jerarquizando los conceptos de lo general a lo específico y establecieran conexiones entre ellos mediante palabras de enlace que reflejaran la naturaleza de dichas relaciones. Estas orientaciones no solo guían la organización conceptual, sino que también promueven la comprensión de los mecanismos, causas y relaciones subyacentes de los fenómenos analizados, favoreciendo con ello el desarrollo de la competencia de explicar fenómenos científicamente, pues integra la comprensión teórica con la capacidad de interpretar y comunicar de forma escrita fenómenos científicos de manera coherente y fundamentada.

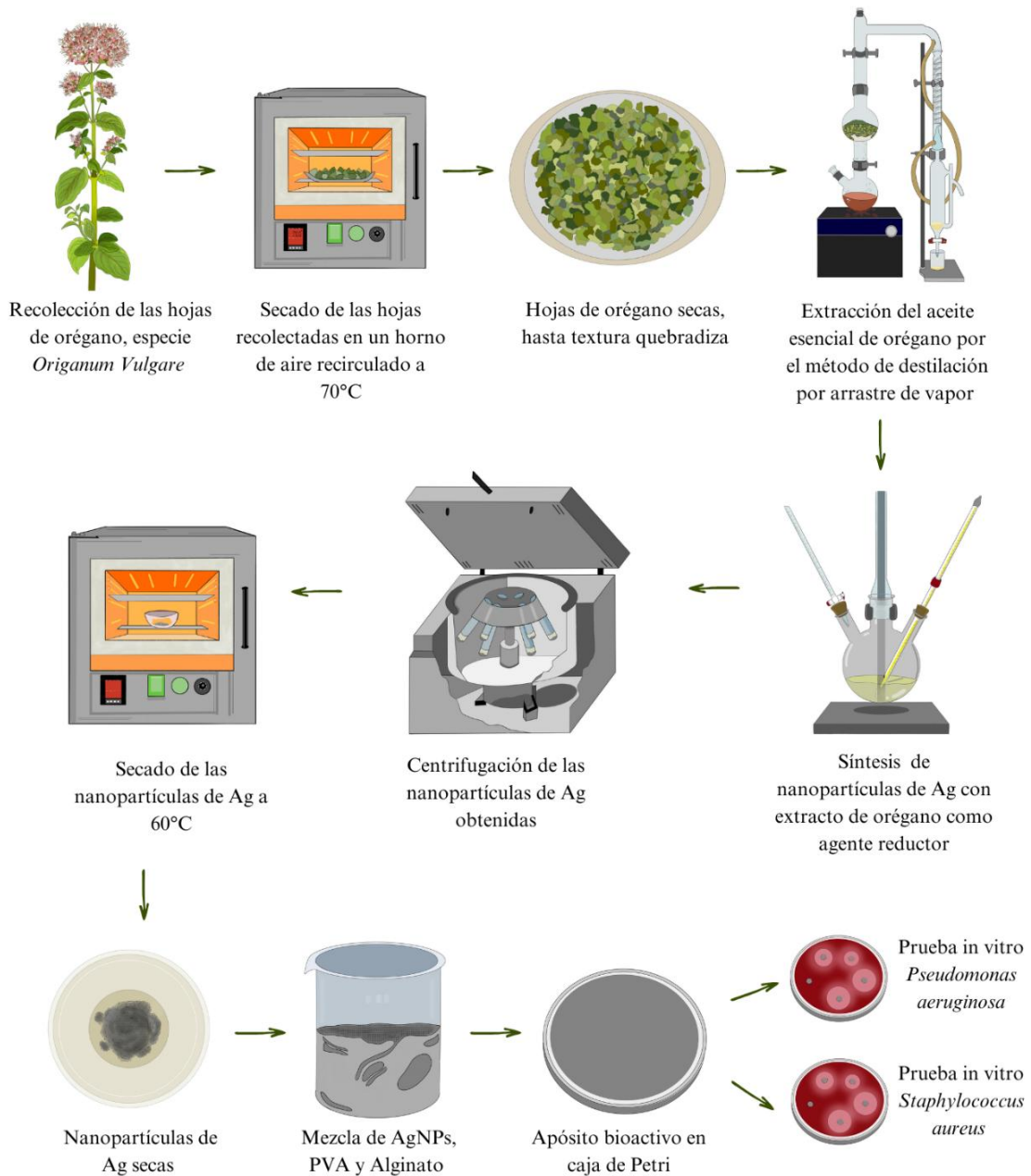
8.2.1.3 Actividad 2: Prácticas de laboratorio

El diseño de las prácticas de laboratorio se elaboró en el marco de la actividad de aprendizaje número tres planteada en la propuesta microcurricular (**Ver anexo 2**) la cual contempla el proceso completo desde la extracción del aceite esencial de orégano hasta la elaboración del apósito antimicrobiano (**Figura 22**). Esta secuencia experimental se estructuró con el fin de fortalecer la

competencia de interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica, al situar al estudiante frente a procesos experimentales que requieren observar, registrar y analizar resultados con base en principios científicos.

Figura 22.

Representación de los análisis realizados para la obtención del apósito bioactivo

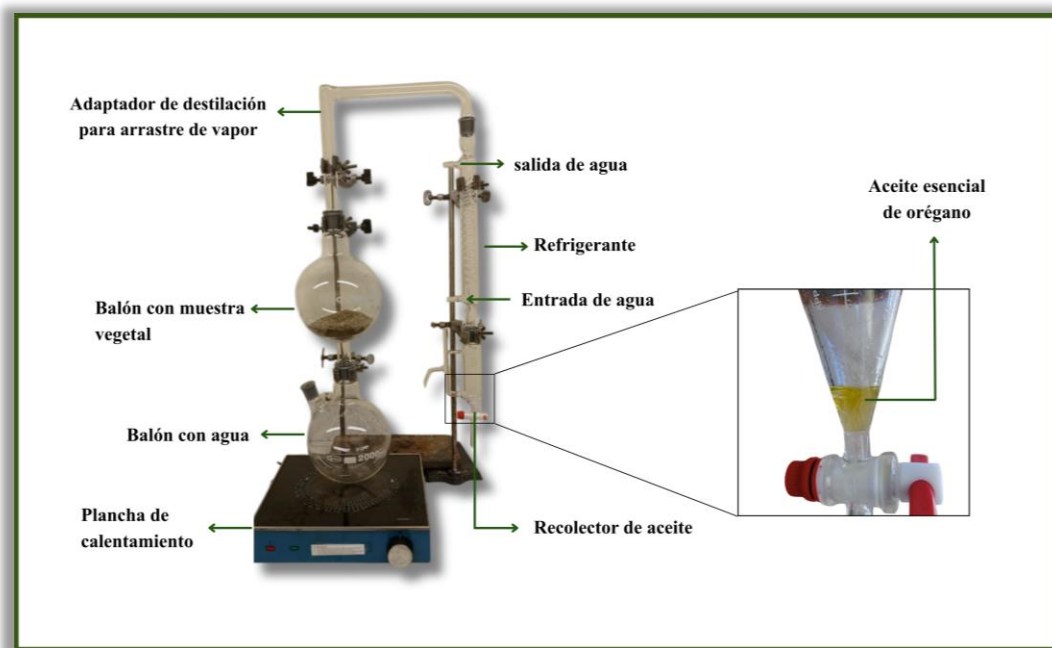


Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, como parte fundamental de las actividades de aprendizaje contempladas en la propuesta microcurricular, se proyecta que la serie de experimentos genere información relevante para la comprensión de los procesos involucrados en la elaboración del apósito antimicrobiano. Asimismo, se plantea que dichos experimentos ofrezcan un marco de referencia para que los estudiantes puedan analizar el caso clínico propuesto inicialmente. De esta manera, el primer análisis se orienta hacia la extracción del aceite esencial de orégano (**Figura 23**), considerado el punto de partida para la obtención de los principales componentes del apósito, además de otros procesos que se muestran a continuación.

Figura 23.

Extracción del aceite esencial de orégano por arrastre de vapor.



Fuente: Fotografía propia

El material vegetal usado fue orégano (*Origanum vulgare*). Una parte fresca fue adquirida en plazas de mercado de la ciudad de Bogotá y sometido a un proceso de secado en un horno de aire recirculado a una temperatura de 70°C para eliminar la humedad de la materia prima. Mientras que la otra parte, fue obtenida ya seca. Por otro lado, el método para obtener el aceite esencial de orégano fue destilación por arrastre de vapor (Armijo et al., 2012).

8.2.1.1 Rendimiento del aceite esencial de orégano

La tabla 5 muestra la masa total de orégano pesada y el porcentaje de rendimiento en base seca del aceite obtenido.

Tabla 5.

Datos experimentales

Masa total (g)	933,928
%Rendimiento	0,86%

Fuente: Elaboración propia

$$\% \text{ Rendimiento (V/m)} = \frac{8 \text{ mL}}{933,928} \cdot 100$$

$$\% \text{ Rendimiento (V/m)} = 0,86 \%$$

De acuerdo con Nurzyńska y Walasek (2025) el aceite esencial de la especie *Origanum vulgare* subespecie *vulgare* presenta un rendimiento que oscila entre el 0,7 y el 1,2%. Experimentalmente, el rendimiento base seca por la técnica de destilación por arrastre de vapor fue de 0,86% empleando 933,928 g de hojas de orégano seco y obteniendo 8 mL de aceite esencial. Este rendimiento se explica por el hecho de que *O. vulgare* subsp. *vulgare* posee pocos tricomas glandulares, que tienen la función de producir, almacenar y secretar diferentes clases de metabolitos secundarios, por lo tanto, la carencia de dichos tricomas traduce en dicha cantidad de aceite esencial (Ilić et al., 2022).







8.2.1.2 Caracterización fitoquímica del aceite esencial de orégano

Como primer análisis se realizó una serie de pruebas cualitativas (colorimétricas) a la muestra de aceite esencial obtenida para determinar la presencia de metabolitos secundarios: fenoles, alcaloides, flavonoides, azúcares reductores, aminoácidos libres y carbohidratos.

Tabla 6.

Resultados análisis cualitativo del aceite esencial de orégano

Tipo de metabolito	Ensayo	Resultado	Registro fotográfico	Observaciones
--------------------	--------	-----------	----------------------	---------------

Fenoles	FeCl ₃ 12,5%	+++		Cambio de color a verde oscuro
Alcaloides	Dragendorff	-		Persistencia de color amarillo del reactivo de Dragendorff
Flavonoides	Shinoda	+++		Cambio en la coloración de la muestra a color anaranjado
Azúcares reductores	Benedict	-		Persistencia en el color azul del reactivo de Benedict.
Aminoácidos libres	Xantoproetica	++		Cambio de color en la muestra a anaranjado
Carbohidratos	Molish	+		Formación de un anillo púrpura en la interfase

Fuente: Autoría propia

Interpretación: (-) Negativo, (+) Baja evidencia, (++) Evidencia, (+++) Alta evidencia

Los resultados obtenidos en las pruebas fitoquímicas (**tabla 6**) demuestran que hay presencia de fenoles, flavonoides, aminoácidos libres y carbohidratos en el aceite esencial de orégano. Sin

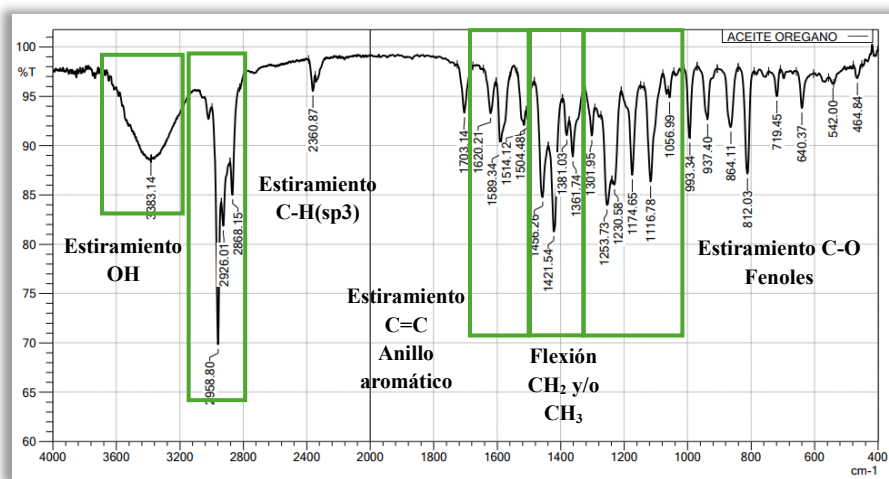
embargo, teniendo en cuenta que los compuestos de interés se concentran en los fenólicos debido a sus propiedades antimicrobianas, los análisis aquí expuestos se centraran en estos metabolitos secundarios. Dentro de los principales tipos de compuestos fenólicos que contiene el aceite esencial de orégano están los flavonoides y los ácidos fenólicos que, conforme a lo establecido por Arcila et al., (2004) incluye principalmente compuestos fenólicos como el carvacrol y el timol y flavonoides como la apigenina y la luteolina. Particularmente, el carvacrol y el timol son considerados quimiotipos responsables del aroma distintivo de la especie vegetal, asimismo, estos dos fenoles se presentan de forma mayoritaria en los aceites esenciales, sin embargo, la proporción de estos compuestos volátiles varía entre especies del género, con respecto a este hecho Huamán Castilla et al., (2016) plantean que estas diferencias están dadas por la distribución y composición de sus monoterpenos, así como a la acción de la enzima terpeno sintasa.

8.2.1.3 Caracterización del aceite esencial de orégano por espectroscopia IR

La **figura 24** presenta el espectro infrarrojo del aceite esencial de orégano en el rango de longitud de onda de 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} . El espectro muestra a una longitud de onda de $3383,14\text{ cm}^{-1}$ el pico característico de estiramiento O-H, que, de acuerdo con Pavia et al., (2001) se caracteriza por mostrar bandas de estiramiento fuertes y anchas entre los 3400 y 3300 cm^{-1} . Asimismo, en $1230,58\text{ cm}^{-1}$ aparece una banda de estiramiento correspondiente al enlace C-O característico de compuestos fenólicos debido a la conjugación del oxígeno con el anillo, desplazando la banda a una energía más alta, en comparación con compuestos alifáticos. Por otra parte, a 2868 cm^{-1} se presenta un pico característico del estiramiento C-H con hibridación sp^3 y los picos de flexión a una longitud de onda de alrededor 1460 cm^{-1} confirman la presencia de grupos CH_3 y CH_2 .

Figura 24.

Espectro de espectroscopia infrarroja del aceite esencial de orégano



Fuente. Elaboración equipo espectrómetro infrarrojo. Departamento de química, UPN.

Por tanto, las señales presentadas en el espectro IR pueden atribuirse a la presencia de compuestos fenólicos entre los que se encuentran el carvacrol y el timol (**Ver figura 6**), dos compuestos isómeros presentes en el aceite esencial de orégano. Esto se sustenta en lo reportado por Saqed et al., (2019) donde se presentaron las bandas características del espectro infrarrojo del carvacrol. Se registró una banda fuerte y ancha a los 3382,73 cm^{-1} producto del estiramiento O-H, a los 2960,85 cm^{-1} una señal consistente con el estiramiento C-H, a una longitud de 1589,83 cm^{-1} banda de estiramiento C-C y a los 1252,31 una banda fuerte consecuencia del estiramiento C-O-C. Asimismo, de acuerdo con lo reportado por el National Institute of Standards and Technology (2018) el timol exhibe una banda ancha característica de los grupos O-H alrededor de los 3400 cm^{-1} , hacia los 3100 cm^{-1} se presentan bandas de estiramiento que están asociadas a grupos C-H aromáticos, mientras que entre los 1600 y 1500 cm^{-1} se hallan bandas atribuidas a vibraciones de estiramiento C=C, finalmente, en el rango comprendido entre 1260 y 1220 se observan bandas de estiramiento C-O, lo que corrobora la presencia de fenoles.

8.1.2.4 Caracterización del aceite esencial de orégano por cromatografía de gases

Para la caracterización de la muestra, se tuvo en cuenta una serie de variables controladas que permitieron obtener un perfil detallado de los compuestos presentes. En la **tabla 7** se resumen las condiciones cromatográficas

Tabla 7.

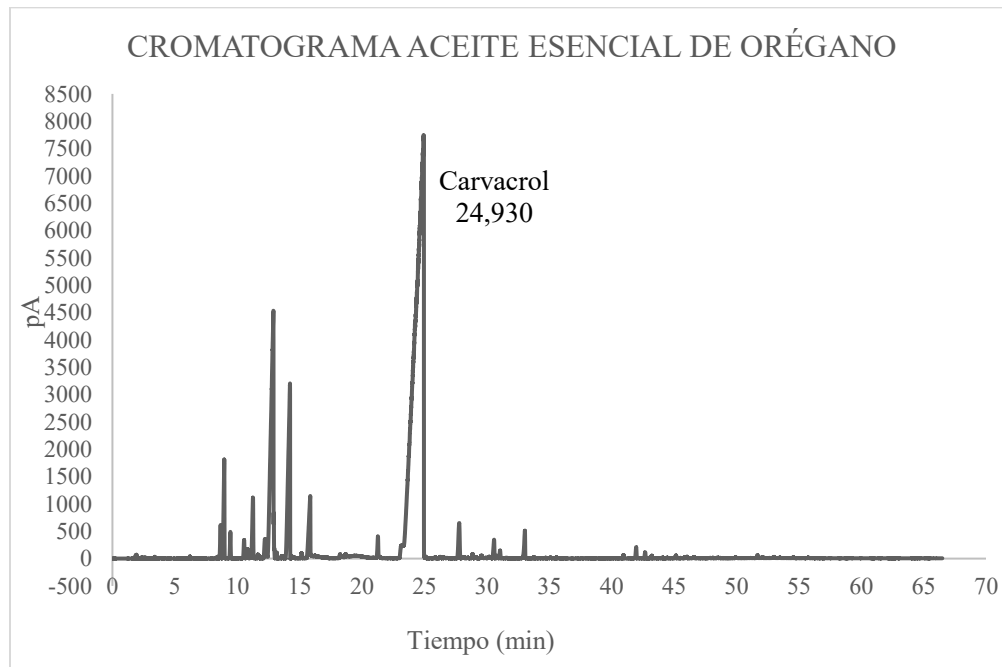
Condiciones de operación del cromatógrafo

Cromatógrafo Agilent 8860	
Volumen de inyección	0,2 mL
Flujo del gas de arrastre	0,5 mL/min
Temperatura del inyector	220°C
Temperatura del detector	230°C
Columna	HP-5 (30 m × 320 μm × 0,25 μm)

Fuente: Elaboración propia

Figura 25.

Cromatograma del aceite esencial de orégano



Fuente. Elaboración equipo cromatógrafo de gases (CG). Departamento de química, UPN.

En la **figura 25** se evidencia una mezcla de compuestos volátiles, con varias señales de baja intensidad distribuidos a lo largo de los primeros 20 minutos y un pico que sobresale alrededor de los 24-25 minutos. Este comportamiento es típico de aceites esenciales ricos en compuestos fenólicos en donde el carvacrol es el componente mayoritario, así lo confirma Khan et al. (2019) en su estudio donde menciona que el aceite esencial de orégano extraído de las hojas contenía principalmente carvacrol en un 71,9%, por lo tanto, este pico prominente sugiere que el carvacrol

es el constituyente principal de la muestra en consonancia con el perfil de aceites de *Origanum vulgare* ricos en compuestos de tipo cymyl, donde el carvacrol es más abundante que otros fenoles como el timol.

La confirmación del compuesto fenólico se argumenta en la relación existente entre el tiempo de retención del compuesto y su índice de retención lineal (LRI). Henning y Engewald (1994) registraron para el compuesto de carvacrol un índice de retención lineal (LRT) de 1308 en columna HP-5 prácticamente independiente de la temperatura de operación. Asimismo, Khan et al. (2019) reportaron un LRI de 1311 con un tiempo de retención de 24 – 25 minutos para la misma especie fenólica, lo que respalda la asignación de la señal más alta a este compuesto.

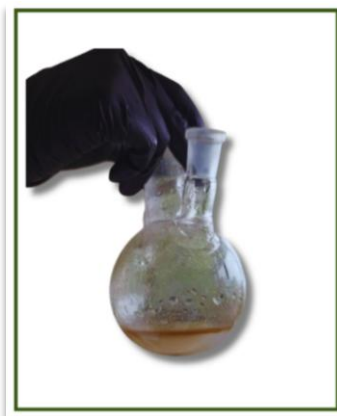
El cromatograma también muestra señales menores entre 5 y 20 minutos, que podrían corresponder a otros monoterpenos y fenoles descritos por Khan et al. (2019), como p-cimeno, γ -terpineno o timol, que suelen encontrarse en menor cantidad pero que contribuyen a la actividad biológica del aceite.

8.2.1.5 Biosíntesis de nanopartículas de plata

Las nanopartículas de plata se obtuvieron mediante síntesis verde siguiendo el procedimiento descrito por Chupateca et al. (2024) (**Anexo 9**). Para ello se hizo uso de nitrato de plata (AgNO_3) como precursor metálico y aceite esencial de orégano, como agente reductor y agente estabilizante. Este último facilitó el paso del ion plata (Ag^+) a plata metálica (Ag^0) y a su vez evitó que las AgNPs se aglomerasen durante su formación. Con el avance de la síntesis se registró un cambio en la coloración de la mezcla de un tono amarillo a un color marrón oscuro (**Figura 26**) que se debe a la absorción de luz en el espectro visible y la oscilación colectiva de electrones en nanopartículas de plata (Bold et al., 2022). Finalmente, se mantuvo bajo agitación constante y temperatura controlada de 60°C para asegurar un tamaño y morfología homogéneas, ya que es esencial para los próximos procesos de caracterización y aplicación.

Figura 26.

Nanopartículas de plata



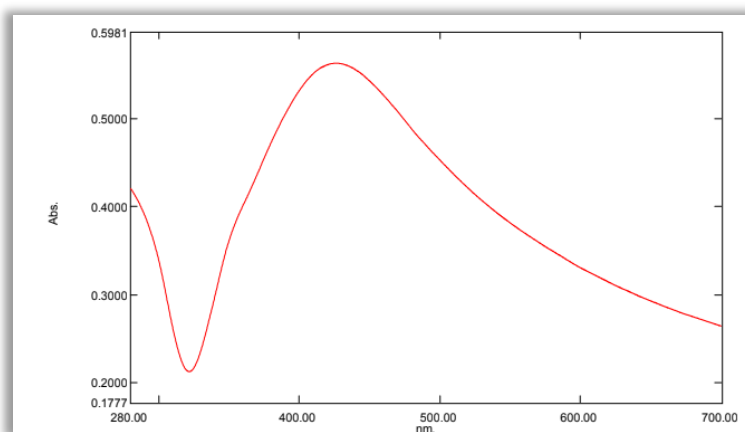
Fuente: Fotografía propia

8.2.1.6 Caracterización de las nanopartículas de plata

La caracterización de este tipo de nanomaterial mediante espectroscopía UV-Vis permitió evaluar sus propiedades ópticas y confirmar su formación a partir de la presencia del plasmón de superficie localizado (LSPR), lo anterior se refleja en el espectro obtenido a continuación (**Figura 27**).

Figura 27.

Caracterización por espectroscopia UV-VIS



Fuente: Elaboración propia

El espectro UV – Vis muestra una longitud máxima (λ max) de 427 nm con una absorbancia de 0,5631 (figura 23) consistente con la resonancia de plasmones de superficie localizada (LSPR)

propio de las nanopartículas de plata (AgNPs). Este fenómeno, caracterizado por la oscilación colectiva de electrones libres en la superficie de un metal inducida por el campo eléctrico de la luz incidente, resulta en una marcada absorción y dispersión de luz en una longitud de onda específica (Kelly et al., 2002). Por tanto, el valor observado sugiere nanopartículas de plata ya que se confirma con los resultados mostrados por Ledezma et al., (2014) y Salguero y Pilaquina (2017) los cuales obtienen en sus estudios bandas de absorción en el espectro que se encuentran en el rango de 400 a 450 nm. Asimismo, se puede inferir que el tamaño de las AgNPs reportadas está entre aproximadamente 35–50 nm en esta longitud de onda (Ledezma et al, 2014), tamaño característico obtenido cuando se emplean en la síntesis de nanopartículas plata, extractos naturales como agentes reductores.

8.2.1.7 Elaboración de los apósitos bioactivos

La construcción de los apósitos se desarrolló con base en el procedimiento descrito por Kamel et al., (2023). Para ello, se usó alginato de sodio, alcohol polivinílico, aceite esencial de orégano y nanopartículas de plata (**Anexo 10**).

El método empleado fue de congelación-descongelación siendo uno de los más comunes en reticulación física. Durante este proceso, en el ciclo de congelación los cristales de hielo organizan las cadenas de polímeros alrededor de sí mismos, mientras que, en el momento de la descongelación, la fusión del hielo forma la estructura microporosa (Su et al., 2021) en este sentido, resulta fundamental el control de variables como la temperatura y el número de ciclos, lo que determinará las propiedades y características de los apósitos. La **figura 28** muestra los apósitos obtenidos, donde la consistencia de estos es comparable con la de un hidrogel que, de acuerdo con Su et al., (2021) tienen la característica de responder a los cambios de rigidez de la matriz extracelular, ya que pueden responder y moverse de forma direccional.

Figura 28.

Apósitos bioactivos



Fuente: Fotografía propia

8.2.1.8 Ensayo in silico

En esta sección se realizaron estudios de acoplamiento molecular de los compuestos activos del orégano (*Origanum vulgare*) con una enzima presente en dos bacterias: una Gram negativa y una Gram positiva. Para tal efecto, se usaron herramientas digitales como PDB, PubChem, Chimera y PyRx. El mecanismo de acción evaluado fue la inhibición de la biosíntesis y función de los ácidos nucleicos. Para ello, se seleccionó como proteína la ADN girasa, principal enzima implicada en la replicación del ADN de las bacterias.

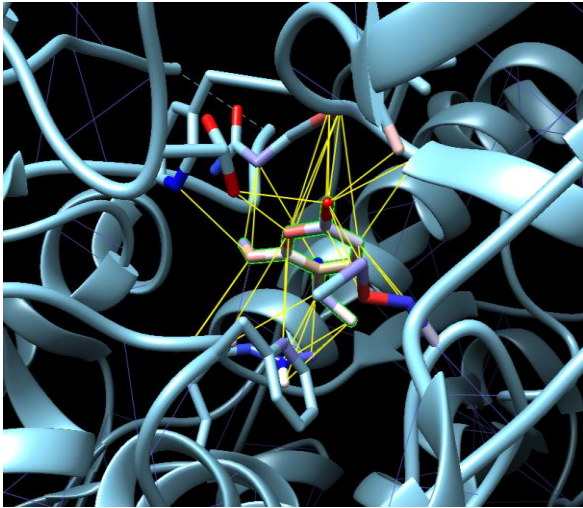
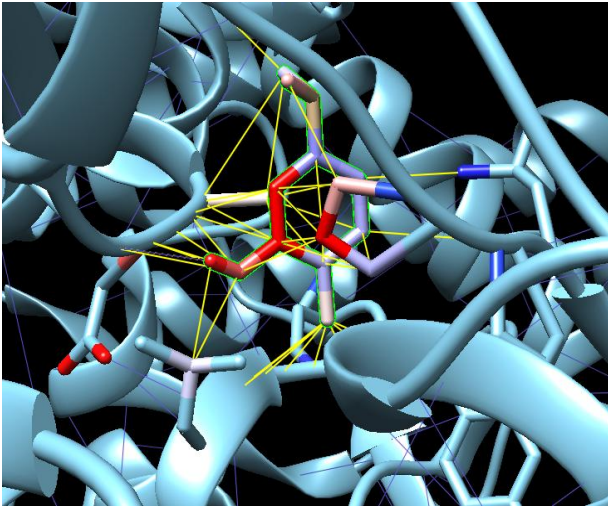
La estructura elegida como receptora se identifica con el PDB ID 2XCQ. La tabla 8 muestra las mejores posiciones obtenidas a partir del análisis de acoplamiento con el carvacrol y el timol, mostrando las energías de afinidad de la unión entre el ligando y la enzima bacteriana. El carvacrol mostró una energía de -6.0 kcal/mol, mientras que el timol de -5.9 kcal/mol. Teniendo en cuenta estos valores y conforme a lo planteado por Velásquez et al., (2013) se considera como el mejor arreglo aquel que reporta la menor energía de unión, de esta manera, es posible afirmar que el mayor poder inhibitorio sobre la enzima ADN girasa proveniente de la bacteria gram positiva *Staphylococcus aureus* la tiene el carvacrol, pese a ello si la energía de acoplamiento molecular es inferior a $-5,0$ kcal/mol, la unión es relativamente estable (Cao et al., 2023).

Por lo tanto, se esperaría que la unión del carvacrol se diera en la región N-terminal de la subunidad B de la enzima donde se bloquea la actividad de la ATPasa impidiendo la hidrólisis del ATP puesto que el grupo hidroxilo del carvacrol puede establecer enlaces de hidrogeno fuertes o débiles con los residuos de aminoácidos importantes de la enzima bacteriana (Ezatpour et al., 2023) asimismo

estudios preliminares han demostrado que cualquier perturbación a la subunidad B de la ADN girasa puede inhibir su actividad y, por ende, limitar la replicación del ADN (Durdagi et al., 2018).

Tabla 8.

Análisis In silico con Staphylococcus aureus

Ensayo In silico con <i>Staphylococcus aureus</i>	
Timol	Carvacrol
	
Energía de afinidad mínima: -5.9 kcal/mol	Energía de afinidad mínima: -6.0 kcal/mol

Fuente: Elaboración propia con Chimera

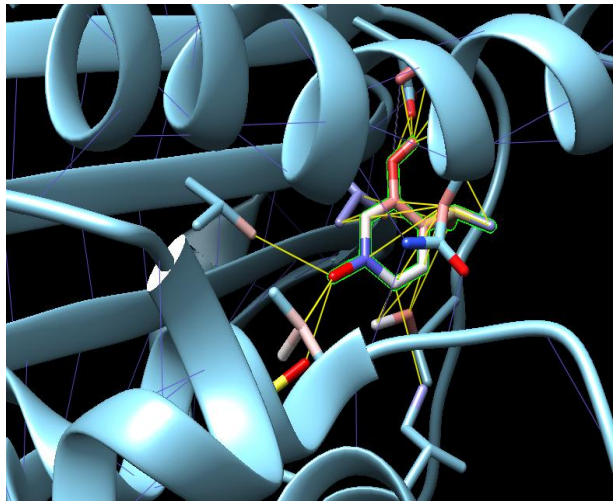
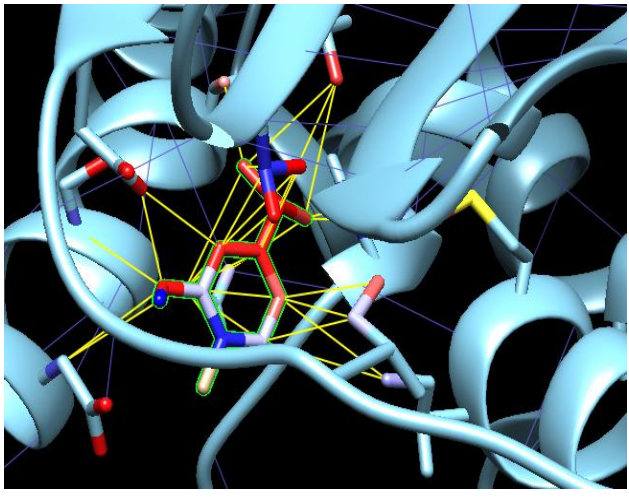
En este caso se realizó el acoplamiento molecular para observar la interacción entre la proteína blanco DNA gyrase B (dominio de unión ATP) de la bacteria Gram negativa *Pseudomonas aeruginosa* frente a los compuestos fenólicos carvacrol y timol, los cuales actuaron como ligandos, con el fin de analizar su potencial inhibitorio.

Los valores arrojados de la energía libre de unión fueron -6.1 kcal/mol para el carvacrol y -5.9 kcal/mol para el timol, tal como se observa en la **tabla 9**. Estas cifras indican que el complejo formado entre la enzima y el carvacrol denota ligeramente más estabilidad, puesto que la energía libre de enlace (ΔG°) está estrechamente ligada a la constante de asociación del sistema (K_{un}) por $\Delta G^\circ = -RT \ln(\circ C * K_{un})$ (Mobley y Dill, 2009), por tanto, cuanto más negativo sea el valor de ΔG° , mayor afinidad habrá entre las moléculas involucradas. De esta manera, el carvacrol mostró una interacción más favorable con el sitio activo de la DNA girase B al obtener una cifra de -6.1 kcal/mol, este resultado es consistente con reportes previos donde el carvacrol tuvo un alta afinidad

frente a varias enzimas, atribuida principalmente a la orientación del grupo hidroxilo, el cual determina la cantidad y la fuerza de los enlaces de hidrógeno que se forman en el sitio de unión lo que impacta en su afinidad energética, asimismo, las regiones isopropílicas del carvacrol se ajustan en zonas hidrófobas del bolsillo, generando interacciones de tipo van der Waals y aumentando la estabilidad del complejo proteína-ligando (Niu, C., et al. 2022; Herrera et al. 2020) este comportamiento explica la mayor afinidad energética observada para el carvacrol en comparación con el timol, sugiriendo un potencial mayormente inhibitorio frente a la enzima DNA girase B.

Tabla 9.

Análisis In silico con Pseudomonas aeuroginosa

Ensayo In silico con <i>Pseudomonas aeuroginosa</i>	
Timol	Carvacrol
	
Energía de afinidad mínima: -5.9 kcal/mol	Energía de afinidad mínima: -6.1 kcal/mol

Fuente: Elaboración propia con Chimera

Finalmente, de la serie de prácticas de laboratorio se seleccionaron dos (la síntesis de nanopartículas de plata y el análisis cualitativo del extracto de orégano) por su pertinencia con el propósito de estudio, así como su relevancia en la interpretación de resultados, la comparación de evidencias y la argumentación con base en datos observados. Además, estas prácticas permiten articular los conceptos teóricos con la experimentación, favoreciendo el análisis de los fenómenos. Por lo tanto, su selección se fundamenta en que ambas actividades ofrecen situaciones experimentales significativas que posibilitan la observación, el registro y explicación de

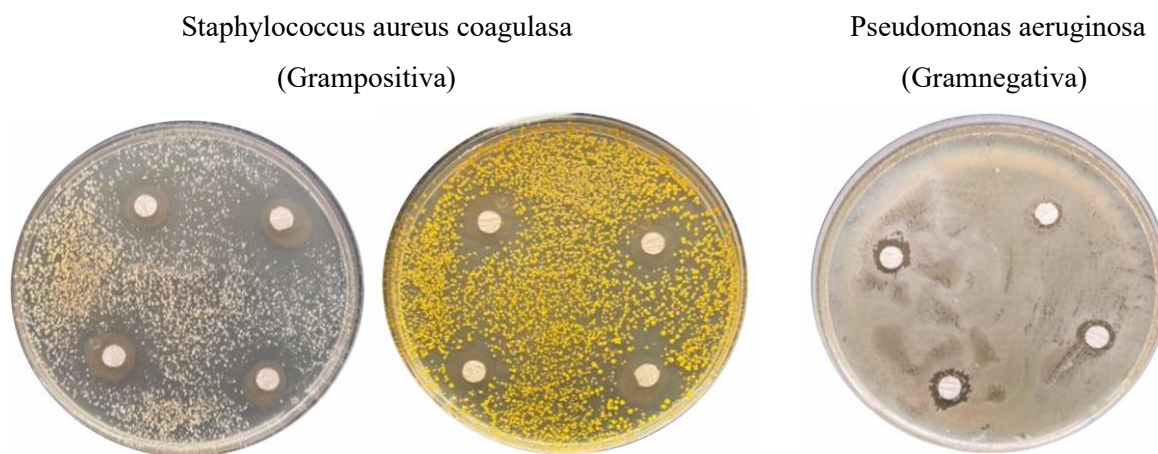
fenómenos de manera estructurada, que resulta esencial para el fortalecimiento de las competencias científicas.

8.2.1.9 Ensayo Invitro

Los resultados obtenidos en el laboratorio Bioquilab (Informe N.º V00151931-1-MB) (**figura 29**) evidencian que el apósito elaborado con nanopartículas de plata (AgNPs) y aceite esencial de *Origanum vulgare* presenta actividad antimicrobiana variada, ya que depende de la estructura celular del microorganismo evaluado. La técnica de difusión empleada fue la de Kirby-Bauer, teniendo en cuenta el procedimiento y el protocolo estipulado por Hudzicki, J. (2009) y Clinical and Laboratory Standards Institute (2024). Se observa un halo de inhibición definido y predominante frente a *Staphylococcus aureus* (Gram +) lo que quiere decir que las nanopartículas de plata afectaron la membrana celular bacteriana, puesto que, alteraron la homeostasis y la función celular, desnaturalizando la membrana citoplasmática, la cual genera una ruptura de los orgánulos e incluso provoca lisis celular, lo que resulta en la inhibición del crecimiento bacteriano (Scandorieiro et al., 2016). Por otro lado, la inhibición que se evidencia respecto a la bacteria gram negativa *Pseudomona aeruginosa*, es escasa debido a que estas presentan una membrana externa compuesta por lipopolisacáridos, porinas selectivas y sistemas de eflujo que limitan la penetración de las nanopartículas (Yin et al., 2020).

Figura 29.

Resultados análisis Invitro del apósito para Staphylococcus aureus coagulasa y Pseudomonas aeruginosa



Fuente: Fotografía laboratorio Bioquilab

8.2.1.9 Elaboración del BioNanoKit

Como resultado del trabajo experimental desarrollado en el marco de las prácticas de laboratorio, se identificó la pertinencia de diseñar un recurso didáctico que contribuyera a fortalecer las competencias científicas en los estudiantes, especialmente en torno a la comprensión y explicación de los conceptos relacionados con la nanotecnología a partir de una práctica experimental fácil y rápida, que involucrara un contexto emergente en el campo de las ciencias: la síntesis verde de nanopartículas metálicas y sus potencialidades en múltiples áreas del conocimiento. En este sentido, se diseñó el BioNano Kit (**Figura 30**) que se fundamentó en las prácticas experimentales previamente desarrolladas, las cuales aportaron los elementos conceptuales y metodológicos necesarios para su estructuración.

El BioNano Kit cuenta con un manual de instrucciones, fichas de seguridad, materiales de laboratorio (guantes, 1 rejilla, 1 tubo de ensayo, 1 vaso de precipitado de 25 mL, 2 goteros) y reactivos (NaOH, AgNO₃, acetona y extracto de orégano), lo que asegura la reproducibilidad de los experimentos y el cumplimiento de las normas de bioseguridad, conformando un entorno de aprendizaje que relaciona la teoría y la práctica.

Figura 30.

BioNanoKit



Fuente: Elaboración propia

El uso del recurso didáctico resultó ser efectivo, pues su funcionalidad se pudo confirmar con los resultados arrojados en el análisis espectrofotométrico UV-Vis (**Anexo 11**) que se realizó a las nanopartículas sintetizadas con el BioNanoKit. La presencia de una banda característica evidenció la formación de las AgNPs y validó la pertinencia del recurso en el proceso experimental.

8.2.1.10 Actividad 3: Presentación propuesta final

Como última actividad en el marco de la propuesta microcurricular se propuso la presentación oral de la solución al problema planteado teniendo en cuenta los resultados de las actividades previas, así como información adicional consultada (**Anexo 12**). El instrumento fue seleccionado debido a que los estudiantes a través de este pueden justificar y argumentar su elección de forma oral mostrando el grado de apropiación de los conocimientos y la fluidez al momento de comunicar sus decisiones. Asimismo, teniendo en cuenta lo que menciona Cormier y Langlois (2022) las presentaciones orales potencian no solo habilidades comunicativas sino también la explicación clara de conceptos y modelos científicos y, la formulación de argumentos llevando al afianzamiento en la estructura del discurso, la argumentación, el vocabulario y las explicaciones científicas. De conformidad con lo anterior, la actividad diseñada resulta pertinente para fortalecer la competencia “investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción” ya que los estudiantes deben consultar diversas fuentes de información que respalden su elección, evaluar entre múltiples alternativas cual es el apóposito más indicado para el caso planteado y finalmente comunicar sus razonamientos teniendo en cuenta la evidencia científica.

8.2.2 Aplicación de la propuesta microcurricular

Las actividades planteadas en el marco de la propuesta microcurricular fueron validadas por licenciados en química con estudios posgraduales, que además cuentan con una larga experiencia en la enseñanza de las ciencias. Este proceso se llevó a cabo con el objetivo de garantizar la consistencia y determinar la confiabilidad de cada uno de los instrumentos, de acuerdo con los objetivos de la investigación y los propósitos formativos de los mismos. Las observaciones y sugerencias dadas se tuvieron en cuenta para la corrección de los instrumentos y su posterior aplicación (**ver anexo 13, 14 y 15**).

Por otra parte, el proceso de evaluación de las actividades se realizó de acuerdo con rúbricas (ver anexo 15, 16 y 17), que contemplan cuatro niveles de desempeño: superior (5), alto (4), básico (3) y bajo (2), teniendo en cuenta seis criterios.

8.2.2.1 Actividad 1: Mapa conceptual

Esta actividad consistió en la realización de un mapa conceptual a partir de la lectura del artículo “*Antimicrobial Wound Dressings: A Concise Review for Clinicians*” (Yousefian et al., 2023) (**Ver anexo 8**). La evaluación cualitativa se hizo de acuerdo con los criterios que se presentan en la rúbrica consignada en el **anexo 16**.

Por otra parte, el objetivo del instrumento fue fortalecer la competencia de explicar fenómenos científicamente, pues, de acuerdo con Gomez y Basto (2016) la construcción de mapas conceptuales se configura como una vía óptima para el afianzamiento de esta competencia ya que involucra procesos cognitivos que incluyen la capacidad de describir, interpretar y predecir. En este sentido, se evidenció que si bien algunos estudiantes logran estructurar representaciones conceptuales con diversos elementos pertinentes mencionados en el artículo, otros aún presentan mapas sin establecer conexiones entre los nodos lo que conlleva a una insuficiente explicación de los procesos.

De esta manera, el análisis de los mapas conceptuales permitió identificar no solo las diferencias en el nivel de dominio de la competencia, sino también el grado de apropiación de los conceptos científicos implicados. Los ejemplos presentados a continuación muestran estos contrastes, ofreciendo una visión más precisa de la manera en la que los estudiantes estructuran sus conocimientos y articulan las ideas que sustentan la explicación de este fenómeno.

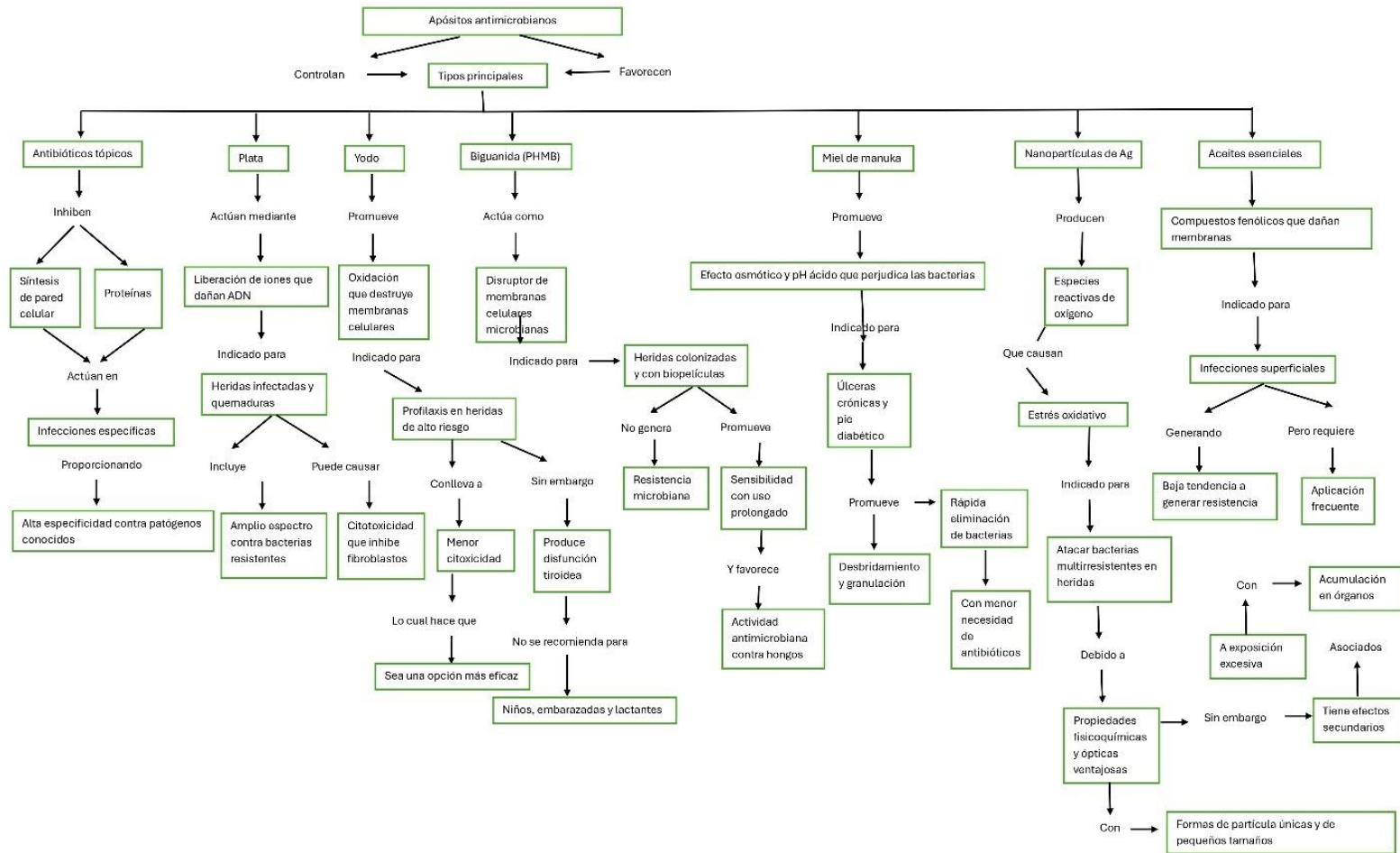
Por una parte, en la **figura 31** es posible observar relaciones significativas entre los conceptos y oraciones allí escritas por el estudiante 13, por ejemplo, establece que los *aceites esenciales actúan mediante compuestos fenólicos que dañan membranas y es indicado para infecciones superficiales, conllevan a baja tendencia a generar resistencia, pero requiere aplicación frecuente*. En este enunciado, se subraya uno de los mecanismos de acción más importantes por el cual actúan los aceites esenciales, así como, el papel de los metabolitos secundarios en las propiedades antimicrobianas de los apósitos a base de productos naturales. Esto concuerda con lo mencionado por Kachur y Suntres (2020) que establecen que uno de los mecanismos de acción de esta mezcla

de compuestos volátiles es debida propiamente a sus componentes activos, que contribuyen a la disrupción y función normal de la membrana celular lo que conduce a la mayor liberación de múltiples componentes celulares y mayor permeabilidad del ATP.

Así, el estudiante 13 se ubica en un nivel de desempeño superior de acuerdo con los criterios evaluados. A nivel estructural presenta una jerárquica clara donde escribe los elementos desde los más generales, hasta los más específicos y los conecta mediante proposiciones, lo que a su vez facilita la lectura del mapa. Por lo tanto, el mapa conceptual propuesto por este estudiante sintetiza de forma apropiada el artículo señalado, donde reconoce elementos claves en el fenómeno y, además, mantiene de manera adecuada su estructura. Asimismo, considerando que PISA (2025) establece que dentro de la competencia de explicar fenómenos científicamente los estudiantes deben ser capaces de usar diferentes formas para representar la información, el estudiante 13 contempla todo el panorama expuesto y demuestra la capacidad para transitar de una forma de representación a otra.

Figura 31.

Mapa conceptual estudiante 13



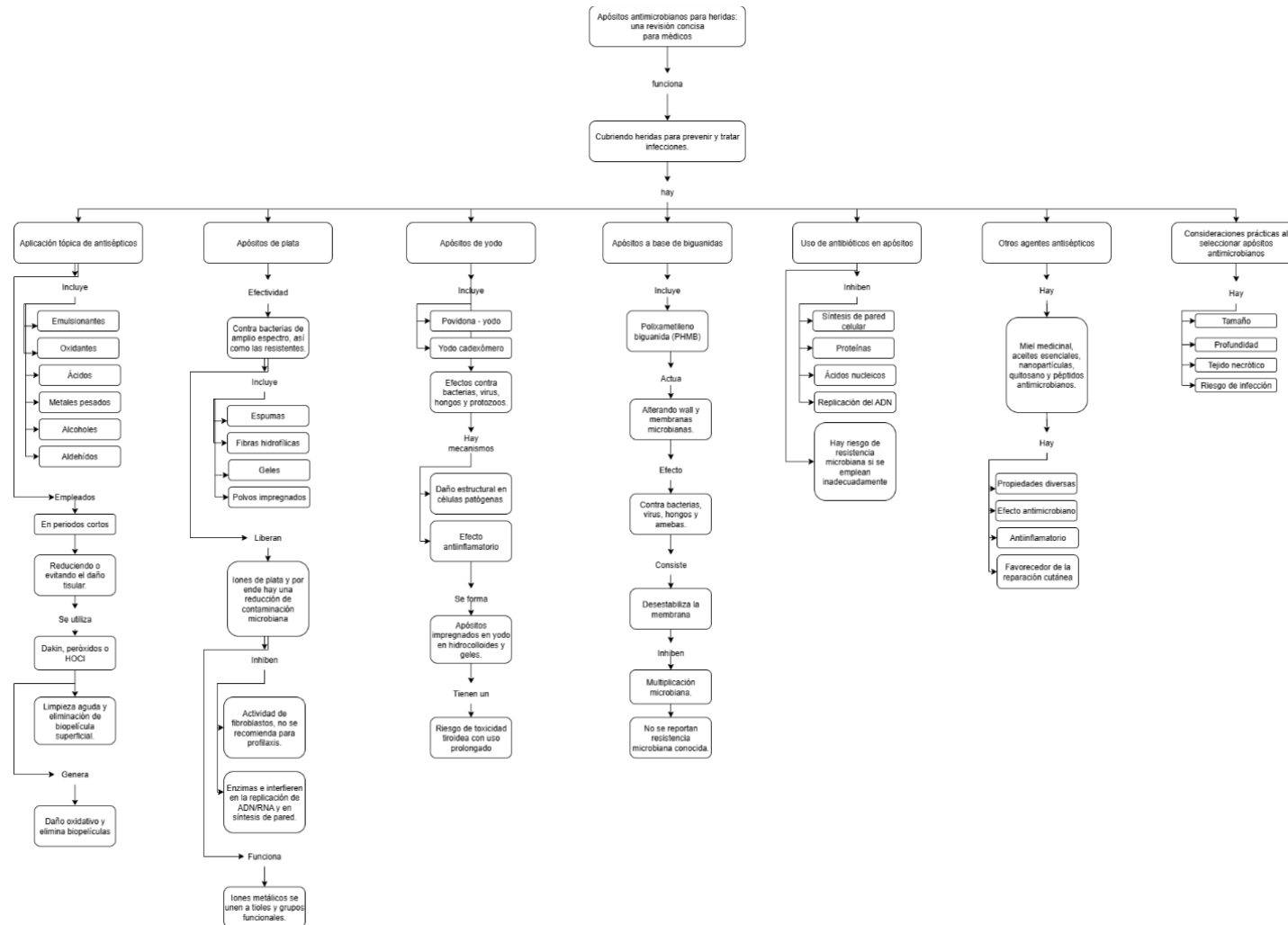
Fuente: Elaboración estudiante 13

Por otro lado, el estudiante 17 elaboró un mapa (**figura 32**) con una estructura jerárquica visible y organizada en términos generales, la cual permitió identificar algunas ideas principales y secundarias. No obstante, no consigue el grado de complejidad requerido y se reduce a un listado de categorías, lo que limita el valor explicativo del mapa. Esto se contrasta con lo que menciona Corra (2007), los mapas conceptuales son una herramienta ideal para explorar las conexiones entre conceptos y organizar contenidos de manera estructurada y relacionada, utilizándolos como andamios para facilitar la comprensión de textos.

En cuanto a la inclusión de mecanismos antimicrobianos, si bien se reconocen algunas actividades generales como alteración de membranas o inhibición de síntesis celular, estas acciones resultan incompletas puesto que, no se reconocen del todo sus principios activos y su aplicación. Finalmente, el estudiante, aunque deja entrever algunas ideas que podrían interpretarse como ventajas y desventajas del uso de apósitos, no se evidencia relación directa entre ellos que permita evaluar la pertinencia entre diferentes contextos clínicos. Al respecto, Yousefian et al. (2023) señala que algunos de los beneficios de los apósitos incluyen la reducción significativa de la carga bacteriana y organismos polimicrobianos, reducción del tamaño de heridas, además, los apósitos facilitan el desbridamiento al extraer líquido de la escara profunda de los tejidos y promover la eliminación de tejidos desvitalizados. En consecuencia, la limitada claridad en la presentación de conceptos claves y sus interrelaciones sugiere que el estudiante se ubica en un nivel básico. Si bien logra identificar conceptos pertinentes, no alcanza a articularlas de manera precisa.

Figura 32.

Mapa conceptual estudiante 17



Fuente: Elaboración estudiante 17

Con el objetivo de ampliar los análisis de la actividad 1, se realizó una adaptación de la metodología descrita por Rodríguez (2021), la cual permite evaluar de manera cuantitativa la estructura y organización de los conceptos.

Para la valoración de los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes se empleó una escala definida para cada categoría (**ver anexo 19**). Los puntajes obtenidos en cada representación fueron contrastados con los asignados al mapa conceptual de referencia (**ver anexo 20**). **La tabla 10** muestra el rango de valoración correspondiente a cada nivel, junto con el valor asignado a cada uno.

Tabla 10.

Clasificación valoración (V) a valor asignado (VA)

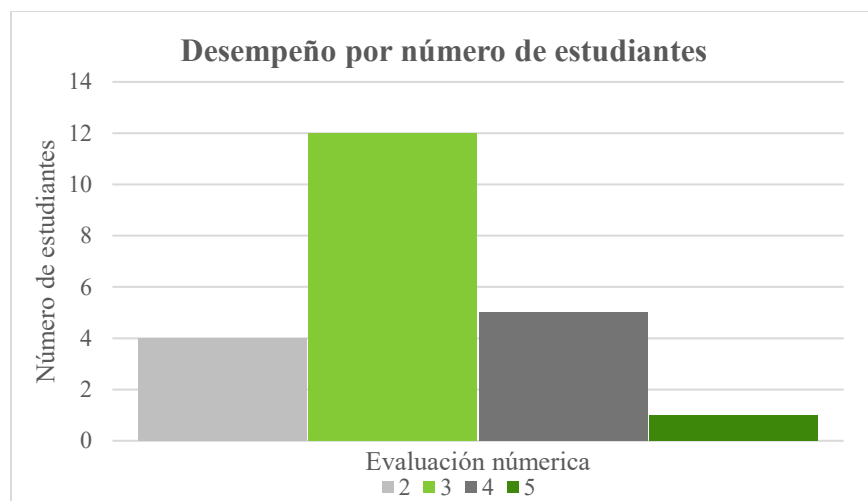
Rango de valoración (V)	Nivel	Valor asignado (VA)
De 0,0 a 4,9	Bajo	2
De 5,0 a 7,0	Básico	3
De 7,1 a 8,0	Alto	4
8,1 en adelante	Superior	5

Nota: Adaptado de Rey (2008)

Los resultados obtenidos en la evaluación cuantitativa de los mapas conceptuales (**Figura 33**) reflejan que la mayoría de los estudiantes alcanzaron un valor de 3, lo cual indica que el desempeño se encuentra en un nivel básico, este comportamiento puede atribuirse a que los estudiantes lograron establecer y organizar los conceptos requeridos, pero no establecieron jerarquías conceptuales complejas, tampoco lograron generar conexiones significativas entre los nodos, lo que señala una estructuración parcial del conocimiento representado.

Figura 33.

Niveles de desempeño en la actividad 1



Fuente: Elaboración propia

Los indicadores estadísticos obtenidos permiten identificar que el comportamiento global del grupo frente a la actividad 1 presenta una tendencia central hacia niveles básico de desempeño. Lo anterior se justifica con el resultado de la mediana que arrojó 3, este valor quiere decir que al menos la mitad de los estudiantes alcanzó una evaluación numérica igual o inferior a dicho puntaje. Este resultado cobra relevancia porque como lo señalan Whitley y Ball (2002), la mediana generalmente no se afecta por valores externos puesto que, se convierte en una medida representativa del comportamiento típico del grupo cuando se obtienen resultados inusualmente altos o bajos. A su vez, la desviación estándar (0,77) representa una dispersión baja de los puntajes en torno al valor central (Lee et al., 2015), esto sugiere una homogeneidad en los desempeños de los estudiantes

En la **tabla 11** se muestran algunos de los resultados obtenidos por los estudiantes, después de hacer la valoración sus representaciones frente al mapa de referencia. Los resultados completos se encuentran en el **anexo 21**

Tabla 11.

Valoración del mapa conceptual

Estudiante	Puntaje NCPU	Puntaje NCPV	Puntaje VJ	Puntaje NPV	Puntaje NRCV	Puntaje NCNV	Puntaje NPE	Puntaje total (PT)	V	Valor (VA)
1	38	76	2	60	0	16	0	192	5,0	3

2	32	64	2	72	0	24	0	194	5,1	3
3	42	80	2	48	0	56	0	228	6,0	3
4	42	84	3	96	0	42	0	267	7,0	4
5	34	68	2	68	0	24	0	196	5,1	3
6	42	84	4	136	0	36	-12	290	7,6	4
7	18	36	2	32	0	14	0	102	2,7	2

Fuente: Elaboración propia

La valoración asignada predominante es 3, esto puede atribuir a factores como dominio parcial de los criterios evaluados, aunque se evidencian cumplimientos en aspectos como número de conceptos propuestos empleados, número de conceptos propuestos válidos, los puntajes en categorías como la relación entre conceptos y la profundidad explicativa fueron considerablemente bajos, esto sugiere que los estudiantes presentaron dificultades para establecer jerarquías y que se enfocaron en la descripción de contenidos más que en la articulación de relaciones causales.

8.2.2.2 Actividad 2: Informe de laboratorio marcha fitoquímica, síntesis y caracterización de AgNPs

A partir de las prácticas de laboratorio sobre determinación cualitativa de metabolitos secundarios en el extracto de orégano (**Anexo 22**) y, síntesis verde y caracterización de nanopartículas de plata (**Anexo 23**), los estudiantes en grupos elaboraron un informe de laboratorio de acuerdo con los resultados obtenidos. Este instrumento tuvo como objetivo fortalecer y evaluar la capacidad de los estudiantes para interpretar datos y evidencia científica de manera crítica. (**Anexo 24**)

La evaluación de esta actividad se realizó de acuerdo con seis criterios que se presentan en la rúbrica consignada en el **anexo 17**. Los resultados obtenidos muestran predominancia del nivel alto (**Figura 34**) lo que indica que gran parte de los estudiantes lograron interpretar los datos obtenidos en la práctica experimental y, además, formular conclusiones teniendo en cuenta los resultados obtenidos y la evidencia científica reportada en la literatura.

Figura 34.

Niveles de desempeño en la actividad 2



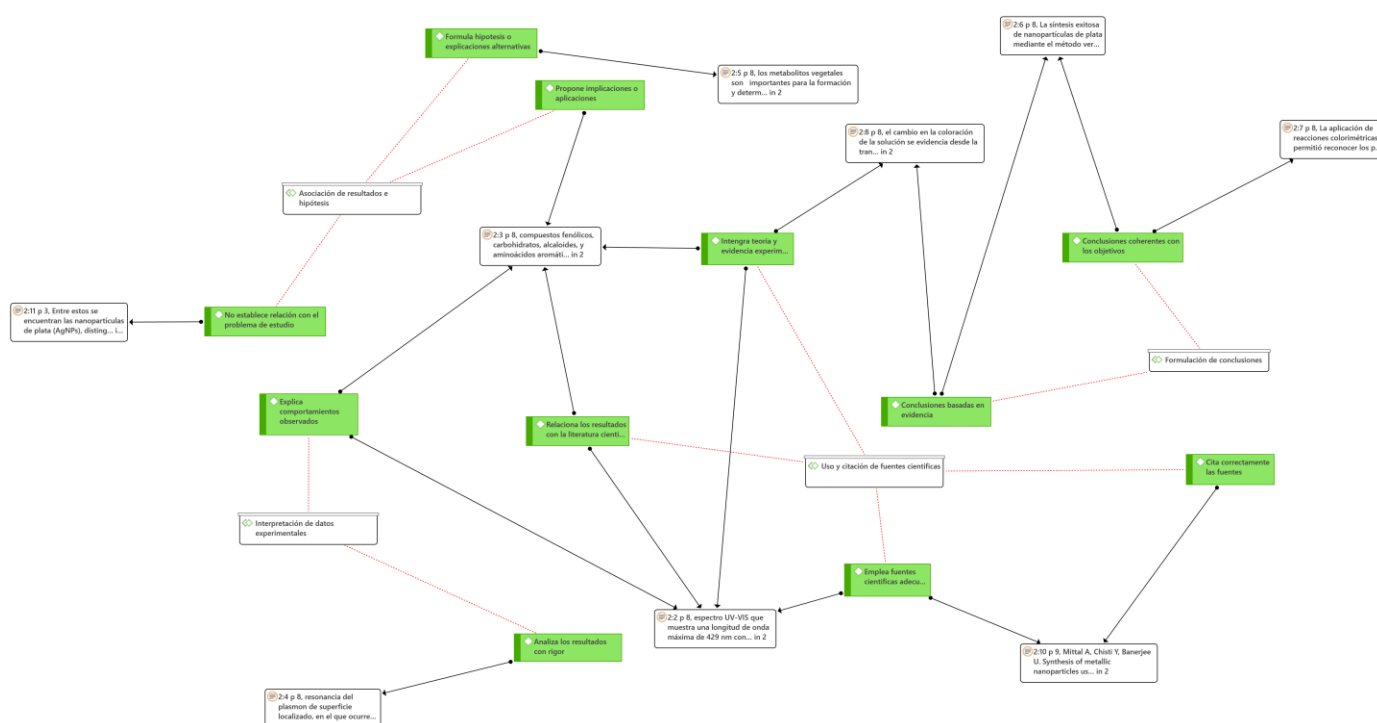
Fuente: Elaboración propia

La red semántica de la **figura 35** corresponde al análisis realizado por el grupo 4, en el cual se tuvieron en cuenta entramados conceptuales en el que los nodos principales como interpretación de resultados experimentales, uso de fuentes científicas, formulación de conclusiones basadas en evidencias se relacionan de manera lógica, exponiendo la combinación entre observación y análisis. En este sentido, el grupo se sitúa en un nivel alto porque muestra un dominio conceptual y metodológico en los procesos referentes a la biosíntesis de nanopartículas de plata y ensayos cualitativos al extracto de orégano.

El análisis que plantea mantiene una relación entre la interpretación de resultados experimentales y la argumentación basada en evidencia confiable. Asimismo, logran respaldar las conclusiones con bases científicas actualizadas, puesto que en uno de los apartados el grupo menciona que: *“La formación de un color marrón en el tubo de ensayo tras la adición de nitrato de plata al extracto de orégano es una señal directa de la presencia de nanopartículas de plata y este hallazgo se corrobora a través del resultado reportado en el espectro UV-VIS que muestra una longitud de onda máxima de 429 nm con una absorbancia de 1,5789.”* (**Anexo 25**). El argumento anterior es verídico pues consideran que la longitud de onda experimental resultante está dentro del rango de 400 nm a 450 nm, la cual es característica de las nanopartículas de plata debido a un fenómeno llamado resonancia plasmónica superficial, que se genera cuando los electrones que están ubicado en la superficie de las nanopartículas comienzan a vibrar colectivamente cuando pasa por ellos un haz de luz (Kelly et al., 2002).

Figura 35.

Red semántica grupo 4

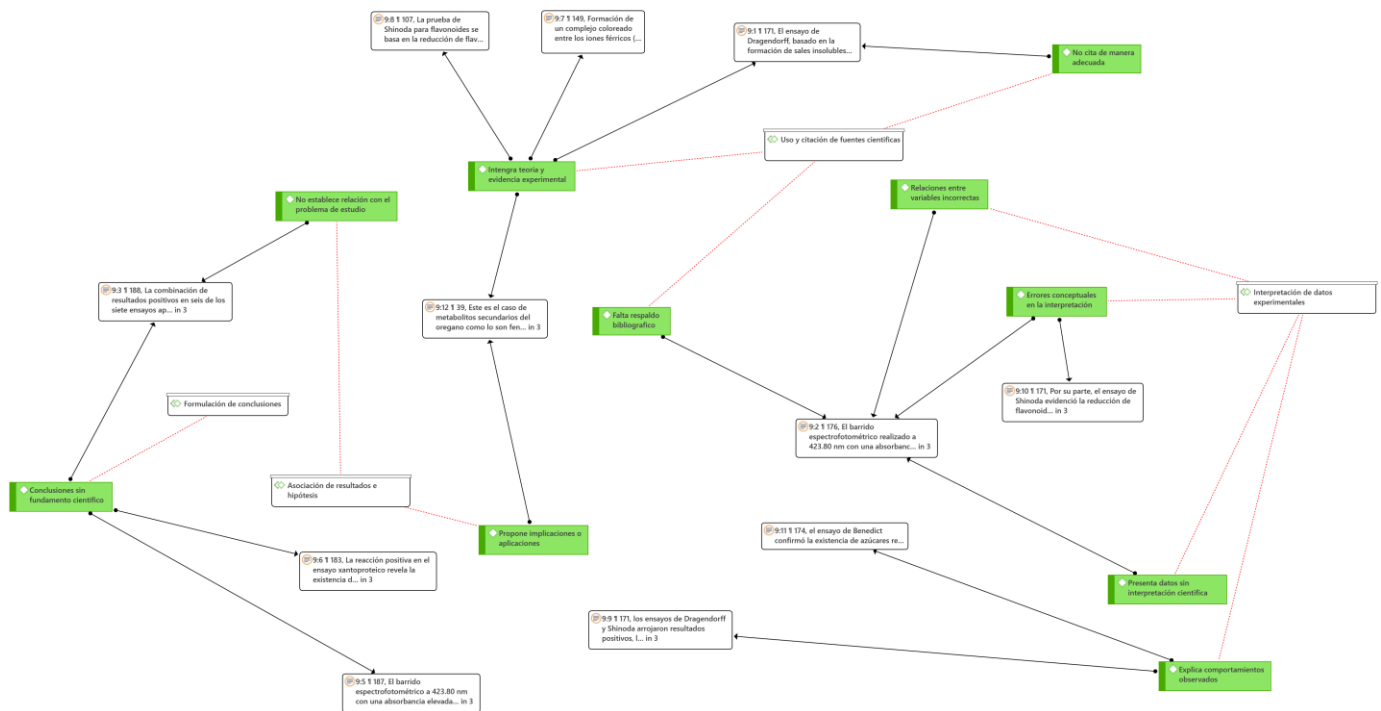


Fuente: Elaboración propia en Atlas. Ti

La figura 36 muestra la red semántica del grupo 3 elaborada de acuerdo con el informe de laboratorio presentado. Al respecto es importante mencionar que, no hay una justificación de los resultados obtenidos limitándose a la descripción de sus observaciones, por tanto, presentan dificultades en la interpretación y comprensión de los datos y la evidencia científica, así como en la formulación de conclusiones. Asimismo, no establece relaciones entre los resultados obtenidos y la literatura científica, por lo que sus afirmaciones carecen de relevancia e incurren en errores conceptuales. Por ejemplo, afirman “el barrido espectrofotométrico realizado a 423.80 nm con una absorbancia de 1.3787 sugiere una alta concentración de compuestos con cromóforos activos en esa región del espectro, posiblemente relacionados con flavonoides o fenoles conjugados” (Anexo 26), sin considerar las propiedades ópticas de las nanopartículas y el efecto de la resonancia plasmónica superficial localizada en la lectura por espectroscopia UV vis. Por consiguiente, la interpretación de los resultados carente de rigor y la limitada integración entre el componente experimental y teórico indica que el grupo 3 se ubica dentro de un nivel de desempeño básico.

Figura 36.

Red semántica grupo 3



Fuente: Elaboración propia en Atlas. Ti

8.2.2.3 Actividad 3: Presentación propuesta final

La aplicación de conocimientos en un contexto clínico permitió valorar la capacidad argumentativa, el pensamiento crítico y la integración de la evidencia científica en la toma de decisiones por parte de los estudiantes. En esta actividad asumieron el papel de investigadores con el fin de darse solución a un caso problema planteado en la parte inicial (**Anexo 27**).

Los resultados obtenidos representados en la **figura 37**, muestran que 4 grupos alcanzaron el nivel superior, lo que sugiere que mostraron no solamente argumentos sólidos al momento de justificar sus decisiones con evidencia científica, sino que también tuvieron en cuenta la información experimental, estableciendo conexión con todo lo aprendido durante el proceso. Con respecto a los niveles alto, básico y bajo, en estos se ubican 1 grupo respectivamente, lo que indica que se

presentan limitaciones al utilizar información experimental y evidencia científica para tomar decisiones pertinentes en relación con la mejor solución que resuelve el caso clínico inicial.

Figura 37.

Niveles de desempeño actividad 3

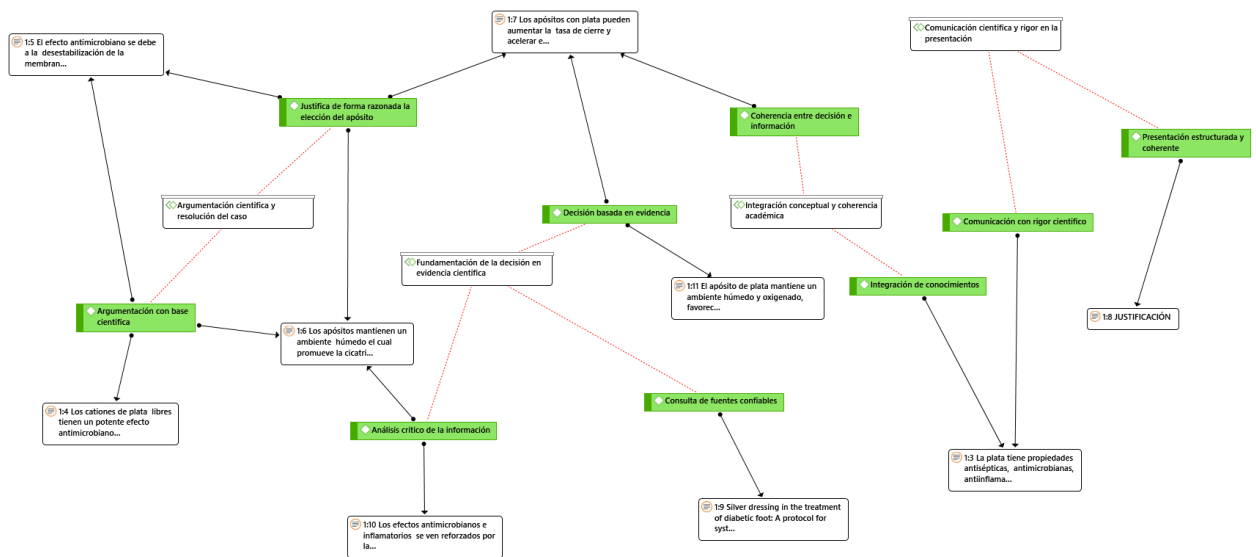


Fuente: Elaboración propia

En la **figura 38** se muestra la red semántica del grupo 5, en la cual se evidencia que proponen una solución al problema planteado respaldando sus argumentos en fuentes de información confiables y en evidencia experimental. De esta manera, se constata que los estudiantes establecen conexiones entre los aprendizajes obtenidos para justificar la elección del tipo de apósito. Bajo esta perspectiva, ellos plantean el apósito de plata como opción favorable sustentando su elección en las propiedades antisépticas, antimicrobianas y antiinflamatorias, teniendo en cuenta, además, el mecanismo de acción que confiere dichas propiedades al apósito. Asimismo, evalúan exhaustivamente la pertinencia de su propuesta en el caso de Martha y analizan críticamente por qué es el más indicado para ella.

Figura 38.

Red semántica grupo 5

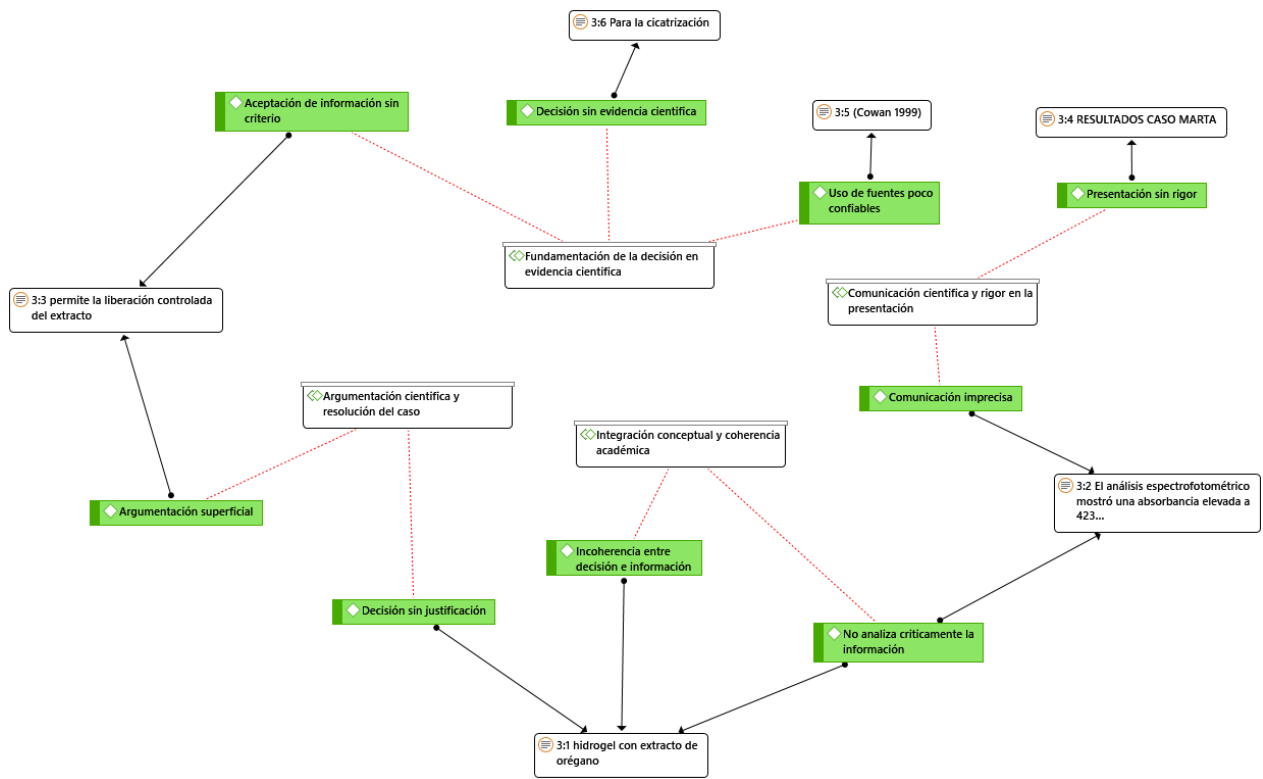


Fuente: Elaboración propia en Atlas. Ti

Por ejemplo, el grupo 5 explica: “*Los apósitos con plata pueden aumentar la tasa de cierre y acelerar el tiempo de curación en úlceras o lesiones relacionadas con diabetes*” así como “*Los iones de plata tienen actividad de amplio espectro frente a bacterias, hongos y ayudan a prevenir biopelículas que retrasan la cicatrización*” lo que es coherente con lo que afirma Krishnan et al., (2020), quienes establecen que la adición de nanopartículas de plata en apósitos proporcionan propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales al tener mecanismos de efectividad que incluyen la alteración de membranas celulares, inactivación de enzimas, modificación del ADN, entre otros. Igualmente, de acuerdo con Lin et al., (2021) adicional a las propiedades antimicrobianas de los apósitos con nanopartículas de plata, estos promueven la regeneración de las células epiteliales, así como su proliferación, por tanto, resultan como un tratamiento efectivo en el tratamiento de heridas de pie diabético.

Figura 39.

Red semántica grupo 3



Fuente: Elaboración propia en Atlas. Ti

La red semántica del grupo 3 (**figura 39**), constata un desempeño situado en el nivel bajo puesto que, la argumentación presentada resulta poco profunda y no se articula de manera crítica con la información científica y los resultados obtenidos durante el proceso. Aunque lograron proponer un posible apósito para el caso clínico, no argumentaron desde el análisis de los datos con los efectos; en cambio, el grupo se centró en exponer de forma aislada cada una de las pruebas cualitativas, sin articularlos en una cadena explicativa que sustentara la decisión. Si bien, estos resultados presentados hacían parte de un análisis, no respondían a los indicadores de la competencia evaluada.

8.3 Evaluación del impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de competencias científicas.

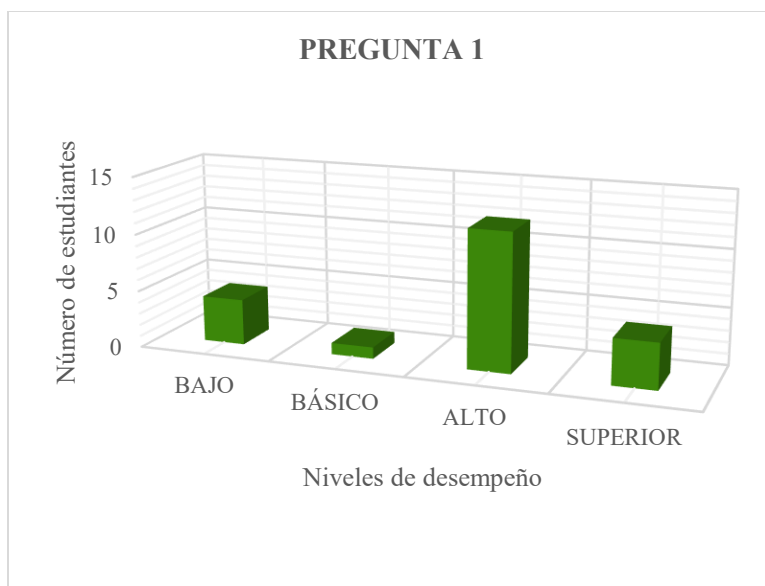
Para el análisis del impacto de la propuesta microcurricular aplicada, se tuvo en cuenta el mismo instrumento utilizado en el proceso inicial, con el fin de garantizar la consistencia entre los criterios de evaluación y los objetivos de aprendizaje propuestos en el microcurrículo. Asimismo, permitir una comparación de manera objetiva y establecer el avance de los estudiantes bajo las mismas condiciones de evaluación. Según Cooksey y Jonsson (2022), el empleo del mismo cuestionario antes y después de la implementación, facilita el seguimiento continuo del curso y de las mejoras en el microcurrículo, al analizar cuánto aumentaron los aprendizajes de los estudiantes a lo largo del proceso. De este modo, aplicar nuevamente el mismo instrumento, posibilita una comparación longitudinal más precisa que refleja con mayor fidelidad la evolución y la efectividad de la propuesta microcurricular puesta en práctica.

8.3.1 Competencia explicar fenómenos científicamente

La **figura 40** muestra los resultados obtenidos por los estudiantes en la pregunta 1 de la prueba post-test. Se evidencia como nivel representativo el alto con 12 estudiantes, seguido del nivel superior y bajo con 4 estudiantes cada uno y, por último, el nivel básico con 1 estudiante. A comparación de la prueba inicial se evidencia una mejora notable, con un aumento sustancial de estudiantes en el mayor nivel de desempeño y una disminución de sujetos en el nivel bajo.

Figura 40.

Niveles de desempeño en la pregunta 1 prueba final



Fuente: Elaboración propia

Lo anterior supone que, al finalizar las actividades propuestas, los estudiantes tuvieron una mayor comprensión de los términos, y, por lo tanto, reconocen y establecen relaciones adecuadas entre los conceptos asociados con la síntesis verde de nanopartículas de plata. Muestra de ello es, por ejemplo, el estudiante 1 que relaciona de manera correcta todos los términos proporcionados (**Ver figura 41**) lo que demuestra una comprensión de los conceptos, así como de la función que desempeñan algunos de estos en la síntesis de nanopartículas, que resulta esencial en la competencia de explicar fenómenos científicamente, pues de acuerdo con *la* OECD (2023) esta exige un conocimiento del contenido. Por lo tanto, es posible aseverar que posee un sólido dominio conceptual, que traduce en un nivel superior en esta primera competencia científica.

Figura 41.

Respuesta del estudiante 1 a la pregunta 1 prueba final

Relacione cada término de la columna A con el concepto que mejor lo describa en la columna B, teniendo en cuenta el contexto de la síntesis verde de nanopartículas de plata

Nanopartículas (f)	a. Metabolitos secundarios
Extractos (a)	b. Precursor
UV VIS y Microscopía de barrido (e)	c. Aplicación biomédica
Apósitos con nanopartículas (c)	d. Agente reductor
Compuestos fenólicos (d)	e. Técnicas de caracterización
Nitrato de plata (b)	f. Producto de tamaño nanométrico

Por otra parte, el estudiante 13 en comparación con la prueba pretest se mantuvo en el nivel alto, porque relacionó de forma correcta 4 de los 6 términos propuestos, lo que refleja una comprensión parcial de los conceptos, particularmente en lo referente a los términos de extractos y compuestos fenólicos (**Ver figura 42**). Esto indica que, este estudiante comprende varios de los conceptos asociados a la síntesis verde de nanopartículas, sin embargo, persisten complicaciones al establecer diferencias entre cuáles son los metabolitos secundarios que se encuentran en las plantas y que componente actúa como agente reductor en este proceso. Esto podría indicar que no hubo un afianzamiento total de estos conocimientos, de modo que, la aplicación de los conceptos en diversos escenarios de aplicación resulta complejo (Rosales, 2020).

Figura 42.

Respuesta del estudiante 13 a la pregunta 1 prueba final

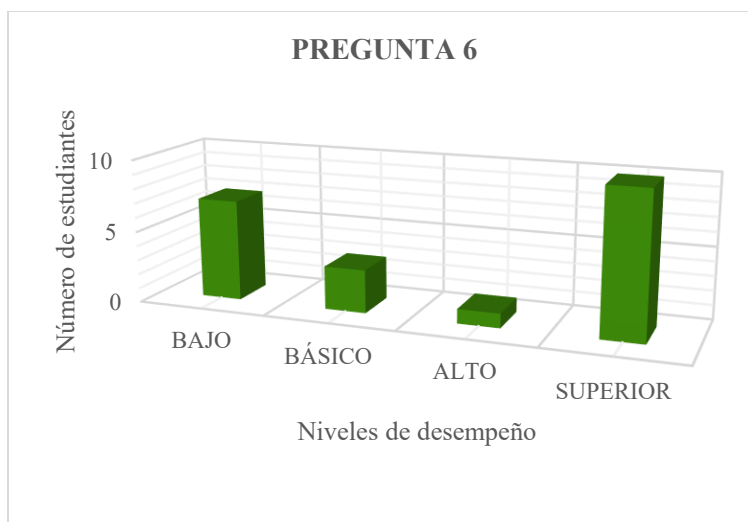
Relacione cada término de la columna A con el concepto que mejor lo describa en la columna B, teniendo en cuenta el contexto de la síntesis verde de nanopartículas de plata

Nanopartículas (f)	a. Metabolitos secundarios
Extractos (d)	b. Precursor
UV VIS y Microscopía de barrido (e)	c. Aplicación biomédica
Apósitos con nanopartículas (c)	d. Agente reductor
Compuestos fenólicos (a)	e. Técnicas de caracterización
Nitrato de plata (b)	f. Producto de tamaño nanométrico

Pese a ello, es importante resaltar que en esta primera pregunta se observó en el conjunto del grupo un notable avance en la competencia de explicar fenómenos científicamente que a su vez se corrobora con los resultados de la pregunta 6. En esta, el nivel de desempeño predominante es el superior, alcanzado por 10 estudiantes y seguido del nivel bajo (**Figura 43**). Comparado con la prueba pretest, destaca el aumento de estudiantes que se ubican en el nivel superior y la disminución de estudiantes en el nivel bajo, aunque aún significativa.

Figura 43.

Niveles de desempeño en la pregunta 6 prueba final



Fuente: Elaboración propia

Esta distribución desigual implica que una parte de los estudiantes logran articular de forma adecuada y precisa los conceptos relacionados con un fenómeno científico, lo que demuestra que hay una comprensión sólida de estos. A modo de ejemplo, el estudiante 20 explica *“En la síntesis verde de nanopartículas metálicas, se utilizan extractos vegetales como fuente de metabolitos secundarios los cuales actúan como agentes de reducción y estabilización. Este método permite obtener nanopartículas de plata de forma ecológica y eficiente. La presencia de las nanopartículas se confirma mediante espectrofotometría UV vis una técnica instrumental que detecta la resonancia plasmónica asociada a la formación de las partículas. Además, factores como el pH, la temperatura y la concentración del extracto pueden influir directamente en el rendimiento, el tamaño y la morfología de las nanopartículas obtenidas”*. En esta respuesta se evidencia una comprensión óptima de los conceptos y, por ende, un manejo adecuado de los mismos en la explicación del proceso de síntesis de nanopartículas metálicas a partir de extractos vegetales como agentes reductores, soportado en un párrafo coherente y bien estructurado.

Por otro lado, otra parte representativa de los estudiantes se mantuvo en el nivel de desempeño bajo lo que refleja que identifican algunos conceptos para explicar fenómenos científicos, sin embargo, estos son insuficientes o su relación es errónea. Por ejemplo, el estudiante 16 escribe *“En la síntesis verde de nanopartículas metálicas se utilizan extractos vegetales como fuente de reducción los cuales actúan como agentes de metabolitos secundarios y estabilización...”*. En la explicación dada por este estudiante, aunque reconoce que los extractos son usados en la síntesis

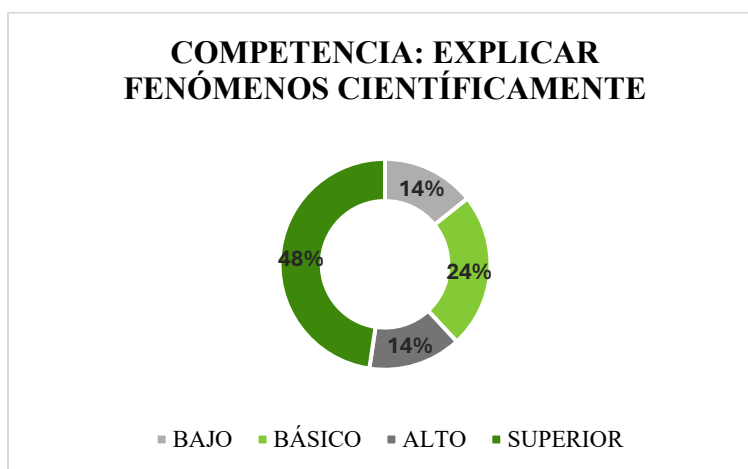
de nanopartículas, se hace evidente la falta de comprensión de la función que desempeñan estos en el proceso. Lo que da lugar a explicaciones que carecen de coherencia y consistencia lógica.

Pese a ello, al haber una reducción en el número de estudiantes en el nivel bajo y un aumento en los niveles básico y superior en relación con la prueba inicial, puede afirmarse que hubo un progreso en las dimensiones de la competencia de “explicar fenómenos científicamente” que implican la comprensión y la descripción de un fenómeno con base en el conocimiento científico.

En este sentido, de acuerdo con los resultados mencionados previamente para las preguntas 1 y 6, en la **figura 44** se muestra el consolidado de los niveles alcanzados por los estudiantes para la competencia de explicar fenómenos científicamente. En la gráfica se observa que el nivel más representativo es el superior con el 48% de los estudiantes lo que demuestra a comparación de la prueba pretest una mejoría significativa teniendo en consideración que antes de la aplicación de la propuesta microcurricular el 38%.se encontraba en el nivel básico y alto. Por ende, se observa un avance significativo en la forma en como los estudiantes interpretan, ofrecen una justificación alrededor de un fenómeno y, establecen relaciones correctas y adecuadas entre los conceptos que se relacionan con el fenómeno en cuestión.

Figura 44.

Distribución porcentual según el nivel de la competencia “explicar fenómenos científicamente” prueba final



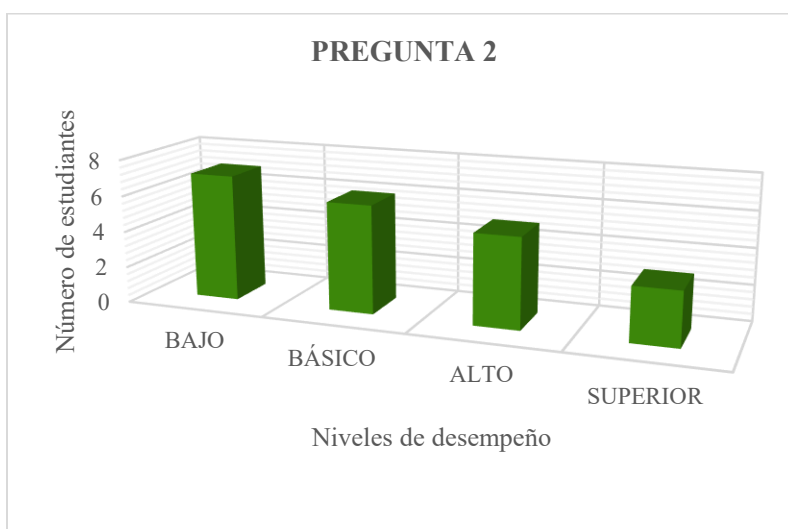
Fuente: Elaboración propia

8.3.2 Competencia interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica

La **figura 45** muestra los resultados obtenidos por los estudiantes en la pregunta 2 de la prueba post-test. Se identifica como nivel sobresaliente el bajo, seguido del básico y el alto. Esto indica que, teniendo en cuenta la prueba diagnóstica persisten dificultades al momento de interpretar representaciones gráficas producto de análisis experimentales, así como en el planteamiento de conclusiones a partir de los datos obtenidos.

Figura 45.

Niveles de desempeño en la pregunta 2 prueba final



Fuente: Elaboración propia

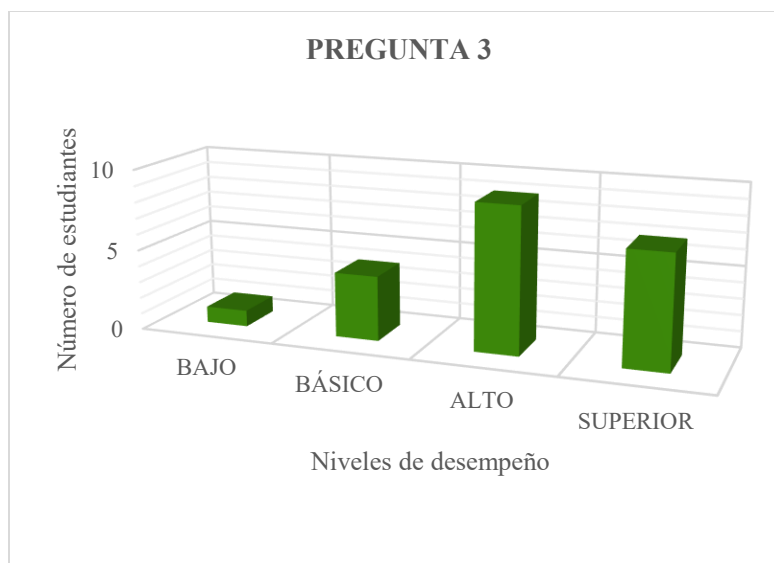
Por ejemplo, lo anterior se refleja en la respuesta del estudiante 12 quien escribe “*La afirmación es consistente porque hay unas bandas bencenoides poco perceptibles las cuales nos indican la presencia de benceno, pero además la línea azul a esos (cm-1) nos indica que el grupo OH se encuentra también (benceno y OH) nos daría indicios de la presencia de fenol*”. Esta respuesta en primer lugar carece de rigurosidad en la explicación, es decir, pese a que el estudiante intenta argumentar las razones por las cuales la afirmación es correcta, no hay una justificación clara y coherente. De igual modo, presenta limitaciones al momento de emitir juicios sobre las conclusiones que podrían extraerse de la evidencia experimental presentada, en tanto no hay un sustento basado en el reconocimiento de las señales principales que dan cuenta de la presencia de compuestos fenólicos. Por lo tanto, estas dificultades presentadas por el estudiante hacen que permanezca en el nivel bajo.

Por otra parte, es importante señalar que, al comparar los resultados de la prueba final con respecto a la prueba diagnóstica, pese a que el nivel de desempeño dominante sigue siendo el bajo, hubo una disminución de estudiantes en este nivel de 18 a 7, y un aumento significativo que se posicionan en los niveles básico, alto y superior. Esto demuestra un avance en la interpretación de los datos, como es el caso del estudiante 14 que explica *“el espectro demuestra grupos funcionales como alcanos, alcoholes y aromáticos. Bandas a 3383 alcohol, a 1456 aromático (asimismo se corrobora con las siguientes bandas 1703, 1620, 1589)”* en esta respuesta se evidencia una justificación óptima, aunque limitada con base en la evidencia consignada en el espectro IR, donde razona de acuerdo con los conocimientos en ciencias por qué las señales dadas son coherentes con la presencia de fenoles en la muestra estudiada. De forma que, hay una mayor interpretación de los datos obtenidos mediante diferentes formas gráficas producto de un proceso experimental.

Ahora bien, los resultados de la **Figura 46** señalan una evolución por parte de los estudiantes en el cual dejan en evidencia su capacidad para identificar variables y analizar resultados. Si bien, inicialmente las interpretaciones erradas y las respuestas incorrectas eran predominantes, en la evaluación final resalta un crecimiento importante en los niveles alto y superior con 9 y 7 estudiantes respectivamente, lo cual denota una identificación precisa de variables dando una interpretación y explicación coherente, en la que logran relacionar los datos con implicaciones científicas.

Figura 46.

Niveles de desempeño en la pregunta 3 prueba final



Fuente: Elaboración propia

En las respuestas que se analizan a continuación se observa una clara diferencia entre el grado de argumentación dado por los estudiantes 3 y 11. Pese a que ambos estudiantes lograron responder correctamente al identificar cuáles enunciados eran falsos y verdaderos, el nivel de profundidad en sus justificaciones revela desempeños con contrastes frente a la competencia

El estudiante 3 correspondiente al nivel superior justificó todos los enunciados con argumentos lógicos teniendo en cuenta la información presentada en la tabla de la pregunta 3; por ejemplo, al justificar que el enunciado (d) de la **figura 47**, explicó que *“era verdadero porque en todas las cepas mencionadas se presenta actividad excepto la E. coli. Aunque las que presenta mayor valor de estabilidad son Pseudomona aeruginosa y Staphylococcus aureus”*. Lo que revela que el estudiante integra datos con los criterios que le dan sustento a cada elección, asimismo, enuncia explicaciones coherentes sobre los resultados obtenidos.

Figura 47.

Respuesta del estudiante 3 a la pregunta 3 prueba final

Teniendo en cuenta la información de la tabla mostrada en la pregunta 3 (ver anexo c), Responda en las siguientes afirmaciones falso (F) o verdadero (V). Justifique su elección:

- a) El *Staphylococcus aureus* presentó la mayor sensibilidad con una zona de inhibición de 15 mm a una dilución 1:10 (V)
- b) Diluciones iguales a 1:100 demostraron poder inhibitorio sobre todas las bacterias excepto *E. coli*, *E. feacalis* y *K. pneumoniae* (F)
- c) El extracto no presenta zona de inhibición contra la *E. coli* (V)
- d) Las diluciones 1/10 y 1/100 mostraron actividad antibacteriana contra las cepas de *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus feacalis*, *Klesiella pneumoniae*, *Pseudomona aureoginosa* (V)

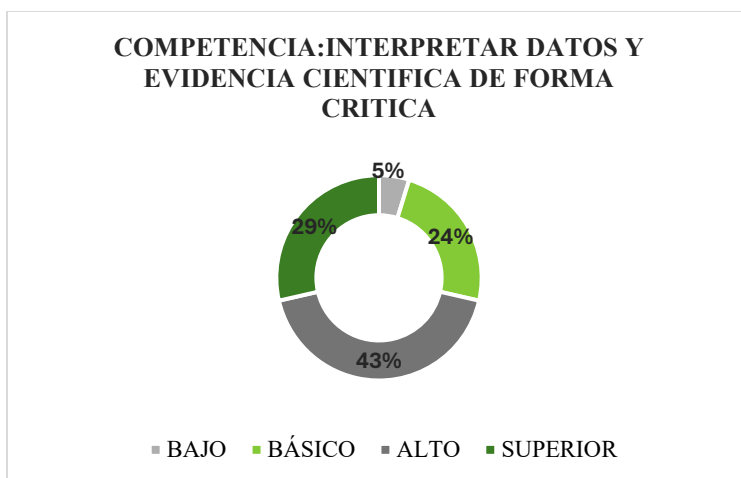
Respuesta pregunta 3, estudiante 3

Por el contrario, el estudiante 11 el cual se clasifica en el nivel básico, aunque acierta en la clasificación de los enunciados, sus justificaciones son parciales y muy sencillas, como afirmar que el enunciado (b) era falso “*porque no se obtuvo actividad antimicrobiana en esas cepas*”. Solo se limita a afirmar la veracidad de los ítems y no los relaciona con la información que se presenta.

Al contrastar los resultados previos y posteriores a la aplicación de la propuesta microcurricular se evidencia una consolidación de la competencia “interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica” que se sustenta en los resultados presentados en la **figura 48** donde el 43% de los estudiantes se ubican en el nivel alto y el 29% en el nivel superior luego de que el 52% del grupo estuviera en el nivel básico. Este comportamiento sugiere que hubo un progreso en la comprensión y análisis de la evidencia científica, así como de los datos obtenidos a través de la experimentación para la formulación de conclusiones.

Figura 48.

Distribución porcentual según el nivel de la competencia “interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica” prueba final.



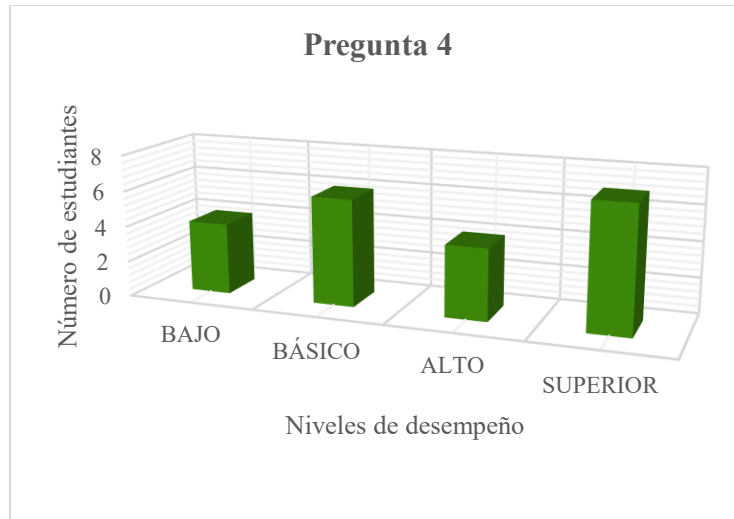
Fuente: Elaboración propia

8.3.3 Competencia investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción

Frente a la última competencia, se evidencia un fortalecimiento sustancial de las capacidades científicas de los estudiantes. **La figura 49** muestra una distribución equilibrada en relación con los niveles de desempeño en la que se destacan con un aumento significativo los niveles alto y superior, estos concentran la mitad de los estudiantes, lo que sugiere una internalización del pensamiento crítico, y mayor capacidad de juicio crítico para evaluar, analizar y aplicar fundamentada en evidencia. Por su parte, la disminución del nivel bajo y el aumento en el nivel básico en comparación con la prueba inicial da a entender que si bien los estudiantes reconocen algunas afirmaciones con bases científicas aún siguen mostrando insuficiencias en su argumentación al mezclar en algunos casos opiniones con hechos verificables.

Figura 49.

Niveles de desempeño en la pregunta 4 prueba final



Fuente: Elaboración propia

Este progreso se manifiesta también en los desempeños individuales. Por ejemplo, el estudiante 19 respondió a la pregunta 4 diciendo que *“Evaluaría sus propiedades antimicrobianas identificando el tipo de bacterias que pueden inhibir, asimismo, sus capacidades cicatrizantes para comprobar el tipo de heridas que puede tratar también evaluarían la citotoxicidad para determinar el daño sobre las células humanas y finalmente determinaría el costo de producción tipo de desechos que genera”*. Esta respuesta demuestra un razonamiento propio de nivel superior puesto que, integra parámetros de validación científica y los asocia con la toma de decisiones frente a la viabilidad de aplicar nanopartículas de plata en apósitos antimicrobianos.

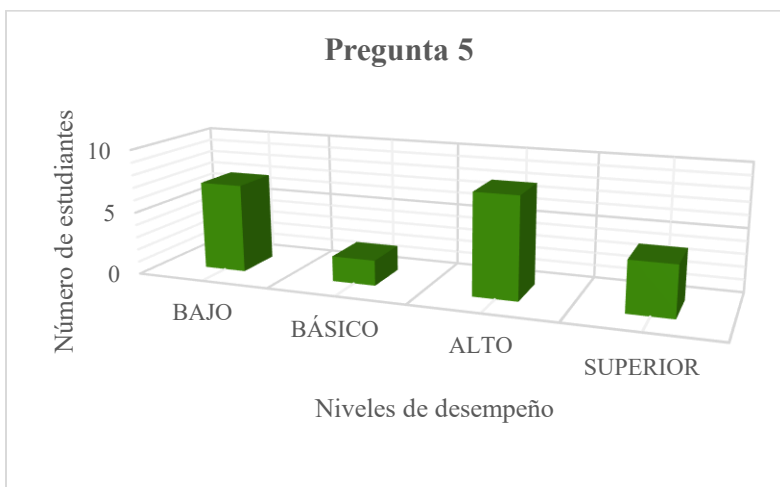
Por su parte el estudiante 17 menciona que *“Tendría en cuenta otros factores a la par de la investigación, tales como costos, afectación a largo tiempo, efectividad, toxicidad”*. En contraste con el estudiante anterior, si bien su respuesta sugiere una comprensión general de algunos criterios de validación científica, no examina a fondo el modo de evaluación ni en la relación de causalidad entre los aspectos mencionados, lo que indica una aproximación más descriptiva que analítica.

En la misma línea, los resultados correspondientes a la pregunta 5 (**figura 50**) evidencian que la aplicación de la propuesta microcurricular en cierta parte ha favorecido el avance frente a dicha competencia dado que, el nivel bajo se redujo a 7 estudiantes y el nivel básico pasó de 4 a 2 estudiantes, mientras que la representación en los niveles alto y superior se incrementó con 8 y 4 estudiantes respectivamente, lo que señala que los sujetos se involucran en tareas que implican la

investigación científica, evaluación, validación y credibilidad y emplearla para la toma de decisiones según lo planteado por el marco de ciencias PISA 2025.

Figura 50.

Niveles de desempeño en la pregunta 5 prueba final



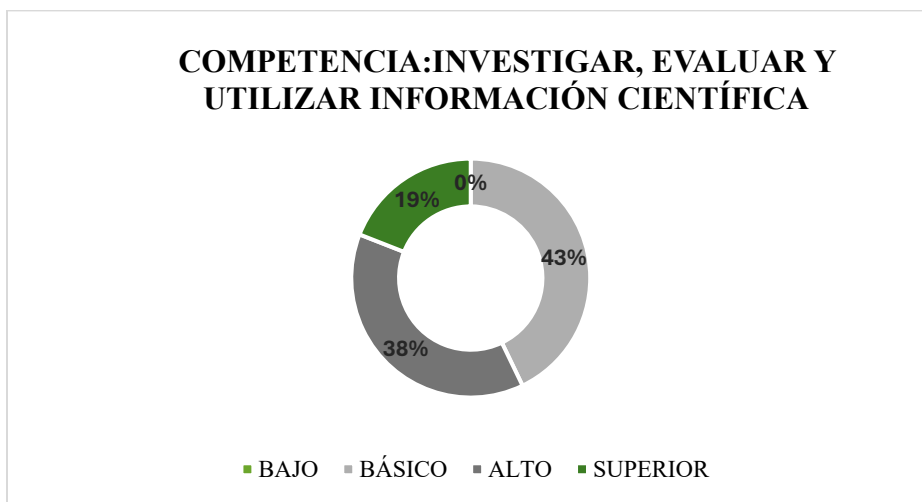
Fuente: Elaboración propia

Las respuestas escritas por los estudiantes en relación con la pregunta 5 demuestra la variedad en el nivel de comprensión y en la capacidad para emplear información científica en torno a los niveles de desempeños. Ante el nivel superior, se observa una explicación elaborada que incluye argumentos en donde se integra la información brindada y la científica, como se aprecia en la respuesta del estudiante 16: *“utilizaría el estudio 3 porque tiene relevancia preclínica, no demostró toxicidad en las células, lo cual demuestra credibilidad en el método aplicado, que acelera la cicatrización, proporciona colágeno y capacidad antioxidante en la zona afectada”*. Este tipo de respuesta desvela una comprensión crítica en la que el estudiante no solo emplea términos científicos relevantes y evidencia, sino que los relaciona para sustentar la elección y demostrar manejo conceptual. En contraste, el estudiante 19 categorizado en nivel básico, presenta una respuesta con poco nivel de complejidad, con una argumentación simple en la que tiene en cuenta de manera parcial los datos entregados, de modo que no manifiesta con suficiente solidez su explicación. La respuesta dada fue la siguiente: *“seleccioné el estudio 3 debido a que se evidencia una alta confiabilidad y no tiene efectos en las células”*.

Al analizar los resultados de la distribución final de los niveles de desempeño correspondiente a la última competencia (**figura 51**), se constata una transformación significativa tras la aplicación de las diferentes actividades propuestas, ya que antes de la implementación el 48% del curso se encontraba en el nivel bajo, sin embargo, los resultados muestran un incremento considerable en los niveles básicos con 43% y alto con 38% lo que sugiere una consolidación progresiva de las capacidades de elaborar un argumento que sustente una conclusión y diferenciar de manera crítica las afirmaciones basadas en evidencia confiable y opiniones.

Figura 51.

Distribución porcentual según el nivel de la competencia “investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción” prueba final.



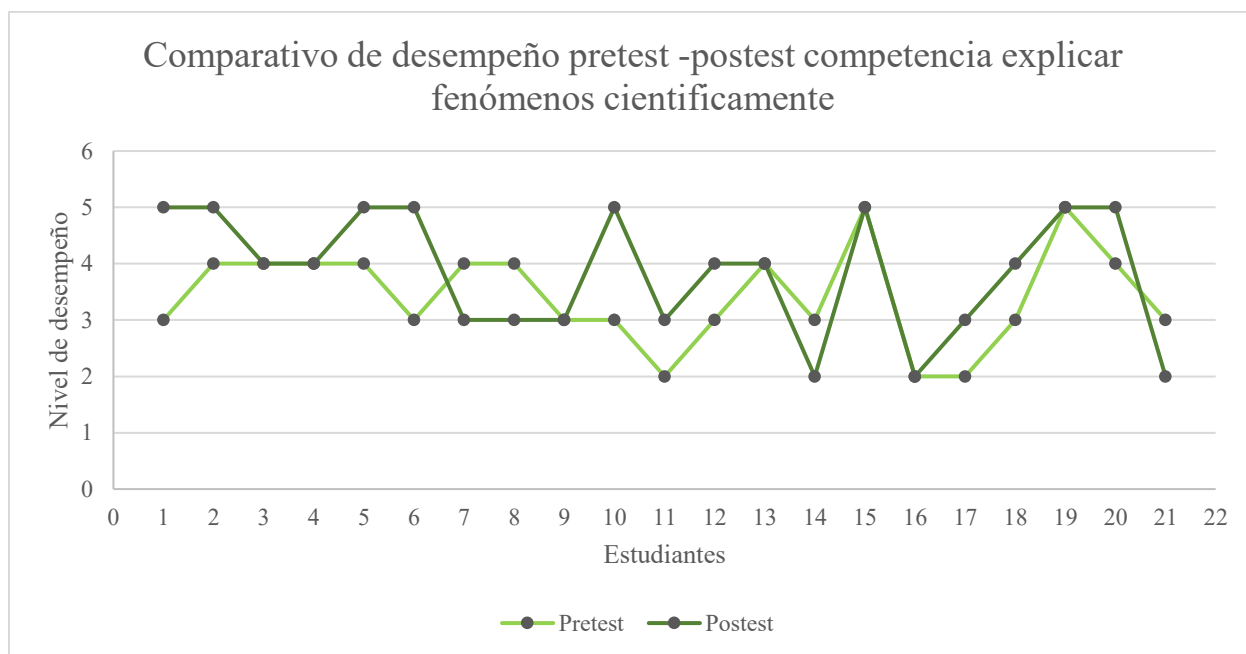
Fuente: Elaboración propia

En relación con lo descrito en cada una de las competencias, en las **figuras 52, 53 y 54** se presenta el progreso de la muestra de 21 estudiantes a los que se les aplicó la prueba diagnóstica y posterior a las intervenciones en el marco de la propuesta microcurricular, la prueba final. En estas gráficas se observa una tendencia general de incremento en los niveles de desempeño después de la implementación de la propuesta. Aunque las variaciones no son uniformes en todos los estudiantes, las líneas correspondientes al post-test tienden a ubicarse por encima de las del pre-test, lo que indica una mejora global en las tres competencias científicas. Lo que demuestra que las intervenciones tuvieron efecto significativo en el fortalecimiento de las competencias.

En la competencia de explicar fenómenos científicamente (**Figura 52**) se evidencia una mayor dispersión en los niveles iniciales, con valores que oscilan entre los niveles bajos y básicos. En el post-test, la mayoría de los estudiantes alcanzan niveles superiores, lo que sugiere un avance en la capacidad para interpretar y explicar fenómenos científicos.

Figura 52.

Comparativo del nivel de desempeño pretest y postest en la competencia científica explicar fenómenos científicamente

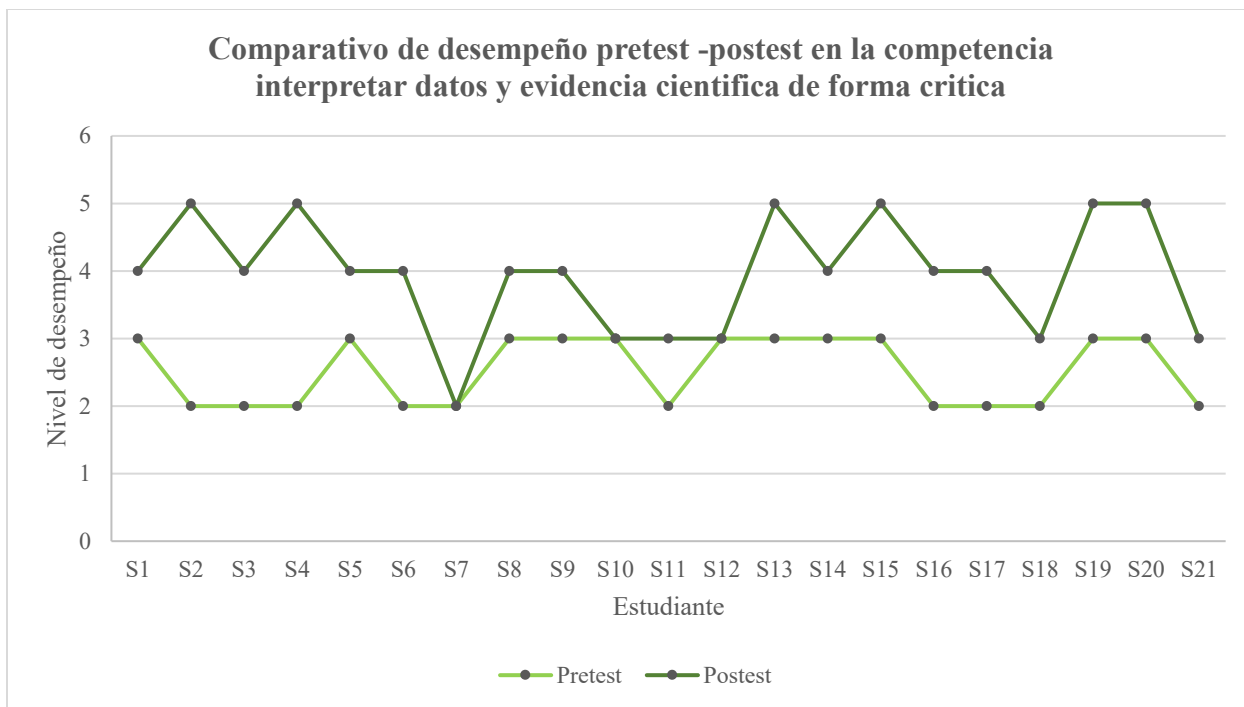


Fuente: Elaboración propia

En la competencia de interpretar datos y evidencia científica de forma crítica (**Figura 53**) el comportamiento es mucho más heterogéneo, aunque se aprecia un incremento en algunos casos, la línea del post-test mantiene fluctuaciones similares al pre-test, lo que indica que en esta competencia si bien hubo mejoras, persisten dificultades en el análisis de los resultados y la formulación de conclusiones en parte del grupo.

Figura 53.

Comparativo del nivel de desempeño pretest y postest en la competencia científica interpretar datos y evidencia científica de forma crítica

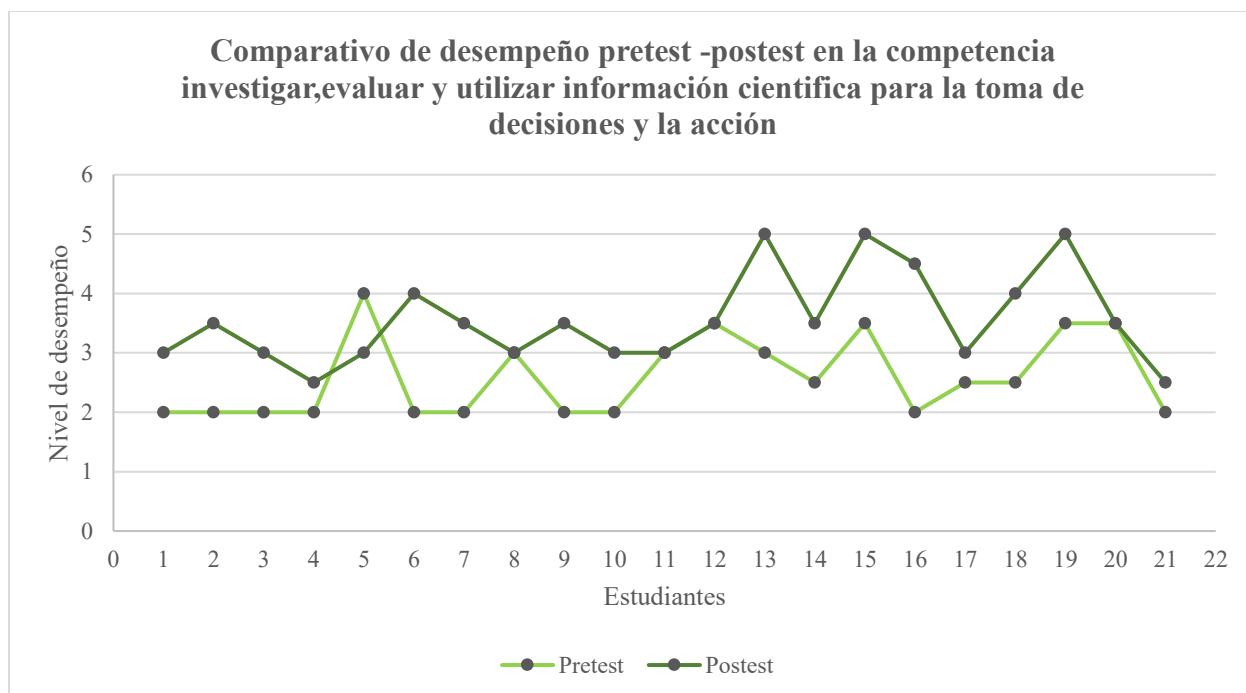


Fuente: Elaboración propia

Por último, en la competencia “investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción” (**Figura 54**), se observa un patrón de mejoría consistente, que se evidencia en un desplazamiento hacia los niveles más altos en la línea del post-test, lo que refleja un mayor dominio de los conocimientos científicos y, por tanto, una mayor capacidad para tomar decisiones con base en evidencia científica.

Figura 54.

Comparativo del nivel de desempeño pretest y postest en la competencia científica investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción



Fuente: Elaboración propia

8.1 Análisis cuantitativo SPSS

Para el análisis de los datos se usó la herramienta informática SPSS, donde se desarrollaron pruebas de correlación entre la prueba diagnóstica, las actividades implementadas y la prueba final, con el objetivo de identificar las relaciones que hay entre la aplicación de la propuesta microcurricular (variable independiente) y el fortalecimiento de las competencias científicas (variable dependiente), en tanto los coeficientes de correlación explican matemáticamente la intensidad de la relación lineal entre dos variables (Martínez Ortega et al., 2009).

Por ello, se aplicó la prueba de correlación paramétrica de Pearson, que asume que los datos presentan una distribución normal y homogeneidad en las varianzas y pruebas de correlación no paramétricas como la de Tau_b Kendall y Rho Spearman que no toman en consideración supuestos de normalidad y, por ende, establece parámetros en cada una de sus distribuciones (Ávila, 1999).

De acuerdo con lo señalado, los coeficientes de correlación pueden tomar valores que van desde el -1 hasta el +1, donde 0 señala que no hay relación lineal entre las variables de estudio, asimismo, es importante aclarar que el signo que adquiera el valor indica la dirección de la relación. Siguiendo lo descrito por Martínez Ortega et al., (2009) un rango de correlación de 0 a 0,25 indica una

correlación escasa o nula, entre 0,26 a 0,50 débil, de 0,51 a 0,75 moderada y, por último, entre 0,76 y 1 fuerte o perfecta.

Por último, es importante precisar que, si bien se aplicó una sola prueba postest, esta fue diseñada para evaluar de manera “diferenciada” a las tres competencias científicas propuestas, razón por la cual los resultados correspondientes a la prueba inicial se presentan como Pretest C1, Pretest C2 y Pretest C3, y para la prueba final se muestran como Postest C1, Postest C2 y Postest C3.

8.1.1 Prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas

La **tabla 12** muestra los resultados de la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas que compara medianas entre dos variables apareadas. Esta prueba se aplicó con el fin de establecer si se detectaban diferencias con evidencias estadísticas relevantes en las medianas del mismo grupo en dos momentos diferentes, específicamente antes y después de la aplicación de la propuesta microcurricular para así mismo, establecer si las intervenciones tuvieron efecto sobre el rendimiento de los participantes en las puntuaciones de la prueba final.

Tabla 12.

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

Análisis de relación	Estadístico de prueba estandarizado (Z)	Significancia (p)	Número de estudiantes	Decisión
Pretest y postest competencia 1	2,147	0,032	21	Se rechaza la hipótesis nula
Pretest y postest competencia 2	3,800	<0,001	21	
Pretest y postest competencia 3	3,337	<0,001	21	

El nivel de significancia es de 0,050

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la **tabla 12** el valor p en todos los casos es menor que el nivel de significancia 0,05 ($p=0,032 < \alpha=0,05$; $p=0,001 < \alpha=0,05$; $p=0,001 < \alpha=0,05$) lo cual demuestra una diferencia significativa desde el punto de vista estadístico entre los resultados de la prueba pre-test y post-test del grupo estudiado, asimismo esto se corrobora con los estadísticos de prueba (Z) que cuanto mayor es la puntuación menos probable es que la diferencia entre la prueba pre y post test se haya producido por casualidad (Gómez et al., 2003) es decir, que este comportamiento puede ser atribuido a la aplicación de las actividades en el marco de la propuesta microcurricular. Por lo

tanto, como $p < \alpha$, con un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. En consecuencia, es posible afirmar que la propuesta microcurricular logró un fortalecimiento de las competencias científicas en esta población.

8.1.2 Pruebas de correlación paramétricas y no paramétricas

Tabla 13.

Correlación paramétrica y no paramétrica entre las actividades propuestas y el postest

Prueba		Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Postest 1	Postest 2	Postest 3
Prueba de Tau_b Kendall	Actividad 1	1,000	0,174	0,298	0,435*	0,463*	0,059
	Actividad 2	0,174	1,1000	0,686***	0,070	0,609**	0,113
	Actividad 3	0,298	0,686***	1,000	0,082	0,665***	0,226
	Postest C1	0,435*	0,070	0,082	1,000	0,349	0,166
	Postest C2	0,463*	0,609**	0,665***	0,349	1,000	0,318
	Postest C3	0,059	0,113	0,226	0,166	0,318	1,000
Prueba de Rho Spearman	Actividad 1	1	0,189	0,342	0,499*	0,516*	0,064
	Actividad 2	0,189	1	0,836***	0,079	0,664**	0,127
	Actividad 3	0,342	0,836***	1	0,095	0,754***	0,260
	Postest C1	0,499*	0,079	0,095	1	0,408	0,188
	Postest C2	0,516*	0,664**	0,754***	0,349	1	0,318
	Postest C3	0,064	0,127	0,260	0,188	0,371	1
Prueba de Pearson	Actividad 1	1	0,169	0,319	0,510*	0,534*	0,125
	Actividad 2	0,169	1	0,762***	0,088	0,658**	0,141
	Actividad 3	0,319	0,762***	1	0,070	0,708***	0,266
	Postest C1	0,510*	0,088	0,070	1	0,396	0,155
	Postest C2	0,534*	0,658**	0,708***	0,396	1	0,358
	Postest C3	0,125	0,141	0,266	0,155	0,358	1

Nota. Elaboración propia en SPSS

La **tabla 13** muestra los resultados obtenidos en las pruebas de correlación paramétricas y no paramétricas en relación con las actividades de aprendizaje aplicadas y la prueba postest. Las dos pruebas paramétricas Tau_b Kendall y Rho Spearman muestran la misma tendencia. Se observan correlaciones altamente significativas que se representan con asteriscos, lo que supone una alta consistencia entre los datos. A su vez, las correlaciones sugieren que en algunos casos las actividades estarán intensamente relacionadas la una a la otra, por lo que la relación lineal será muy buena, esto supone que a medida que aumenta el desempeño en una actividad, mejorará el resultado en el postest.

La actividad 1, orientada a la elaboración de un mapa conceptual, evidenció una correlación positiva débil a moderada con las preguntas asociadas a las competencias 1 y 2 de la prueba postest, con coeficientes de correlación de Kendall de 0,435* y 0,463*, y de Spearman de 0,499* y 0,516*. Estos valores sugieren una relación directa entre el desarrollo de la actividad y los resultados obtenidos, aunque una intensidad débil y moderada, lo que indica que la actividad pudo contribuir parcialmente al fortalecimiento de dichas competencias.

De manera similar, la actividad 2 mostró correlaciones positivas algo mayores con la prueba postest C2 con correlaciones de 0,609* y 0,664*. Mientras que, la correlación entre la actividad 3 y la prueba postest C3 es escasa y casi nula en ambas pruebas no paramétricas con valores que comprenden los 0,226 y 0,260 que implica que la relación lineal entre las variables es mínima, lo que traduce en una poca incidencia de esta actividad en las respuestas del postest.

En relación con los resultados de las actividades frente al postest, analizados mediante la prueba de correlación de Pearson (r), se obtuvieron correlaciones positivas en todos los casos, lo que indica la existencia de una asociación directa entre las variables; es decir, a medida que los valores de una de ellas aumentan, también lo hacen los de la otra. Por una parte, el resultado de la correlación de la actividad 1 y el postest C1 alcanzó un $r = 0,510^*$, que se clasifica como moderada positiva, es decir que los cambios en una de las variables expliquen una parte sustancial, pero no total, de la variabilidad de la otra.

En cuanto a la actividad 2 que buscaba fortalecer la competencia de interpretación de datos y evidencias científicas de manera crítica obtuvo un valor de 0,658** que representa una correlación moderada alta, este comportamiento señala una relación lineal significativa entre ambas variables, lo que se traduce en que los valores asignados más altos en la actividad 2 se asocian a mayores resultados en la prueba final. Por su parte la actividad 3 presentó un $r = 0,358$ considerado una correlación positiva pero débil vinculada con el postest C3, lo cual refleja que las variaciones de la actividad 3 solo se relacionaron parcialmente con las del postest.

Ahora bien, los resultados alcanzados en las pruebas de correlación, tanto paramétricas como no paramétricas sugieren que no solo una actividad ayudó al fortalecimiento de la competencia correspondiente, sino que se produjo una interacción entre las diferentes actividades dada la articulación de saberes que fueron respondiendo a un avance en el que la comprensión conceptual,

el ámbito experimental y el uso del conocimiento que actuaron de manera interdependiente. Así, se observa una relación lineal moderada entre las actividades 3 y el postest C2 que dio como resultado una correlación positiva con valores de 0,665*** y 0,754*** en las pruebas de Kendall y Spearman respectivamente. Esto indica que los resultados de la actividad correspondiente a la presentación de la propuesta final se asociaron con los de la pregunta de la competencia 2 en la prueba postest, que refleja que a medida que aumenta el nivel de desempeño en la actividad 3 también lo harán en la prueba pretest C2.

9 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos después de la implementación de la propuesta microcurricular bajo el enfoque de aprendizaje basado en problemas, se evidenció el fortalecimiento de las competencias científicas en los estudiantes del ciclo de profundización del programa de licenciatura en química de la universidad pedagógica nacional, puesto que, las respuestas dadas en el postest situaron a los estudiantes en niveles de desempeños más avanzados, tal progreso se refleja en los resultados registrado en los que se muestra que en la prueba diagnóstica los niveles predominantes en relación con las tres competencias fueron bajo y básico, mientras que en la prueba final se notó una redistribución significativa hacia los niveles alto y superior

Se evaluó el estado inicial de las competencias científicas de los estudiantes con el fin de identificar fortalezas y necesidades de aprendizaje. Los resultados mostraron un comportamiento limitado puesto que, frente a la explicación de fenómenos científicos solo el 10% logró relacionar correctamente términos como nanopartículas, UV-Vis, y microscopía de barrido, asimismo, establecieron el papel de los extractos naturales y compuestos fenólico. Por consiguiente, resultó adecuado precisar conceptos mediante una presentación sobre las nanopartículas y todo lo relacionado con la síntesis y caracterización de estas.

De igual manera, en otro de los hallazgos de la prueba diagnóstica, se pudo inferir que en la segunda competencia no se evidenciaron desempeños favorables en tanto que, los niveles que predominaron fueron el bajo y el básico con 48% y 52% respectivamente. A su vez, en la competencia investigar, evaluar y emplear información científica para la toma de decisiones, en una proporción reducida, el 24% de los estudiantes consiguió diferenciar la información basada en evidencia científica y argumentar de forma coherente, presentando justificaciones de forma general. Considerando lo anterior, resultó conveniente, diseñar una propuesta microcurricular que respondiera a las brechas identificadas por medio de la aplicación de una serie de actividades.

El diseño de la propuesta microcurricular demostró ser importante puesto que en ella se evidencian la articulación de procesos de integración conceptual, junto con actividades experimentales que permitieron promover el fortalecimiento de las competencias científicas a partir de las cuales se busca organizar, contrastar y relacionar información científica, analizar con base en datos confiables y tomar decisiones basadas en información científica.

Por otro lado, El BioNano Kit se estableció como un recurso didáctico estratégico para la aplicación de las actividades experimentales porque permitió a los estudiantes comprender conceptos relacionados con nanopartículas y bioactividad de forma fácil y práctica. Por consiguiente, este recurso se consolidó como una alternativa para aquellos espacios donde el acceso a laboratorios es limitado, ya que reúne en un solo paquete los elementos indispensables para ejecutar actividades experimentales. De esta manera no solo se amplía el alcance formativo a instituciones con recursos restringidos, sino que también se promueve la interpretación crítica de resultados y la toma de decisiones fundamentadas en datos confiables.

Los resultados de la prueba final mostraron un progreso significativo a lo largo de las actividades que se sustenta en un mayor nivel de desempeño en las tres competencias científicas en la prueba post test. Por una parte, en la competencia de explicar fenómenos científicamente el 48% de los estudiantes alcanzaron el máximo nivel de desempeño, lo cual demuestra una mayor capacidad para comprender, interpretar y justificar fenómenos a partir del conocimiento científico. En la competencia de interpretar datos y evidencia científica de manera crítica el nivel más representativo fue el alto con el 43% mostrando una variación importante con respecto a la prueba pretest, este comportamiento reflejó un avance positivo en la forma en como los estudiantes analizan e interpretan resultados experimentales, y relacionan los eventos observados con la literatura científica. Por otra parte, en la última competencia -investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de acción- el nivel sobresaliente fue el básico (43%), sin embargo, también se resalta el aumento de estudiantes que alcanzaron el nivel alto (38%) esto implica un avance limitado en la argumentación y justificación de las decisiones, por lo tanto, se requiere llevar a cabo estrategias que continúen trabajando en la evolución y fortalecimiento de esta competencias y la superación de las dificultades asociadas.

Además, la prueba de Wilcoxon para datos apareados mostró una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de la prueba inicial y la prueba final en términos de significancia ($p < 0,05$) lo que supone el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alterna. En consecuencia, y como resultado del análisis cualitativo y cuantitativo, se demuestra que hubo un fortalecimiento de las competencias científicas. Además, las pruebas paramétricas y no paramétricas aplicadas al conjunto de datos obtenidos reflejan correlaciones positivas y en algunos

casos moderadas o fuertes, esto refleja que las actividades realizadas en el marco de la propuesta microcurricular tuvieron impacto en el fortalecimiento de las competencias.

10 Recomendaciones

Con la creciente demanda de profesionales formados en ciencias con habilidades para la resolución de problemas, el pensamiento crítico y las competencias, se hace necesario pensar en la inclusión de metodologías y estrategias que fortalezcan el currículo. En este sentido, se recomienda poner en práctica microcurrículos que involucren escenarios que promuevan la investigación y la solución de desafíos actuales en campos relacionados con la ciencia y la tecnología. Asimismo, se considera pertinente la aplicación de la totalidad de las actividades de aprendizaje y que se tenga en cuenta todo el panorama conceptual y experimental consignado en la propuesta microcurricular planteada con el objetivo de valorar con mayor precisión su alcance e impacto en el desarrollo y fortalecimiento de las competencias científicas.

De igual manera, se recomienda ampliar el uso de recursos didácticos y experimentales como el BioNano Kit empleado en la actividad 2. ya que, a diferencia de las prácticas de laboratorio convencionales, este tipo de recursos ofrecen escenarios de experimentación accesibles, seguros y adaptables a diversos contextos educativos, lo que permite replicar procesos científicos sin la necesidad de equipamientos complejos. Este tipo de materiales favorecen la apropiación de conceptos científicos desde una perspectiva práctica reflexiva y contextualizada.

11 Bibliografía

- Abadia, C., Vela, P., Montero, R. (2016). Lineamientos Microcurriculares en el Diseño de Cursos Académicos en la UNAD. https://viaci.unad.edu.co/images/documentos/docs-pass/Lineamiento_microcurriculares_diseo_de_cursos_acadmicos.pdf
- Acevedo, D., Navarro, M., y Monroy, L. (2013). Composición Química del Aceite Esencial de Hojas de Orégano (*Origanum vulgare*). *Información Tecnológica*, 24(4), 9-10. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642013000400005>
- Acosta Valencia, A, Arango Castillo, G, Arévalo Pacheco, D, Torres Benitez, J y Velasco González, A. (2023). BURN-OFF: Apósito hidrocoloide para quemaduras de segundo grado. Universidad de los Andes. Repositorio Institucional Séneca
- Acuña, V., y Sanchez, L. D. (2023). Evaluación de la viabilidad celular en hidrogeles de celulosa bacteriana impregnados con aceites esenciales de caléndula, cúrcuma y orégano con potencial aplicación en apósitos para quemaduras de segundo grado (Trabajo de pregrado, Ingeniería Biomédica, Universidad Autónoma de Bucaramanga). Repositorio Institucional UNAB.
- Aligiannis, N., Kalpoutzakis, E., Mitaku, S., y Chinou, I. B. (2001). Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Two *Origanum* Species. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 49(9), 4168-4170. <https://doi.org/10.1021/jf001494m>
- Araujo y Sastre. (2018). El aprendizaje basado en problemas. Una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad (Vol. 235004). Editorial gedisa.
- Araujo, C. F. (2019). Efecto antimicrobiano de aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare*) y tomillo (*Thymus vulgare*) individuales y en combinación contra *Salmonella Typhimurium* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2019.).
- Arcila-Lozano, Cynthia Cristina, Loarca-Piña, Guadalupe, Lecona-Urbe, Salvador, y González de Mejía, Elvira. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 100-111. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100015&lng=es&tlng=es.
- Ardila Velásquez, B., y Ramírez Gaona, L. J. (2023). Bioquímica en contexto: Implicaciones didácticas del modelo ABP, a través de la metodología flipped classroom. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional - Universidad Pedagógica Nacional
- Arpí Miró, C., Àvila, P., Baraldés i Capdevila, M., Benito Mundet, H., Gutiérrez del Moral, M. J., Orts Alís, M., ... y Rostán Sánchez, C. (2012). El ABP: origen, modelos y técnicas afines. *Aula de innovación educativa*, 2012, núm. 216, p. 14-18.

- Avila Pérez, J. (1999). Comparación de algunas pruebas paramétricas y no paramétricas con el paquete estadística.
- Beneitone, Pablo & Esquetine, César & González Ferreras, Julia & Marty Maletá, Mayra & Siufi García, María Gabriela & Wagenaar, Robert (2007). Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina. Informe final – Proyecto Tuning- América Latina 2004-2007. Bilbao-España: Universidad de Deusto y Universidad de Groningen.
- Bold, B., Urnukhsaikhan, E., & Mishig-Ochir, T. (2022). Biosynthesis of silver nanoparticles with antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory properties and their burn wound healing efficacy. *Frontiers In Chemistry*, 10. <https://doi.org/10.3389/fchem.2022.972534>
- Bonatto, C. C., y Silva, L. P. (2014). Higher temperatures speed up the growth and control the size and optoelectrical properties of silver nanoparticles greenly synthesized by cashew nutshells. *Industrial Crops And Products*, 58, 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.007>
- Braaten, M., y Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639-669. <https://doi.org/10.1002/sce.20449>
- Burdock, G.A. (2009). *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients* (6th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439847503>
- Bustos, Zambrano, L. D (2023). Síntesis verde de nanopartículas de plata a partir de un extracto vegetal de *Brunfelsia grandiflora* y evaluación de su actividad antiinflamatoria in-vitro [Trabajo de grado, Universidad del Bosque]. Repositorio Institucional -Universidad del Bosque
- Caicedo Guerrero, N y Romero Jiménez, R. (2018). Diseño de un microcurrículo integrado para la enseñanza del concepto Respiración Humana [Tesis de pregrado, Universidad del Valle]. Biblioteca digital.
- Campos, A. P. (2014). Síntesis biológica: Extractos de plantas transforman plata en nanopartículas metálicas [Infografía]. EMBRAPA Cenargen. Ilustración de A. Affonso.
- Cao, G., Liu, J., Liu, H., Chen, X., Yu, N., Li, X., & Xu, F. (2023). Integration of Network Pharmacology and Molecular Docking to Analyse the Mechanism of Action of Oregano Essential Oil in the Treatment of Bovine Mastitis. *Veterinary Sciences*, 10(5), 350. <https://doi.org/10.3390/vetsci10050350>
- Castro, A., y Ramírez, R. (2012). Docentes vs. estudiantes. Contradicciones en la enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 5(1), 43-64.
- Castro-Vásquez, L. D., Nieto-Goenaga, R., Bilbao-Ramírez, J., y Sánchez-Catalán, F. (2022). Aprendizaje basado en problemas (ABP): experiencia educativa en biología y química en la Universidad

Metropolitana de Barranquilla, Colombia. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 15(2). <https://doi.org/10.15332/25005421.6091>

Chupatecua, C. M., Ortegón, C., J y Villar. B. L (2024). Establecimiento de las interacciones CTSA mediada por un caso simulado fundamentado en la actividad antimicrobiana de AgNPs sintetizadas por una técnica verde. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional - Universidad Pedagógica Nacional

Clinical and Laboratory Standards Institute. (2024). M02: Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests (Kirby-Bauer). CLSI. <https://clsi.org/shop/standards/m02/>

Coleman, A. B., Lorenzo, K., McLamb, F., Sanku, A., Khan, S., y Bozinovic, G. (2023). Imagining, designing, and interpreting experiments: Using quantitative assessment to improve instruction in scientific reasoning. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 51(3), 286-301.

Cooksey, K. L., y Jonsson, P. (2022, 4 octubre). Using Pre-/Post-Quizzes Intentionally in Curriculum Development and Evaluation. arXiv.org. <https://arxiv.org/abs/2210.01823>

Cormier, C., y Langlois, S. (2022). Enjoyment and Self-Efficacy in Oral Scientific Communication Are Positively Correlated to Postsecondary Students' Oral Performance Skills. *Education Sciences*, 12(7), 466. <https://doi.org/10.3390/educsci12070466>

Corra, H. N. R. (2007b). Fundamento teórico de los Mapas Conceptuales. *Revista de Arquitectura E Ingeniería*, 1(2). <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193915938003.pdf>

Corral, J. (2020). Implicación de la motilidad en la patogénesis bacteriana. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. Universidad Autónoma de Barcelona

Cuervo, Á. A. V., Nenninger, E. H. E., y Noriega, J. Á. V. (2013). Desarrollo de competencias científicas en estudiantes de postgrado desde la perspectiva del docente. *Educere*, 17(56), 129-138.

Deckers, G., y Altendorf, K. (1996). The F₀F₁-type ATP synthases of bacteria: structure and function of the F₀ complex. *Annual review of microbiology*, 50(1), 791-824. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.50.1.791>

Díaz Barriga, F. (2005). El aprendizaje basado en problemas y el método de casos. Díaz Barriga F. Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida. México: McGraw Hill, 61-83.

Domínguez-Saavedra, G., y Hernández-Galván, J. M. (2022). Actualización en el manejo de heridas. *Cirugía Plástica*, 31(3), 124-136.

Dorobantu, L. S., Fallone, C., Noble, A. J., Veinot, J., Ma, G., Goss, G. G., y Burrell, R. E. (2015). Toxicity of silver nanoparticles against bacteria, yeast, and algae. *Journal Of Nanoparticle Research*, 17(4). <https://doi.org/10.1007/s11051-015-2984-7>

- Durdagi, S., ul Qamar, M. T., Salmas, R. E., Tariq, Q., Anwar, F., y Ashfaq, U. A. (2018). Investigating the molecular mechanism of staphylococcal DNA gyrase inhibitors: A combined ligand-based and structure-based resources pipeline. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 85, 122-129.
- Elgayyar, M., Draughon, F., Golden, D., y Mount, J. (2001). Antimicrobial Activity of Essential Oils from Plants against Selected Pathogenic and Saprophytic Microorganisms. *Journal Of Food Protection*, 64(7), 1019-1024. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-64.7.1019>
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6(1), 27-36.
- Ezatpour, B., Dorosti, N., Rezaee, E., y Ghaziani, F. (2023). Comparison of the Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils from Two Satureja species: Molecular Docking Studies. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 67(1), 70-81. <https://doi.org/10.29356/jmcs.v67i1.1816>
- Ferres, G., Marba, T., y Sanmartí, P. (2015). Trabajos de Indagación de los Alumnos: Instrumentos de Evaluación e Identificación de Dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de Ciencias.*, 22-37.
- Ford, M. J. (2008) Disciplinary Authority and Accountability in Scientific Practice and Learning. *Science Education* 92, 3: 404-23. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20263>.
- Fuertes-Camacho, M. T., Graell-Martín, M., Fuentes-Loss, M., y Balaguer-Fàbregas, M. C. (2019). Integrating Sustainability into Higher Education Curricula through the Project Method, a Global Learning Strategy. *Sustainability*, 11(3), 767. <https://doi.org/10.3390/su11030767>
- Gallegos-Flores, P. I., Bañuelos-Valenzuela, R., Delgadillo-Ruiz, L., Meza-López, C., & Echavarría-Cháirez, F. (2019). Actividad antibacteriana de cinco compuestos terpenoides: carvacrol, limoneno, linalool, α -terpineno y timol. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2), 241-248.
- García, L. F., y Pinto, E. A. (2018). Evaluación del Efecto Cicatrizante de los Aceites Esenciales de las Hojas del *Origanum Vulgare* L. "Orégano" sobre Heridas en Modelos de Experimentación in Vivo. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/734fa33f-2691-469a-889f-746cb1210239/content>
- Gil-Galván, R. (2018). El uso del aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria. Análisis de las competencias adquiridas y su impacto. *Revista mexicana de investigación educativa*, 23(76), 73-93. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662018000100073&lng=es&tlng=es
- Gimeno, E. C. (2004). Compuestos fenólicos. *Offarm*, 23(6), 80-84.
- Gómez, G. L. (2013). Nanopartículas de plata: tecnología para su obtención, caracterización y actividad biológica. *Investigación En Discapacidad*, 2(1), 18-22. <https://www.medigraphic.com/pdfs/invdiss/ir-2013/ir131c.pdf>

- Gómez-Garzón, M. (2018). Nanomateriales, Nanopartículas y Síntesis verde. *Revista Repertorio De Medicina Y Cirugía*, 27(2). <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.v27.n2.2018.191>
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., y Vega-Franco, L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista mexicana de pediatría*, 70(2).
- González, E. A. (2012). Fundamento teórico y metodológico del microcurrículo [Seminario-taller]. Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña. https://www.researchgate.net/profile/Efren-Gonzalez-Garcia/publication/272482480_FUNDAMENTO_TEORICO_Y_METODOLOGICO_DEL_MICROCURRICULO/links/54e567980cf29865c3372840/FUNDAMENTO-TEORICO-Y-METODOLOGICO-DEL-MICROCURRICULO.pdf
- González, Y. T., y Dreyfus, G. (2017). Motilidad de las bacterias marinas del género *Vibrio*. *Revista de Educación Bioquímica*, 34(4), 98-108.
- Govaris, A., Solomakos, N., Pexara, A., y Chatzopoulou, P. S. (2010). The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *Salmonella* Enteritidis in minced sheep meat during refrigerated storage. *International journal of food microbiology*, 137(2-3), 175–180. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.12.017>
- Guamán, V. J. y Espinoza, E. E. (2022). Aprendizaje basado en problemas para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 124-131. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S221836202022000200124&script=sci_arttext&tlng=en
- Guevara Mora, G., (2010). Aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica para la enseñanza del tema de la recursividad. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, XI(20), 142-167.
- Gupta, M., Tomar, R. S., y Mishra, R. K. (2020). Our heritage factors affecting biosynthesis of green nanoparticles.
- Harding, K. G., Jones, V., y Price, P. (2000). Topical treatment: which dressing to choose. *Diabetes/Metabolism Research And Reviews*, 16(S1), S47-S50. [https://doi.org/10.1002/1520-7560\(200009/10\)16:1](https://doi.org/10.1002/1520-7560(200009/10)16:1)
- Hennig, P., Engewald, W. Influence of adsorption effects on retention indices of selected C10-hydroxy compounds at various temperatures. *Chromatographia* 38, 93–97 (1994). <https://doi.org/10.1007/BF02275733>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, L. (2014). Capítulo 7, Concepción o elección del diseño de investigación. *Metodología de la investigación*.
- Hernández, C. A. (2005). ¿Qué son las "competencias científicas"? Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Hernandez, G. (1999). La zona de desarrollo próximo. Comentarios en torno a su uso en los contextos escolares. *Perfiles educativos*, (86).
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.
- Herrera-Calderon, O., Yepes-Pérez, A. F., Quintero-Saumeth, J., Rojas-Armas, J. P., Palomino-Pacheco, M., Ortiz-Sánchez, J. M., Cieza-Macedo, E. C., Arroyo-Acevedo, J. L., Figueroa-Salvador, L., Peña-Rojas, G., y Andía-Ayme, V. (2020). Carvacrol: An In Silico Approach of a Candidate Drug on HER2, PI3K α , mTOR, hER- α , PR, and EGFR Receptors in the Breast Cancer. *Evidence-based Complementary And Alternative Medicine*, 2020(1). <https://doi.org/10.1155/2020/8830665>
- Höttecke, D., y Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1002/sce.21575>
- Huamán Castilla, Nils, Alleca, Erik, Arroyo, Gregorio, y Quintana, José. (2016). Microextracción en fase sólida (SMPE) de compuestos volátiles del género *Origanum*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(2), 105-113. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000200002&lng=es&tlng=es.
- Hudzicki, J (2009). Kirby-Bauer disk difusión susceptibility test protocol. American Society for Microbiology. [kirby-bauer-disk-diffusion-susceptibility-test-protocol-pdf.pdf](http://www.asmc.org/~/media/ASMC/ASMC%20Publications/ASMC%20Publications%20List/ASMC%20Publications%20List%20-%20Kirby-Bauer%20Disk%20Diffusion%20Susceptibility%20Test%20Protocol.pdf)
- Ilić, Z., Stanojević, L., Milenković, L., Šunić, L., Milenković, A., Stanojević, J., y Cvetković, D. (2022). The Yield, Chemical Composition, and Antioxidant Activities of Essential Oils from Different Plant Parts of the Wild and Cultivated Oregano (*Origanum vulgare* L.). *Horticulturae*, 8(11), 1042. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111042>
- Intencipa Acosta, M. L., y Pineda Fonseca, J. G. (2022). Fortalecimiento de competencias científicas empleando trabajo práctico de laboratorio: desorción de manganeso [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional - Universidad Pedagógica Nacional
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Crujeiras, B. (2016). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. *En Science & Education* (pp. 69-80). https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5
- Kachur, K., & Suntres, Z. (2020). The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(18), 3042-3053.
- Kalantari, K., Mostafavi, E., Afifi, A. M., Izadiyan, Z., Jahangirian, H., Rafiee-Moghaddam, R., & Webster, T. J. (2019). Wound dressings functionalized with silver nanoparticles promises and pitfalls. *Nanoscale*, 12(4), 2268-2291. <https://doi.org/10.1039/c9nr08234d>
- Kelly, K. L., Coronado, E., Zhao, L. L., y Schatz, G. C. (2002). The Optical Properties of Metal Nanoparticles: The Influence of Size, Shape, and Dielectric Environment. *The Journal Of Physical Chemistry B*, 107(3), 668-677. <https://doi.org/10.1021/jp026731y>

- Khan, H., Piccolella, S., y Pacifico, S. (2025). Harnessing plant extracts for green nanoparticle synthesis: Toward a sustainable future. *Materials Today Sustainability*, 101195.
- Khan, M., Khan, S. T., Khan, M., Mousa, A. A., Mahmood, A., & Alkathlan, H. Z. (2019). Chemical diversity in leaf and stem essential oils of *Origanum vulgare* L. and their effects on microbicidal activities. *AMB Express*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0893-3>
- Kokkini, S., Karousou, R., Dardioti, A., Krigas, N., & Lanaras, T. (1997). Autumn essential oils of Greek oregano. *Phytochemistry*, 44(5), 883-886. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(96\)00576-6](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(96)00576-6)
- Kozłowska M, Laudy AE, Przybył J, Ziarno M, Majewska E. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE ALGUNAS PLANTAS MEDICINALES DE LA FAMILIA LAMIACEAE. *Acta poloniae farmacéutica*. 2015;72(4):757–67
- Krishnan, P. D., Banas, D., Durai, R. D., Kabanov, D., Hosnedlova, B., Kepinska, M., Fernandez, C., Ruttkay-Nedecky, B., Nguyen, H. V., Farid, A., Sochor, J., Narayanan, V. H. B., & Kizek, R. (2020). Silver Nanomaterials for Wound Dressing Applications. *Pharmaceutics*, 12(9), 821. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12090821>
- Ledezma, A., Romero, J., Hernández, M., Moggio, I., Arias, E., Padrón, G., Orozco, V., Martínez, A., Martínez, C., Torres, S., Ledezma, A., Romero, J., Hernández, M., Moggio, I., Arias, E., Padrón, G., Orozco, V., Martínez, A., Martínez, C., & Torres, S. (s. f.-b). Síntesis biomimética de nanopartículas de plata utilizando extracto acuoso de nopal (*Opuntia* sp.) y su electrohilado polimérico. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-35212014000400133
- Lee, D. K., In, J., & Lee, S. (2015). Standard deviation and standard error of the mean. *Korean Journal Of Anesthesiology*, 68(3), 220. <https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.3.220>
- León Caviedes, D. F. (2022). Propuesta de orden micro curricular sobre la gestión del recurso hídrico dirigido a profesionales de ingeniería ambiental [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional - Universidad Pedagógica Nacional
- Ley 115 de 1994. Ley General de Educación. (1994, 8 de febrero). Congreso de la República de Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Liang, Y., He, J., & Guo, B. (2021). Functional hydrogels as wound dressing to enhance wound healing. *ACS nano*, 15(8), 12687-12722. <https://doi.org/10.1021/acsnano.1c04206>
- Lin, H., BoLatai, A., & Wu, N. (2021). Application Progress of Nano Silver Dressing in the Treatment of Diabetic Foot. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity : targets and therapy*, 14, 4145–4154. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S330322>
- Lizarazo Cordero, A. (2013). Propuesta metodológica para formar competencias científicas en el Laboratorio de Microbiología General. Facultad de Ciencias.

- Lopardo, H. A. (2020). Antibióticos. Libros de Cátedra. <https://doi.org/10.35537/10915/103061>
- López, J. (Noviembre de 2006). Las competencias básicas del currículo en la LOE. Documento presentado en el V Congreso Internacional “Educación y Sociedad”. Granada, España. Recuperado de Microsoft Word - JUAN LOPEZ-MINISTERIO.doc
- Lu, M., Dai, T., Murray, C. K., & Wu, M. X. (2018). Bactericidal Property of Oregano Oil Against Multidrug-Resistant Clinical Isolates. *Frontiers In Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02329>
- Martínez Ortega, Rosa María, Tuya Pendás, Leonel C, Martínez Ortega, Mercedes, Pérez Abreu, Alberto, & Cánovas, Ana María. (2009). EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPEARMAN CARACTERIZACION. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2) http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017&lng=es&tlng=es.
- Martínez-Correa, E., Osorio-Delgado, M. A., Henao-Tamayo, L. J., & Castro-Herazo, C. I. (2020). Clasificación Sistemática de Apósitos: Una Revisión Bibliográfica. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 41(1), 5-28. Epub 23 de octubre de 2020. <https://doi.org/10.17488/rmib.41.1.1>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia, (2006). Formación por Competencias Hans Peter Christensen - Bogota 7 - 8, Medellín 9 - 10 de marzo. Portal MEN - Presentación. <https://www.mineducacion.gov.co/portal/men/Memorias-de-eventos/Educacion-Superior/100587:Formacion-por-Competencias-Hans-Peter-Christensen-Bogota-7-8-Medellin-9-10-de-Marzo-2006>
- Mobley, D. L., & Dill, K. A. (2009). Binding of Small-Molecule Ligands to Proteins: “What You See” Is Not Always “What You Get”. *Structure*, 17(4), 489-498. <https://doi.org/10.1016/j.str.2009.02.010>
- Monge, M. (2009). Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en disolución y propiedades bactericidas. *Anales de Química de la RSEQ*, (1), 33-41.
- Morón Rodríguez, F. J., & Jardines Méndez, J. B. (1997). La medicina tradicional en las universidades médicas. *Revista cubana de plantas medicinales*, 2(1), 35-41.
- Nadagouda, M. N., Iyanna, N., Lalley, J., Han, C., Dionysiou, D. D., & Varma, R. S. (2014). Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles Using Antioxidants from Blackberry, Blueberry, Pomegranate, and Turmeric Extracts. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2(7), 1717–1723. doi:10.1021/sc500237k
- Niu, C., Sun, X., Hu, F., Tang, X., & Wang, K. (2022). Molecular determinants for the chemical activation of the warmth-sensitive TRPV3 channel by the natural monoterpene carvacrol. *Journal Of Biological Chemistry*, 298(3), 101706. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2022.101706>

- Nixon, K. L., Crabb, E. M., & Seery, M. K. (2024). A Cocurricular Context-Based Enrichment Program to Enhance Scientific Skills Development. *Journal Of Chemical Education*, 101(7), 2656-2664. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00965>
- Novak J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical Report IHMC Cmap Tools 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition, available at: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>.
- Nurzyńska-Wierdak, R., & Walasek-Janusz, M. (2025). Chemical Composition, Biological Activity, and Potential Uses of Oregano (*Origanum vulgare* L.) and Oregano Essential Oil. *Pharmaceuticals*, 18(2), 267. <https://doi.org/10.3390/ph18020267>
- OCDE. (2023). PISA 2025 science framework (Draft). https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf
- Ortega, C., Passailaigue, R., Febles, A., & Estrada, V. (2017). El desarrollo de competencias científicas desde los programas de posgrado. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(11), 1-16.
- Ortiz, A. (2017). *Currículo y Didáctica*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Padilla-Canales, C., Brooks-Calderón, P., Jiménez-Porras, L. D., & Torres-Salas, M. I. (2015a). Aspects of Scientific Competences Outlined in High School Biology, Physics and Chemistry Syllabus and its Relation with the Scientific and Technological Development Needs of Costa Rica. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 1-26. <https://doi.org/10.15359/ree.20-1.2>
- Pájaro Castro, N., Olivero Verbel, J., y Redondo Padilla, J. (2013). Nanotecnología aplicada a la medicina. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1), 125–133. <https://doi.org/10.21500/22563202.606>
- Pang, Q., Jiang, Z., Wu, K., Hou, R., & Zhu, Y. (2023). Nanomaterials-Based Wound Dressing for Advanced Management of Infected Wound. *Antibiotics*, 12(2), 351. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12020351>
- Paredes, F. & Roca, J. (2004). Acción de los antibióticos: perspectiva de la medicación antimicrobiana. *Offarm: farmacia y sociedad*, 23(3), 116-124.
- Patra, J. K., & Baek, K.-H. (2014). Green nanobiotechnology: Factors affecting synthesis and characterization techniques. *Journal of Nanomaterials*, 2014 (1). <https://doi.org/10.1155/2014/417305>
- Pavia, D., Kriz, G., & Lampman, G. (2001). *Infrared spectroscopy, Introduction to spectroscopy : A guide for students of organic chemistry* (3 ed, pp. 45-48). Brooks cole
- Pérez, Laura. (2018). El aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica en educación superior. *Voces De La Educación*, 3(6), 155-167

- Phimnuan, P., Dirand, Z., Tissot, M., Worasakwutiphong, S., Sittichokechaiwut, A., Grandmottet, F., ... & Viennet, C. (2023). Beneficial effects of a Blended fibroin/aloë gel extract film on the Biomolecular Mechanism (s) via the MAPK/ERK Pathway relating to Diabetic wound healing. *ACS omega*, 8(7), 6813-6824. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07507>
- Quintili, M. (2012). Nanociencia y Nanotecnología. Un mundo pequeño. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación, 42, 125–155. *Revista Temas de Educación*, nº 7.
- Radulović, N. S., Blagojević, P. D., Stojanović-Radić, Z. Z., & Stojanović, N. M. (2013). Antimicrobial plant metabolites: structural diversity and mechanism of action. *Current medicinal chemistry*, 20(7), 932–952.
- Read, A. F., & Woods, R. J. (2014). Antibiotic resistance management. *Evolution Medicine And Public Health*, 2014(1), 147. <https://doi.org/10.1093/emph/eou024>
- Rey, F. (2008). Utilización de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora del aprendizaje significativo del alumno universitario en ciencias con independencia de su conocimiento de la metodología [tesis doctoral, Universitat Ramon Llull]. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9267/Utilizaci3n_de_los_mapas_conceptuales_como_herramienta_evaluadora_del_aprendizaje_significati.pdf?sequence=1
- Rodríguez, R. (2021). Estilos de aprendizaje y enseñanza de la química: el aula como un sistema cuantizable [tesis doctoral, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional - Universidad Pedagógica Nacional
- Sadeq, T. W., Kamel, F. H., & Qader, K. O. (2019). A novel preparation of thyme cream as superficial antimicrobial treatment. *J. Int. Pharm. Res*, 46, 373-381.
- Salguero, M., & Pilaquinga, F. (2017). Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata preparadas con extracto acuoso de cilantro (*Coriandrum sativum*) y recubiertas con látex de Sangre de Drago (*Croton lechleri*). Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8382686>
- Sánchez García, J. A. (2016). Diseño e implementación de una secuencia didáctica sobre la fitorremediación de Cromo (VI) orientada al desarrollo de competencias científicas investigativas.
- Scandorieiro, S., De Camargo, L. C., Lancheros, C. A. C., Yamada-Ogatta, S. F., Nakamura, C. V., De Oliveira, A. G., Andrade, C. G. T. J., Duran, N., Nakazato, G., & Kobayashi, R. K. T. (2016). Synergistic and Additive Effect of Oregano Essential Oil and Biological Silver Nanoparticles against Multidrug-Resistant Bacterial Strains. *Frontiers In Microbiology*, 7, 760. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00760>

- Shaik, M., Khan, M., Kuniyil, M., Al-Warthan, A., Alkhathlan, H., Siddiqui, M., Shaik, J., Ahamed, A., Mahmood, A., Khan, M., & Adil, S. (2018). Plant-Extract-Assisted Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Origanum vulgare* L. Extract and Their Microbicidal Activities. *Sustainability*, 10(4), 913. <https://doi.org/10.3390/su10040913>
- Sharma, N. K., Vishwakarma, J., Rai, S., Alomar, T. S., AlMasoud, N., & Bhattarai, A. (2022). Green Route Synthesis and Characterization Techniques of Silver Nanoparticles and Their Biological Adeptness. *ACS Omega*, 7(31), 27004-27020. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01400>
- Sierra-Ríos, S. P., Urrego-Mendoza, D. Z., & Jaime-Jaimes, J. D. (2012). Conocimientos, actitudes y prácticas acerca de la medicina alternativa en médicos vinculados a hospitales públicos de Cundinamarca, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 14(3), 478-490.
- Singh, M., Naskar, A., Rupashree, A., Rajput, M., & Singh, V. K. (2023). Analysis of endophytic microbes harboring in medicinal plants of Himalayan region with their medicinal properties. *Biocatalysis And Agricultural Biotechnology*, 53, 102857. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102857>
- Su, J., Li, J., Liang, J., Zhang, K., & Li, J. (2021). Hydrogel Preparation Methods and Biomaterials for Wound Dressing. *Life*, 11(10), 1016. <https://doi.org/10.3390/life11101016>
- Sulistina, O., Rahayu, S., Dasna, I. W., & Yahmin, Y. (2024). Enhancing the scientific argumentation skills of prospective chemistry teacher using integrated chemical literacy strategy. *International Journal Of Evaluation And Research In Education (IJERE)*, 13(6), 4346. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i6.26935>
- Sullivan-Bolyai, S., & Bova, C. (2013). Experimental and quasi-experimental designs. *Nursing Research-E-Book: Methods and Critical Appraisal for Evidence-Based Practice*, 182.
- Szczygłowska, P., Feliczak-Guzik, A., & Nowak, I. (2023). Nanotechnology–General Aspects: A Chemical Reduction Approach to the Synthesis of Nanoparticles. *Molecules*, 28(13), 4932. <https://doi.org/10.3390/molecules28134932>
- Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Serrano, C., Matos, O., Neng, N. R., Nogueira, J. M. F., Saraiva, J. A., & Nunes, M. L. (2013). Chemical composition and bioactivity of different oregano (*Origanum vulgare*) extracts and essential oil. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 93(11), 2707-2714. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6089>
- UNESCO. (2021). Informe de la Ciencia: La carrera contra el tiempo para un desarrollo más inteligente (Capítulo América Latina). <https://www.unesco.org/reports/science/2021/en/latin-america>
- Universidad de Antioquia. (1999). El microcurrículo: aspectos conceptuales y metodológicos. [PDF]. Universidad de Antioquia. <https://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/230fee49-4dec-432d-ae5d-f62f5353cc9f/CARTILLAS+CURRICULO+6.pdf?MOD=AJPERES>

- Universidad Pedagógica Nacional. (2016). Informe final de autoevaluación: Renovación de acreditación de alta calidad de la Licenciatura en Química. <https://cienciaytecnologia.upn.edu.co/wp-content/uploads/2023/11/ANEXO-18-Informe-Final-Autoevaluacion-Renovacion-de-Acreditacion-LQU-28-02-17.pdf>
- Velásquez, M., Drosos, J., Gueto, C., Márquez, J., & Vivas-Reyes, R. (2013). Método acoplado Autodock-PM6 para seleccionar la mejor pose en estudios de acoplamiento molecular. *Revista colombiana de química*, 42(1), 101-124.
- Véliz, F. S. G., Díaz, R. T., & Rodríguez, R. M. T. (2014). La formación de competencias científico-investigativas para la sostenibilidad ambiental en el ingeniero agropecuario. *REFCaIE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 2(3), 59-70.
- Villar López, M., & Blanco Anaya, P. (2024). Retos en la implementación del ABP sobre investigación biomédica en Formación Profesional. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 21(3), 3202. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3202
- Walker, J. P., Van Duzor, A. G., & Lower, M. A. (2019). Facilitating argumentation in the laboratory: The challenges of claim change and justification by theory. *Journal of Chemical Education*, 96(3), 435-444.
- Whitley, E., & Ball, J. (2002). Statistics review 1: presenting and summarising data. *Critical Care*, 6(1), 66. <https://doi.org/10.1186/cc1455>
- Yao, JX., Guo, YY. y Neumann, K. (2016). Hacia una progresión hipotética del aprendizaje de la explicación científica. *Asia Pac. Sci. Educ.* 2, 4. <https://doi.org/10.1186/s41029-016-0011-7>
- Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H. (2020). <p>The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry</p> *International Journal Of Nanomedicine, Volume 15*, 2555-2562. <https://doi.org/10.2147/ijn.s246764>
- Yousefian, F., Hesari, R., Jensen, T., Obagi, S., Rgeai, A., Damiani, G., Bunick, C. G., & Grada, A. (2023). Antimicrobial Wound Dressings: A Concise Review for Clinicians. *Antibiotics*, 12(9), 1434. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12091434>
- Yu, H., Han, X., & Quiñones Pérez, D. (2021). La humanidad enfrenta un desastre: la resistencia antimicrobiana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 20(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2021000300020&lng=es
- Zhang, J., & Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive science*, 18(1), 87-122.
- Zompero Correo, A. D. F., Parga Lozano, D. L., Werner da Rosa, C. T., & Vildósola Tibaud, X. (2022). Competencias científicas en los currículos de Ciencias Naturales: estudio comparativo entre Brasil,

12 Anexos

Anexo 1. Página web

<https://danielaalvarez44.wixsite.com/ayuda-a-los-cient-2>



Las actividades descritas a continuación hacen parte del desarrollo del proyecto de grado "Apósitos bioactivos a partir de nanopartículas de plata con extracto de orégano: una propuesta microcurricular para el fortalecimiento de competencias científicas"

ACTIVIDADES POR RESOLVER

Completa las siguientes actividades y ayuda a los científicos a resolver el problema

- Comprensión del problema
- Experimentación
- Análisis de interacciones
- Propuesta final
- Información de interés

Anexo 2. Prueba diagnóstica

Prueba diagnóstica

Nombre: _____

Código: _____

Fecha: _____

A continuación, encontrará una serie de preguntas orientadas a explorar sus conocimientos y el nivel de desempeño en tres competencias científicas de acuerdo con el marco de evaluación de ciencia de PISA 2025 teniendo en cuenta uno de los tres contextos principales para el afrontamiento de problemas en relación con la ciencia. En este sentido, el siguiente cuestionario se enmarca en el escenario de la síntesis verde de nanopartículas de plata (AgNPs), las técnicas de caracterización y su aplicación biomédica.

Lea atentamente y responda cada pregunta basándose únicamente en sus conocimientos, no consulte fuentes externas.

1. Relacione cada término de la columna A con el concepto que mejor lo describa en la columna B, teniendo en cuenta el contexto de la síntesis verde de nanopartículas de plata

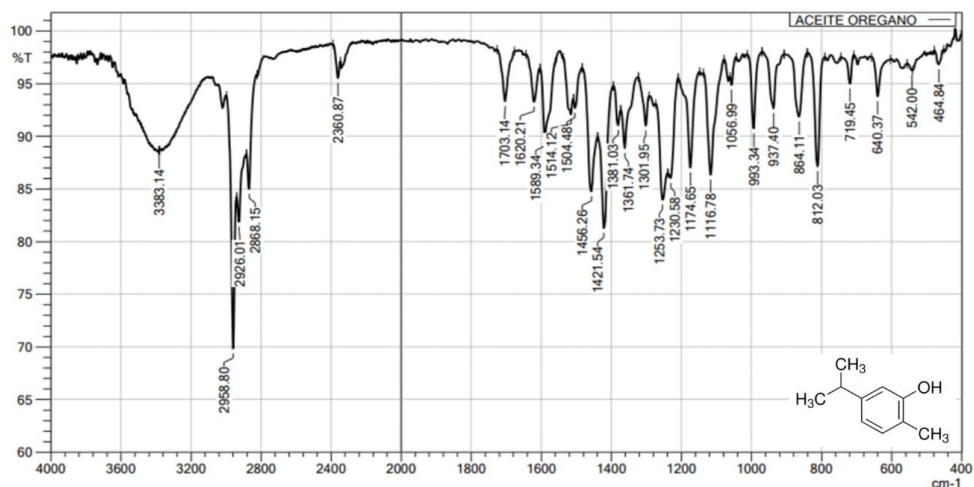
Columna A

1. Nanopartículas ()
2. Extractos ()
3. UV VIS y Microscopía de barrido ()
4. Apósitos con nanopartículas ()
5. Compuestos fenólicos ()
6. Nitrato de plata ()

Columna B

- a. Metabolitos secundarios
- b. Precursor
- c. Aplicación biomédica
- d. Agente reductor
- e. Técnicas de caracterización
- f. Producto de tamaño nanométrico

2. Un equipo de botánicos sostiene que el aceite esencial de orégano contiene compuestos fenólicos como el carvacrol, que se relacionan directamente con sus propiedades antimicrobianas. Para verificar dicha afirmación se obtuvo el espectro IR que aparece en la siguiente figura



A partir de la información proporcionada, ¿Qué tan consistente es la afirmación de los investigadores sobre la presencia de compuestos fenólicos en la muestra? ¿Qué bandas del espectro apoyan o contradicen esta idea?

3. Un grupo de investigadores realizaron un estudio para determinar la actividad antimicrobiana de un extracto natural en cepas bacterianas grampositivas y gramnegativas. Tenga en cuenta que la zona de inhibición está dada en mm, y el volumen usado del extracto fue de 20 μ L. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Cepas bacterianas	Diluciones del extracto			Control
	1:1	1:10	1:100	
Grampositivas				Vancomicina (30 mg)
<i>Staphylococcus aureus</i>	9 mm	15 mm	10 mm	26 mm
<i>Enterococcus faecalis</i>	-	7 mm	7 mm	20 mm
Gramnegativas				Ciprofloxacina (5 mg)
<i>Escherichia coli</i>	-	-	-	27 mm
<i>Klebsiella pneumoniaea</i>	8 mm	8 mm	8 mm	25 mm
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	7 mm	10 mm	12 mm	27 mm

Adaptado de Gualtieri et al., (2008)

Responda en las siguientes afirmaciones falso (F) o verdadero (V) de acuerdo con la información suministrada anteriormente. Justifique su elección:

- El *Staphylococcus aureus* presentó la mayor sensibilidad con una zona de inhibición de 15 mm a una dilución 1:10 ()
 - Diluciones iguales a 1:100 demostraron poder inhibitorio sobre todas las bacterias excepto *E. coli*, *E. faecalis* y *K. pneumoniae* ()
 - El extracto no presenta zona de inhibición contra la *E. coli* ()
 - Las diluciones 1/10 y 1/100 mostraron actividad antibacteriana contra las cepas de *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomona aureoginosa* ()
4. Un hospital rural desea implementar apósitos con nanopartículas de plata verdes para el tratamiento de infecciones cutáneas. Han encontrado tres estudios:

Estudio A: Demuestra alta eficiencia antimicrobiana in vitro, pero no evalúa citotoxicidad.

Estudio B: Presenta baja toxicidad para células de la piel, pero la efectividad antimicrobiana es limitada.

Estudio C: Es un análisis combinado de estudios en animales, en el cual concluye que la relación beneficio/riesgo es favorable, pero recomienda más estudios clínicos.

Según la información anterior responda:

¿Qué criterios científicos usaría para decidir si es viable implementar nanopartículas de plata sintetizadas por el método verde en apósitos antimicrobianos, y cómo los aplicaría al contexto clínico?

5. En la siguiente tabla encontrará tres artículos científicos sobre nanopartículas de plata (AgNPs) sintetizadas por un método verde, en ella se evalúan y clasifican los estudios según su confiabilidad (alta, media o baja), considerando aspectos como tipo de estudio, tamaño de muestra y análisis realizado.

Estudio	Ensayo	Principales resultados	Toxicidad	Confiabilidad
1) Vijayakumar et al., (2023)	In vitro ensayo de migración celular (scratch)	AgNPs mostraron gran actividad antibacterial contra E. coli, P. aeruginosa, S. aureus; cerraron hasta 96% de la herida in vitro	Baja en células humanas	Alta: metodología completa, múltiples métodos
2) Loo et al., (2018)	In vitro (patógenos Gramnegativos)	Las AgNPs eliminaron bacterias Gramnegativas en pocas horas, con zonas de inhibición claras y valores de MIC bajos	No se evaluó citotoxicidad celular	Media: excelente para bacterias, carece de seguridad celular
3) Lakkim et al. (2023)	In vivo (ratón BALB /c)	Las AgNPs aceleraron la cicatrización, depositaron más colágeno, mayor capacidad antioxidante en piel lesionada.	Sin efectos dañinos en células	Muy alta: modelo animal completo, importante relevancia preclínica

Nota: elaboración propia

Teniendo en cuenta la información presentada en la tabla ¿Cuál de los estudios considera más útil para apoyar una decisión clínica relacionada con el uso de AgNPs verdes, y por qué? sustente su elección con base en los datos disponibles.

6. Complete el siguiente párrafo con los términos adecuados: *resonancia plasmónica, rendimiento, extractos vegetales, espectrofotometría UV-Vis, morfología, reducción, metabolitos secundarios, Nanopartículas de plata (AgNPs)*.

En la síntesis verde de nanopartículas metálicas, se utilizan _____ como fuente de _____, los cuales actúan como agentes de _____ y estabilización. Este método permite obtener _____ de forma ecológica y eficiente. La presencia de las nanopartículas se confirma mediante _____, una técnica instrumental que detecta la _____ asociada a la formación de las partículas. Además, factores como el pH, la temperatura y la concentración del extracto pueden influir directamente en el _____, el tamaño y la _____ de las nanopartículas obtenidas.

Referencias bibliográficas

- Gualtieri A, María J, González, María C, Contreras B, Keylla P, Noguera C, María C, Uzcátegui M, Erika E, Villasmil, Sheila, & Villalta R, Carolina. (2008). Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos de *Azadirachta indica*. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 39(2), 12-16.
- Lakkim, V., Reddy, M. C., Lekkala, V. V. V., Lebaka, V. R., Korivi, M., & Lomada, D. (2023). Antioxidant Efficacy of Green-Synthesized Silver Nanoparticles Promotes Wound Healing in Mice. *Pharmaceutics*, 15(5), 1517. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15051517>
- Loo, Y. Y., Rukayadi, Y., Nor-Khaizura, M., Kuan, C. H., Chieng, B. W., Nishibuchi, M., & Radu, S. (2018). In Vitro Antimicrobial Activity of Green Synthesized Silver Nanoparticles Against Selected Gram-negative Foodborne Pathogens. *Frontiers In Microbiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01555>
- Vijayakumar, G., Kim, H. J., & Rangarajulu, S. K. (2023). In Vitro Antibacterial and Wound Healing Activities Evoked by Silver Nanoparticles Synthesized through Probiotic Bacteria. *Antibiotics*, 12(1), 141. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12010141>

Anexo 3. Rúbrica de validación prueba diagnóstica

Rúbrica de validación prueba diagnóstica

Daniela Alba Pérez
María Fernanda Cartagena Robles

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará apoyará el desarrollo del trabajo de grado titulado: **APÓSITOS BIOACTIVOS A PARTIR DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA CON EXTRACTO DE ORÉGANO: UNA PROPUESTA MICROCURRICULAR PARA EL FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS**, para optar por el título de Licenciado

en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. A continuación, se presentan los objetivos del trabajo en mención:

General: Fortalecer competencias científicas en estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional a través de una propuesta microcurricular fundamentada en el aprendizaje basado en problemas centrado en la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata con extracto de orégano.

Específicos:

1. Identificar el estado inicial de las competencias científicas en los estudiantes empleando un instrumento diagnóstico
2. Diseñar e implementar una propuesta microcurricular enfocada en el ABP a través del estudio de los apósitos con nanopartículas de plata elaborados a partir de extracto de orégano.
3. Evaluar el impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas en los estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, mediante la implementación de instrumentos de evaluación que permitan identificar logros y desafíos

Datos del docente

Nombres y Apellidos	
Título de pregrado	
Título (s) de posgrado	
Programa en el que labora actualmente	
Institución educativa y/o universitaria	
Lugar de ubicación de la institución	
Correo de contacto	

Experiencia docente

Años totales de experiencia profesional	
Años de experiencia docente	
Otro tipo de experiencia docente	

El instrumento que se presenta a continuación corresponde a la prueba diagnóstica que tiene como objetivo determinar el nivel de desempeño en las tres competencias científicas propuestas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en el contexto de la síntesis verde de nanopartículas de Ag y su aplicación biomédica.

La prueba fue construida con base en los postulados de la OCDE contemplando las capacidades que sustentan el desarrollo de cada una de las competencias. La primera competencia considera la explicación de fenómenos sustentada en bases científicas estableciendo relaciones con teorías o modelos, así como la formulación de predicciones y soluciones argumentadas con base en teorías, conceptos o evidencias. En relación con ello la OCDE (2025) ha redactado aquellas capacidades entendidas como lo que una persona con formación científica debería comprender y ser capaz de hacer. Por tanto, los sujetos deberían ser capaces de recordar los conocimientos apropiados para una situación específica y aplicarlos en la explicación del fenómeno; presentar la información en múltiples representaciones; predecir lo que puede suceder y brindar

soluciones a problemas; y, reconocer las posibles implicaciones del conocimiento científico para la sociedad.

Mientras tanto, la competencia de interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica se relaciona estrechamente con la evaluación de la evidencia científica y la formulación de juicios respecto a múltiples resultados, por ende, el desarrollo de esta competencia requiere del conocimiento de los procedimientos en ciencias y la función de estos en la justificación de las afirmaciones

Finalmente, la competencia de Investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción implica que los estudiantes comprendan cómo se construye el conocimiento científico confiable, distinguiendo entre ciencia legítima y pseudociencia. Así pues, deben ejercer juicio crítico al identificar los intereses que pueden distorsionar la ciencia, evaluar con base en evidencia la calidad de las fuentes y reconocer que la ciencia es un proceso colaborativo y en constante evolución.

El propósito de este instrumento es servir como punto de partida para identificar las falencias y fortalezas de los estudiantes antes de las intervenciones, esta identificación inicial permitirá establecer un diagnóstico que oriente el diseño de estrategias pedagógicas pertinentes y contextualizadas, con el fin de potencializar el aprendizaje y fortalecer los procesos de pensamiento científico por parte de la población.

Se solicita, por tanto, asignar un puntaje a cada indicador teniendo en cuenta la escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo de cumplimiento y 5 el más alto. La escala puede aplicarse con flexibilidad, permitiendo el uso de valores decimales si se considera pertinente. Además de la calificación cuantitativa, es importante registrar observaciones que describan de manera argumentada la valoración asignada, aportando elementos que orienten a posibles ajustes y oportunidades de mejora en el instrumento.

Categoría	Indicadores	Nivel de cumplimiento	Observaciones
Explicar fenómenos científicamente	Las preguntas formuladas indagan sobre la capacidad de los estudiantes para explicar fenómenos haciendo uso de teorías, leyes y principios de las ciencias.		
	Las preguntas están diseñadas para que los estudiantes establezcan relaciones conceptuales coherentes y reconozcan como influyen ciertas condiciones en la transformación de procesos abordados.		
Interpretar datos y pruebas científicas de manera crítica.	Las preguntas están contextualizadas y llevan al estudiante a realizar un análisis e interpretación de datos que se presentan en diferentes representaciones y, a su vez a extraer conclusiones con base en los resultados.		
	Las preguntas presentan información estructurada de		

	tal forma que los estudiantes puedan analizar críticamente y formular inferencias con base en los datos ofrecidos.		
Consultar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y actuar	Las preguntas parten de situaciones que requieren un análisis de información científica de diferentes fuentes para su evaluación y la posterior toma de decisiones.		
	Las preguntas presentan escenarios que requieren juicio crítico y aplicación del conocimiento para tomar decisiones fundamentadas en evidencia		
Observaciones generales			

Anexo 4. Rúbrica de evaluación prueba diagnóstica

Competencia	Capacidades	Nivel			
		Bajo 2	Básico 3	Alto 4	Superior 5
Explicar fenómenos científicamente	Recordar y aplicar conocimientos científicos apropiados	No reconoce los conceptos fundamentales relacionados con la síntesis verde de nanopartículas, presentando dificultades para diferenciar el papel de los metabolitos secundarios	Reconoce algunos conceptos fundamentales relacionados con la síntesis verde, sin embargo, presenta limitaciones al momento de diferenciar el papel de los metabolitos secundarios	Reconoce y aplica la mayoría de los conceptos científicos involucrados en la síntesis verde de nanopartículas y establece relaciones adecuadas entre ellos	Reconoce y aplica de forma precisa todos los conceptos científicos relacionados con la síntesis verde de nanopartículas y establece relaciones adecuadas entre ellos
	Reconocer y desarrollar hipótesis explicativas de fenómenos del mundo material	No propone hipótesis o formula ideas sin relación con el fenómeno; sus enunciados carecen de coherencia científica y omite variables relevantes	Plantea hipótesis generales con relación parcial al fenómeno; identifica variables de forma superficial y no fundamenta claramente la relación causal entre ellas	Formula hipótesis pertinentes al contexto, identificando y relacionando las variables de forma coherentes, aunque con explicaciones	Desarrolla hipótesis claras, y bien estructuradas, articulando las variables con una relación causal explícita y justificando de manera profunda la predicción realizada.

				poco desarrolladas	
Interpretar datos y evidencias de manera crítica	Interpretar datos presentados en diferentes representaciones y extraer conclusiones apropiadas de los datos	No identifica correctamente los grupos funcionales correspondientes a las bandas presentadas en el espectro IR ni justifica con claridad sus interpretaciones	Identifica algunos de los grupos funcionales correspondientes a las bandas presentadas en el espectro IR, sin justificar con claridad sus interpretaciones	Identifica la mayoría de los grupos funcionales correspondientes a las bandas presentadas en el espectro IR y justifica sus interpretaciones, aunque con leves imprecisiones.	Identifica correctamente todos los grupos funcionales correspondientes a las bandas presentadas en el espectro IR y justifica con claridad sus interpretaciones.
	Identificar las variables en un estudio científico dado, comprendiendo los resultados obtenidos y lo que ello significa	Responde de forma incorrecta todos los enunciados y los interpreta de manera inadecuada.	Responde de forma correcta algunos de los enunciados, pero los interpreta de manera inadecuada.	Responde de forma correcta la gran mayoría de los enunciados, pero interpreta algunos de ellos con cierta imprecisión.	Responde de forma correcta todos los enunciados y los interpreta de manera adecuada.
Investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción.	Distinguir entre afirmaciones basadas en evidencia científica sólida, entre expertos y no expertos, y opiniones, y justificar la distinción.	No diferencia entre afirmaciones fundamentadas científicamente y opiniones, asumiendo como válidas ideas sin evidencia.	Distingue algunas afirmaciones basadas en evidencia científica, pero presenta dificultades para argumentar confundiendo parcialmente opiniones con hechos comprobables	Diferencia con claridad la mayoría de las afirmaciones basadas en evidencia científica, aunque su justificación puede presentar algún nivel de generalidad	Distingue con precisión todas las afirmaciones fundamentadas científicamente, explicando con claridad los criterios que la validan
	Construir un argumento para respaldar una conclusión científica apropiada a partir de un conjunto de datos.	No logra formular un argumento coherente. Las ideas que expresa no se relacionan con los datos proporcionados ni conclusión válida	Formula un argumento simple, vinculado parcialmente a los datos, pero su conclusión es incompleta o carece de solidez	Construye un argumento idóneo y coherente, relacionando la mayoría de los datos con conceptos científicos pertinentes, sin embargo, presenta limitaciones en su conclusión	Construye un argumento claro, estructurado y riguroso, integrando los datos de forma lógica con conocimientos científicos y respalda su conclusión con razonamiento profundo

Nota: Autoría propia

Anexo 5. Propuesta microcurricular

1. Identificación del Curso: Nanopartículas verdes y su aplicación biomédica					
1.1 Total Horas de Atención Directa del profesor (HAD)	60	1.2 Total Horas de Trabajo Independiente del estudiante (HTI)	120	1.3 HAD: HTI = 1:2	
2. Justificación del Curso					
<p>El desarrollo de nanopartículas con extractos naturales ofrece un gran potencial en biomédica, gracias a sus propiedades antimicrobianas y su posible aplicación en tratamientos innovadores. Este curso busca formar profesionales capaces de proponer soluciones alternativas al uso de medicinas tradicionales por medio del fortalecimiento de competencias científicas y analíticas, a través del enfoque basado en problemas y la experimentación. Los estudiantes comprenderán los mecanismos de acción de las nanopartículas y su interacción con sistemas bioquímicos, asimismo, explorarán sus posibles aplicaciones en la medicina, desde su uso en la formulación de nuevos antimicrobianos hasta su integración en tratamientos de prevención de infecciones en heridas.</p>					
3. Propósitos de Formación del Curso					
<ul style="list-style-type: none"> · Comprender los fundamentos fisicoquímicos y biológicos que sustentan la síntesis verde de nanopartículas y su aplicación en contextos biomédicos · Fomentar el pensamiento científico y la capacidad de argumentación basada en evidencia, mediante la interpretación de resultados experimentales y simulaciones, que permitan formular hipótesis y construir explicaciones científicas coherentes frente a fenómenos observados · Promover la integración del conocimiento científico en la resolución de situaciones problemáticas en el marco de la biomedicina haciendo uso de tecnologías emergentes como la síntesis verde de nanopartículas metálicas · Proponer soluciones fundamentadas en la evidencia científica considerando la dimensión científica, social, económica y ética. 					
4. Competencias por Desarrollar					
4.1. Competencias Específicas					

- Explicar fenómenos científicamente.
- Interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica.
- Consultar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción.

5. Resultados de Aprendizaje del Curso (Incluir de 3 a 6 resultados de aprendizaje)

Descripción del resultado de aprendizaje

Utiliza diversas formas de representación (diagramas, gráficos y textos) para explicar conceptos relacionados con la aplicación de la nanotecnología en el sector biomédico, demostrando comprensión de los principios científicos que sustentan su funcionamiento

Interpreta correctamente datos presentados en gráficos, tablas y otros formatos visuales, identificando relaciones que sustenten explicaciones o conclusiones científicas

Plantea conclusiones con base en la interpretación de los datos y las relaciona con las evidencias científicas actualizadas, argumentando de manera lógica y coherente

Desarrolla hipótesis sobre fenómenos con base en la observación y conocimientos previos, estableciendo relaciones sustentadas en principios científicos.

Comunica adecuadamente resultados importantes haciendo uso del lenguaje científico, elaborando productos académicos, basados en evidencia.

Propone soluciones fundamentadas en bases científicas, integrando las evidencias y el conocimiento en ciencias.

5.1. Evidencias de Resultados de Aprendizaje: (Una evidencia por cada resultado de aprendizaje)		5.2. Estrategia Pedagógica:	5.3 Resultado de aprendizaje relacionado.
Descripción de la evidencia	Actividad de aprendizaje	Estrategia pedagógica con la que apoya el desarrollo de la evidencia de aprendizaje	Resultado de aprendizaje con el que se relaciona la evidencia de aprendizaje
Texto comparativo que presente diferencias clave entre ambos enfoques, argumentado desde fuentes confiables y explicaciones claras	Análisis comparativo sobre nanotecnología convencional y verde, con elaboración de una síntesis argumentativa.	Lectura guiada con textos científicos y construcción de síntesis escrita	2
Esquema visual que integre conceptos de artículos en	Elaboración de organizadores gráficos a partir de artículos	Lectura y discusión de artículos asignados por	1

cuestión y su relación con el caso problema, empleando conectores adecuados.	científicos para relacionar conceptos clave con la solución del caso.	grupos de trabajo y elaboración de diagramas en herramientas digitales.	
Registro experimental detallado con observaciones en el que se documenta la presencia de metabolitos secundarios, seguido de la validación de la síntesis de AgNPs mediante análisis espectrales y la elaboración de apósitos	Extracción del aceite esencial por la técnica de destilación por arrastre de vapor Identificación cualitativa de metabolitos secundarios en extractos naturales. Caracterización del aceite esencial por cromatografía de gases y espectroscopia IR Síntesis verde de nanopartículas de Ag y caracterización por espectrofotometría UV-VIS. Elaboración de apósitos con nanopartículas de Ag y ensayos de efectividad antimicrobiana	Prácticas de laboratorio, ejecución de protocolos experimentales con guía paso a paso y observación directa	4
Informes de laboratorio con formato de artículo, que reflejen una interpretación de los resultados, análisis de los datos y discusión científica con base en la literatura	Elaboración de Informes de laboratorio con discusión técnica de resultados.	Redacción técnica estructurada con base en la interpretación de resultados experimentales	2,3
Trabajo escrito donde se detalle paso a paso el procedimiento de docking molecular entre componentes bioactivos de plantas como el orégano y enzimas bacterianas, con imágenes que lo sustenten y se argumente el mecanismo de acción del extracto.	Taller docking molecular: Interacción entre componentes bioactivos y enzimas bacterianas.	Uso de softwares como PDB, Chimera, Pubchem y PyRX., siguiendo los procedimientos del video explicativo de docking molecular.	3
Presentación oral por equipos de trabajo con ayuda visual de la selección de un apósito, donde se tenga en cuenta las actividades previas realizadas, las prácticas de laboratorio e	Presentación sobre la elección de un apósito para una herida específica.	Socialización mediante diapositivas de la selección de un apósito antimicrobiano, justificado en bases científicas.	

información consultada.	adicional			5, 6	
6. Contenidos Teórico – Prácticos del Curso					
Semana	Unidad Temática	Contenido de Aprendizaje	HAD	HTI	Total, Horas
			Aula Clase	Trabajo Independiente	
1 - 2	Introducción a la nanotecnología	<p>Conceptos básicos de nanotecnología</p> <p>Introducción a la nanotecnología aplicada a la biomedicina</p> <p>Clasificación de los nanomateriales</p>	8	16	24
3 - 5	Síntesis verde y Caracterización de nanopartículas.	<p>Parámetros de síntesis (concentración del precursor, pH, temperatura, velocidad de reacción).</p> <p>Propiedades estructurales y morfológicas de las nanopartículas.</p> <p>Técnicas de caracterización de las nanopartículas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Espectrofotometría UV-VIS · Espectroscopia IR · Difracción de rayos X · Microscopia electrónica de barrido 	12	24	36
6 - 7	Extractos naturales y su aplicación en nanotecnología	<p>Extractos naturales como agentes reductores y estabilizantes: metabolitos secundarios (Flavonoides, compuestos fenólicos, terpenoides y alcaloides).</p>	8	16	24

		Métodos de extracción de extractos vegetales:			
8 -11	Mecanismos de acción de los extractos naturales	<p>Mecanismos antimicrobianos: daño a la membrana celular, interferencia con la replicación y metabolismo</p> <p>Inhibición de motilidad y formación de biopelículas</p> <p>Inhibición de enzimas ATPasas y alteración de gradientes de protones</p>	12	24	36
12-13	Evaluación antimicrobiana de nanopartículas verdes e interacción bioquímica.	<p>Ensayos de funcionalidad antimicrobiana: Pruebas <i>in vitro</i> y pruebas <i>in silico</i>.</p> <p>Mecanismo de acción de las nanopartículas de plata (AgNPs)</p>	8	16	24
14-16	Aplicación biomédica de nanopartículas en el desarrollo de apósitos	<p>Clasificación de los apósitos: Según la localización, según la complejidad, según el biomaterial polimérico, según la permeabilidad y según la interacción biológica.</p> <p>Métodos de incorporación de nanopartículas en matrices poliméricas: polimerización <i>in situ</i>, mezcla de soluciones, mezcla de material fundido, electrohilado, ensamblaje capa por capa, reducción <i>in situ</i>, método sol-gel.</p>	12	24	36
Total horas			60	120	180
Créditos Académicos			3		
7. Recursos Educativos y Herramientas TIC (Laboratorios, software, simuladores, etc.)					

N	Nombre	Justificación
1	PDB	Estas herramientas bioinformáticas serán usadas en el docking molecular para simular la interacción entre una enzima bacteriana y los componentes bioactivos de determinados extractos naturales. Con el objetivo de determinar el mecanismo de acción y, por ende, la capacidad antimicrobiana de nanopartículas metálicas sintetizadas a partir de extractos naturales.
2	Chimera	
3	PubChem	
4	PyRX	
5	BioNanoKit	Fue elaborado por las profesoras en formación para facilitar la confirmación cualitativa de las AgNPs, mediante reacciones visibles como el cambio de color. Su uso durante las prácticas de laboratorio permitirá a los estudiantes de forma preliminar la formación de nanopartículas, especialmente en entornos con recursos instrumentales limitados.

8. Bibliografía Básica del Curso (No debe superar más de diez referencias y estarán debidamente referenciadas en APA, MLA, Chicago/Turabian o las normas de citación propias de cada disciplina)

Campos, A. P (2014). Síntesis biológica: Extractos de plantas transforman plata en nanopartículas metálicas [Infografía]. EMBRAPA Cenargen. Ilustración de A. Affonso.

Iravani, S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, 13(10), 2638–2650. <https://doi.org/10.1039/C1GC15386B>

Elgayyar, , M., Draughon, F., Golden, D., & Mount, J. (2001). Antimicrobial Activity of Essential Oils from Plants against Selected Pathogenic and Saprophytic Microorganisms. *Journal Of Food Protection*, 64(7), 1019-1024. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-64.7.1019>

Gómez-Garzón, M. (2018) "Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde". *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*., 27 (2), 75-80. ISSN: 2462-991X

Kachur, K., & Suntres, Z. (2020). The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(18), 3042-3053

Martínez-Correa, E., Osorio-Delgado, M. A., Henao-Tamayo, L. J., & Castro-Herazo, C. I.. (2020). Clasificación Sistemática de Apósitos: Una Revisión Bibliográfica. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 41(1), 5-28. Epub 23 de octubre de 2020. <https://doi.org/10.17488/rmib.41.1.1>

Martínez M., A. (2020). *Química de productos naturales*. Medellín, Colombia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/3dc41929-4e9d-46c4-bb9b-e84d8e9da72d/content>

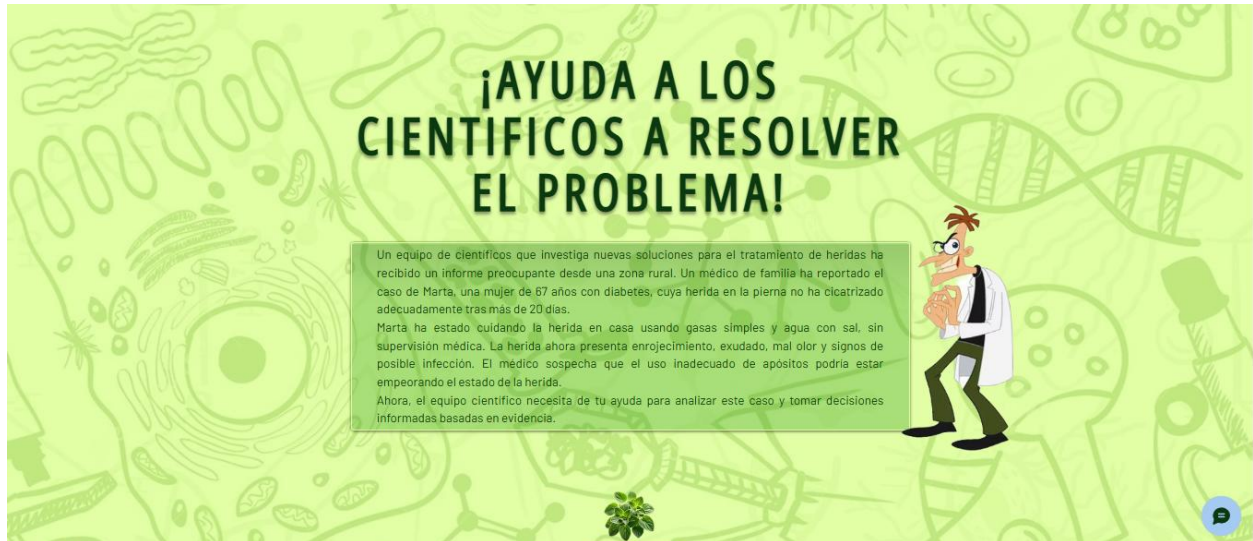
Harun-Ur-Rashid, M., Foyez, T., Krishna, S. B. N., Poda, S., & Imran, A. B. (2025). Recent advances of silver nanoparticle-based polymer nanocomposites for biomedical applications. *RSC advances*, 15(11), 8480–8505. <https://doi.org/10.1039/d4ra08220f>

Pardo Fanlo, J. M., & Alderete, S. I. (2017). Nanopartículas cargadas con aceites esenciales para aplicación en apósitos. *Ingeniería biomédica*.

Rai, M., Yadav, A., & Gade, A. (2008). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*, 27(1), 76-83. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.09.002>

Anexo 6. Caso problema

<https://danielaalbaperez44.wixsite.com/ayuda-a-los-cient-2>



¡AYUDA A LOS CIENTIFICOS A RESOLVER EL PROBLEMA!

Un equipo de científicos que investiga nuevas soluciones para el tratamiento de heridas ha recibido un informe preocupante desde una zona rural. Un médico de familia ha reportado el caso de Marta, una mujer de 67 años con diabetes, cuya herida en la pierna no ha cicatrizado adecuadamente tras más de 20 días.

Marta ha estado cuidando la herida en casa usando gasas simples y agua con sal, sin supervisión médica. La herida ahora presenta enrojecimiento, exudado, mal olor y signos de posible infección. El médico sospecha que el uso inadecuado de apósitos podría estar empeorando el estado de la herida.

Ahora, el equipo científico necesita de tu ayuda para analizar este caso y tomar decisiones informadas basadas en evidencia.

Anexo 7. Presentación nanotecnología

<https://danielaalbaperez44.wixsite.com/ayuda-a-los-cient-2/copia-de-ir-3>

PRESENTACIÓN NANOTECNOLOGÍA

Inicio

Descargalo dando click acá



Continuar

Anexo 8. Actividad mapa conceptual

<https://danielaalbperez44.wixsite.com/ayuda-a-los-cient-2/lectura>

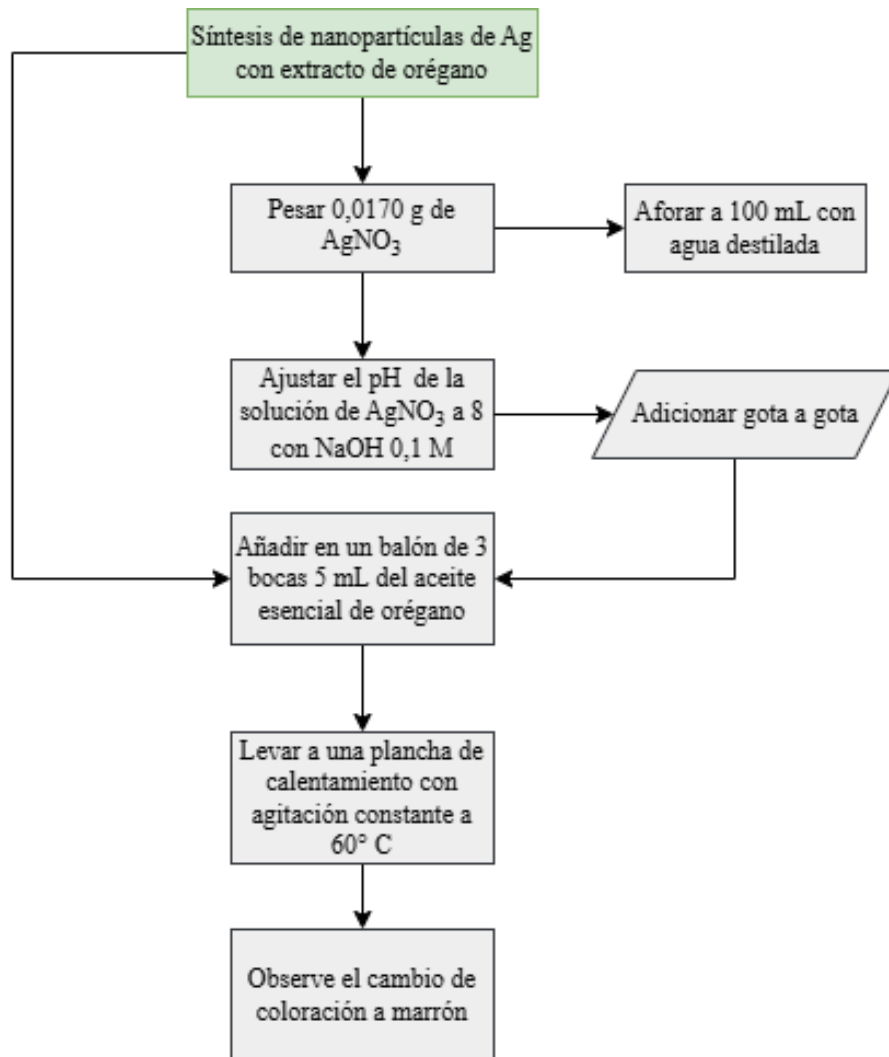
INSTRUCCIONES PARA LA REALIZACIÓN DEL MAPA CONCEPTUAL

1. Lee atentamente el artículo: "Antimicrobial Wound Dressings: A Concise Review for Clinicians".
2. Identifica los conceptos principales relacionados con:
 - Tipos de apósitos antimicrobianos.
 - Mecanismos de acción antimicrobiana.
 - Aplicaciones clínicas.
 - Ventajas y limitaciones de su uso.
3. Organiza la información en un mapa conceptual, relacionando los conceptos de forma jerárquica (de lo más general a lo más específico).
4. Usa palabras de enlace claras (por ejemplo: "se utiliza para", "genera", "inhibe", "favorece").
5. El mapa debe permitir explicar científicamente cómo los apósitos antimicrobianos actúan en la cicatrización de heridas.
6. Presenta tu mapa conceptual en formato digital o en papel, de forma legible y ordenada.

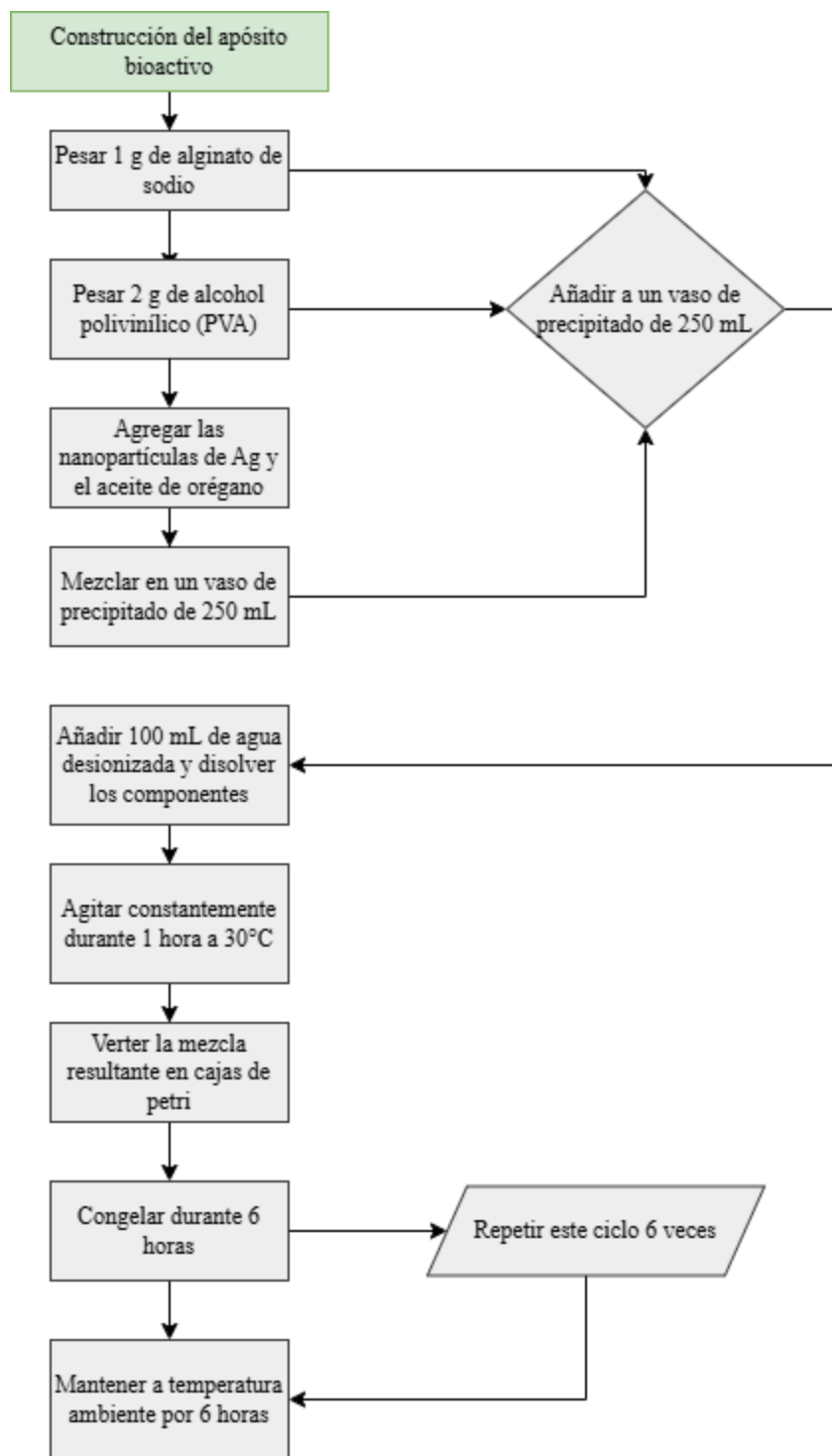
Descargalo acá



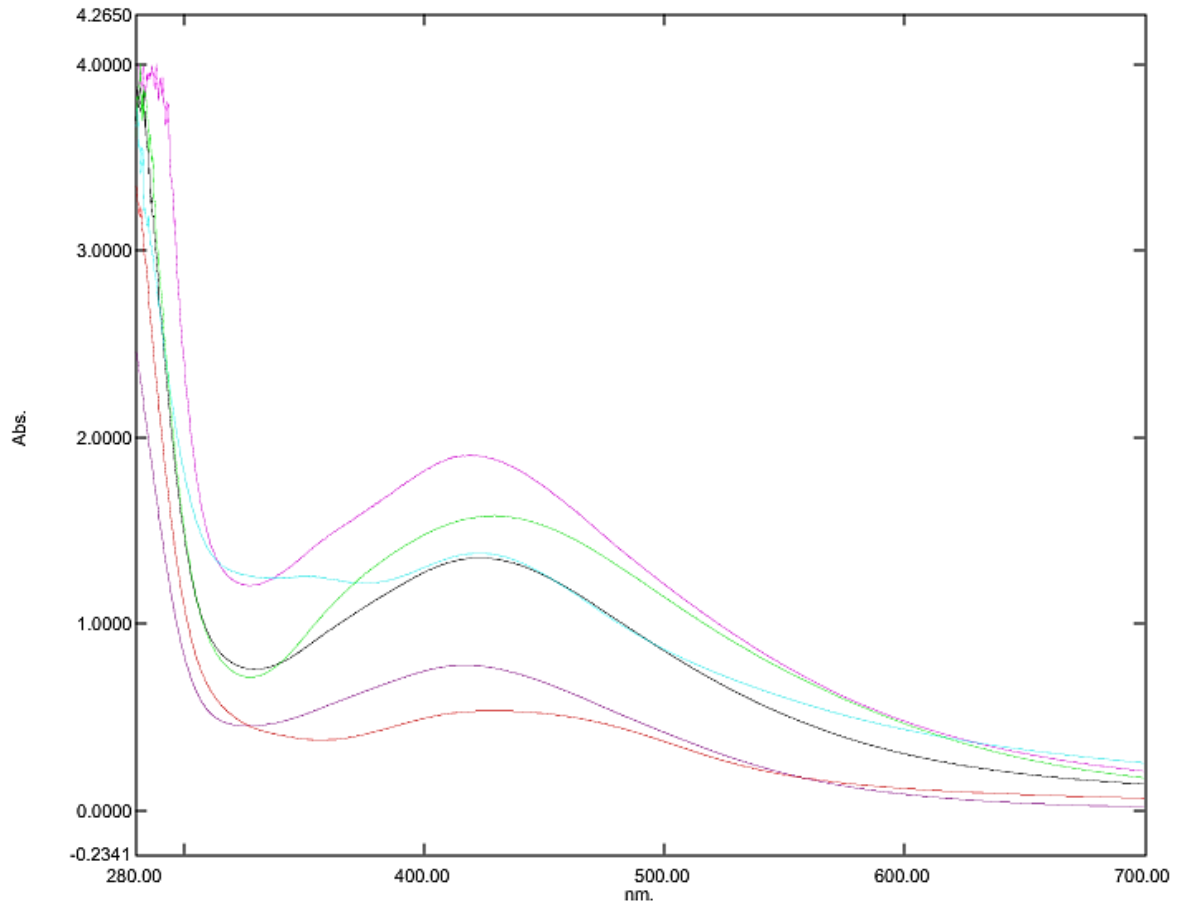
Anexo 9. Procedimiento síntesis de nanopartículas de Ag



Anexo 10. Procedimiento elaboración de apósitos



Anexo 11. Espectro UV vis de las nanopartículas sintetizadas con el BioNano Kit



Anexo 12. Actividad propuesta final

PROPUESTA FINAL

¡Aplica tus conocimientos!



🔍 TU MISIÓN COMO INVESTIGADOR

Selecciona el tipo de apósito más adecuado para el caso clínico de Marta, justificando tu elección con base en cada una de las actividades realizadas, así como los resultados y la información de interés presentadas a lo largo del proceso



✅ ¿QUÉ DEBE INCLUIR TU PROPUESTA FINAL?

Tipo de apósito elegido y su descripción

Justificación científica completa:
Propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, cicatrizantes
Evidencia de laboratorio y bibliografía utilizada
Mecanismo de acción de los componentes activos

Relación directa con el caso de Marta
¿Por qué es el más indicado para ella?
¿Cómo ayudaría a resolver los signos actuales de la herida?



Anexo 13. Rúbrica de validación mapa conceptual

Rúbrica de validación actividad “Comprensión del problema”

Daniela Alba Pérez

María Fernanda Cartagena Robles

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará apoyará el desarrollo del trabajo de grado titulado: **APÓSITOS BIOACTIVOS A PARTIR DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA CON EXTRACTO DE ORÉGANO: UNA PROPUESTA MICROCURRICULAR PARA EL FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS**, para optar por el título de Licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. A continuación, se presentan los objetivos del trabajo en mención:

General: Fortalecer competencias científicas en estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional a través de una propuesta microcurricular fundamentada en el aprendizaje basado en problemas centrado en la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata con extracto de orégano.

Específicos:

1. Identificar el estado inicial de las competencias científicas en los estudiantes empleando un instrumento diagnóstico
2. Diseñar e implementar una propuesta microcurricular enfocada en el ABP a través del estudio de los apósitos con nanopartículas de plata elaborados a partir de extracto de orégano.
3. Evaluar el impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas en los estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, mediante la implementación de instrumentos de evaluación que permitan identificar logros y desafíos

Datos del docente

Nombres y Apellidos	
Título de pregrado	
Título (s) de posgrado	
Programa en el que labora actualmente	
Institución educativa y/o universitaria	
Lugar de ubicación de la institución	
Correo de contacto	

Experiencia docente

Años totales de experiencia profesional	
Años de experiencia docente	
Otro tipo de experiencia docente	

La actividad propuesta busca que los estudiantes elaboren un mapa conceptual de manera individual a partir del análisis del artículo "*Antimicrobial wound dressings: a concise review for clinicians*". Deberán organizar y jerarquizar información clave sobre los procesos de síntesis de nanopartículas de plata, sus propiedades, los mecanismos antimicrobianos y funcionalidad de diferentes apósitos. El ejercicio además de fortalecer y evaluar la competencia científica de "Explicar fenómenos científicamente", pretende orientar a los estudiantes hacia la aplicación de dichos conocimientos en la resolución de un escenario clínico simulado, que demanda decisiones argumentadas frente al uso de apósitos en el tratamiento de heridas.

Se solicita, por tanto, asignar un puntaje a cada indicador teniendo en cuenta la escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo de cumplimiento y 5 el más alto. La escala puede aplicarse con flexibilidad, permitiendo el uso de valores decimales si se considera pertinente. Además de la calificación cuantitativa, es importante registrar

observaciones que describan de manera argumentada la valoración asignada, aportando elementos que orienten a posibles ajustes y oportunidades de mejora en el instrumento.

El instrumento se encuentra en el siguiente enlace en la sección de actividades: *Comprensión del problema*

<https://danielaalbaperez44.wixsite.com/ayuda-a-los-cient-2>

Competencia	Indicadores	Nivel de cumplimiento	Observaciones
Explicar fenómenos científicos	El artículo seleccionado obedece a los temas establecidos y contribuye a la comprensión del problema de estudio		
	El instrumento exige al estudiante la comprensión, el análisis, la comparación y la explicación de fenómenos científicos		
	La actividad genera evidencias relevantes que permiten valorar la competencia, exigiendo al estudiante no solo reconocer conceptos, sino también establecer relaciones causales y explicativas.		
	La actividad propuesta orienta al estudiante a organizar y simplificar información compleja, estableciendo conexiones jerárquicas y significativas entre conceptos		
	El instrumento planteado permite identificar diferentes niveles de desempeño, desde aproximaciones iniciales hasta explicaciones científicas fundamentadas		
Observaciones generales:			

Anexo 14. Rúbrica de validación informe de laboratorio

Rúbrica de validación actividad “Experimentación”

Daniela Alba Pérez

María Fernanda Cartagena Robles

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará apoyará el desarrollo del trabajo de grado titulado: **APÓSITOS BIOACTIVOS A PARTIR DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA CON EXTRACTO DE ORÉGANO: UNA PROPUESTA MICROCURRICULAR PARA EL FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS**, para optar por el título de Licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. A continuación, se presentan los objetivos del trabajo en mención:

General: Fortalecer competencias científicas en estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional a través de una propuesta microcurricular fundamentada en el aprendizaje basado en problemas centrado en la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata con extracto de orégano.

Específicos:

1. Identificar el estado inicial de las competencias científicas en los estudiantes empleando un instrumento diagnóstico
2. Diseñar e implementar una propuesta microcurricular enfocada en el ABP a través del estudio de los apósitos con nanopartículas de plata elaborados a partir de extracto de orégano.
3. Evaluar el impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas en los estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, mediante la implementación de instrumentos de evaluación que permitan identificar logros y desafíos

Datos del docente

Nombres y Apellidos	
Título de pregrado	
Título (s) de posgrado	
Programa en el que labora actualmente	
Institución educativa y/o universitaria	
Lugar de ubicación de la institución	
Correo de contacto	

Experiencia docente

Años totales de experiencia profesional	
Años de experiencia docente	
Otro tipo de experiencia docente	

La actividad propuesta busca que los estudiantes en grupos elaboren un informe de laboratorio de acuerdo con la estructura de la revista ION luego de realizadas dos prácticas de laboratorio orientadas a la caracterización fitoquímica del aceite esencial de orégano y la confirmación de la síntesis de nanopartículas de plata con extracto de orégano a través de la herramienta didáctica **BioNano Kit** creada por las autoras. Mediante este instrumento deberán analizar e interpretar los datos experimentales obtenidos y generar conclusiones respaldadas por la evidencia y el conocimiento científicos, además de relacionar sus observaciones y deducciones con el problema de estudio. El ejercicio no solo busca fortalecer sino también evaluar la competencia científica de “Construir y evaluar diseños para la indagación científica e interpretar datos y pruebas científicas de manera crítica.”, pretende orientar a los estudiantes hacia la aplicación de dichos conocimientos en la resolución de un escenario clínico simulado, que demanda decisiones argumentadas frente al uso de apósitos en el tratamiento de heridas.

Se solicita, por tanto, asignar un puntaje a cada indicador teniendo en cuenta la escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo de cumplimiento y 5 el más alto. La escala puede aplicarse con flexibilidad, permitiendo el uso de valores decimales si se considera pertinente. Además de la calificación cuantitativa, es importante registrar observaciones que describan de manera argumentada la valoración asignada, aportando elementos que orienten a posibles ajustes y oportunidades de mejora en el instrumento.

El instrumento se encuentra en el siguiente enlace en la sección de actividades: *Experimentación*

<https://danielaalbaperez44.wixsite.com/ayuda-a-los-cient-2>

Competencia	Indicadores	Nivel de cumplimiento	Observaciones
	Las prácticas de laboratorio son pertinentes de acuerdo con el problema de estudio.		
	El instrumento permite evaluar la capacidad de los estudiantes para interpretar datos y extraer conclusiones de prácticas experimentales		
	La propuesta permite valorar la capacidad de los estudiantes		

Construir y evaluar diseños para la indagación científica e interpretar datos y pruebas científicas de manera crítica.	para contrastar datos obtenidos experimentalmente con hipótesis o expectativas iniciales, fortaleciendo su razonamiento crítico.		
	El instrumento constituye un medio válido para valorar el uso de literatura especializada y de fuentes científicas, empleadas para respaldar las interpretaciones y dar solidez académica a las conclusiones presentadas		
	La actividad favorece la identificación de relaciones entre variables experimentales, permitiendo evaluar si los estudiantes son capaces de reconocer patrones, tendencias o discrepancias en los resultados obtenidos.		
Observaciones generales:			

Anexo 15. Rúbrica de validación actividad propuesta final

Rúbrica de validación actividad “Propuesta final”

Daniela Alba Pérez

María Fernanda Cartagena Robles

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará apoyará el desarrollo del trabajo de grado titulado: **APÓSITOS BIOACTIVOS A PARTIR DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA CON EXTRACTO DE ORÉGANO: UNA PROPUESTA MICROCURRICULAR PARA EL FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS**, para optar por el título de Licenciado en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. A continuación, se presentan los objetivos del trabajo en mención:

General: Fortalecer competencias científicas en estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional a través de una propuesta microcurricular fundamentada en el

aprendizaje basado en problemas centrado en la elaboración de apósitos a partir de nanopartículas de plata con extracto de orégano.

Específicos:

1. Identificar el estado inicial de las competencias científicas en los estudiantes empleando un instrumento diagnóstico
2. Diseñar e implementar una propuesta microcurricular enfocada en el ABP a través del estudio de los apósitos con nanopartículas de plata elaborados a partir de extracto de orégano.
3. Evaluar el impacto de la propuesta microcurricular en el fortalecimiento de las competencias científicas en los estudiantes del ciclo de profundización del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, mediante la implementación de instrumentos de evaluación que permitan identificar logros y desafíos

Datos del docente

Nombres y Apellidos	
Título de pregrado	
Título (s) de posgrado	
Programa en el que labora actualmente	
Institución educativa y/o universitaria	
Lugar de ubicación de la institución	
Correo de contacto	

Experiencia docente

Años totales de experiencia profesional	
Años de experiencia docente	
Otro tipo de experiencia docente	

La actividad final está orientada a que los estudiantes presenten y defiendan, mediante una presentación, la propuesta de un apósito bioactivo elaborada a lo largo del proceso formativo. En este espacio deberán comunicar con claridad los fundamentos científicos que respaldan su elección, demostrando capacidad para argumentar de manera rigurosa sobre las propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y cicatrizantes, así como sobre los mecanismos de acción de los compuestos implicados.

El ejercicio busca fortalecer y evaluar la competencia de “Consultar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y actuar”, de modo que los estudiantes integren la información revisada, valoren críticamente las alternativas disponibles y justifiquen su decisión frente a un escenario clínico simulado. Con ello se quiere que en el estudiante no solo se promueva el dominio conceptual, sino también la capacidad de responder con pertinencia a problemáticas reales que demandan soluciones innovadoras y fundamentadas en la evidencia.

Se solicita, por tanto, asignar un puntaje a cada indicador teniendo en cuenta la escala de 1 a 5, donde 1 representa el nivel más bajo de cumplimiento y 5 el más alto. La escala puede aplicarse con flexibilidad, permitiendo el uso de valores decimales si se considera pertinente. Además de la calificación cuantitativa, es importante registrar observaciones que describan de manera argumentada la valoración asignada, aportando elementos que orienten a posibles ajustes y oportunidades de mejora en el instrumento.

El instrumento se encuentra en el siguiente enlace en la sección de actividades: *Propuesta final*

<https://danielaalbaperez44.wixsite.com/ayuda-a-los-cient-2>

Competencia	Indicadores	Nivel de cumplimiento	Observaciones
Consultar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y actuar	La actividad propuesta promueve la toma de decisiones fundamentada en evidencia científica, fomentando la consulta en diferentes fuentes de información, la evaluación de su pertinencia y el uso del conocimiento para el planteamiento de soluciones alternativas sustentadas en criterios científicos.		
	La actividad supone un instrumento apto para valorar la capacidad de los estudiantes para construir argumentos respaldados por bases científicas, resolver problemas, justificar decisiones y evaluar información de múltiples fuentes.		
	El instrumento fomenta la discusión y el debate, promoviendo la consolidación de argumentos científicos y el análisis crítico.		
	La actividad garantiza la		

	pertinencia académica al exigir que los estudiantes integren conocimientos teóricos, metodológicos y aplicados en la defensa de su propuesta, asegurando coherencia entre la información consultada y las decisiones presentadas		
	La dinámica de la actividad se constituye en un medio idóneo para evidenciar la capacidad de los estudiantes de comunicar con claridad, precisión y rigor científico los fundamentos de su propuesta		
Observaciones generales:			

Anexo 16. Rúbrica de evaluación mapa conceptual

COMPETENCIA	Bajo 2	Básico 3	Alto 4	Superior 5
Explicar fenómenos científicamente	Presenta un mapa conceptual desorganizado, sin una estructura jerárquica clara y compleja, y de difícil lectura.	Presenta un mapa conceptual organizado, sin estructura jerárquica lo que dificulta su lectura.	Presenta un mapa conceptual organizado, de fácil lectura con estructura jerárquica clara, pero sencilla.	Presenta un mapa conceptual organizado, con una estructura jerárquica clara y compleja, de fácil lectura.
	Incluye de manera imprecisa los mecanismos antimicrobianos en relación con la funcionalidad del apósito.	Incluye los mecanismos antimicrobianos, pero no describe su importancia en la funcionalidad del apósito.	Incluye los mecanismos antimicrobianos y escribe de manera confusa su relación con la funcionalidad del apósito	Incluye de manera precisa los mecanismos antimicrobianos en contexto con la funcionalidad del apósito.
	No analiza rigurosamente implicaciones asociadas al tratamiento de heridas, ni presenta	Analiza brevemente las implicaciones asociadas al tratamiento de heridas, sin presentar respaldo científico.	Analiza las implicaciones asociadas al tratamiento de heridas, presentando algunas	Analiza rigurosamente implicaciones asociadas al tratamiento de heridas, presentando

	afirmaciones con respaldo científico.		afirmaciones con respaldo científico.	afirmaciones con respaldo científico.
	No elabora explicaciones en relación con las propiedades antimicrobianas de los apósitos, ni justifica de forma precisa sus principios activos y sus usos.	Elabora explicaciones ambiguas en relación con los principios activos de los apósitos y sus propiedades antimicrobianas	Elabora explicaciones claras en relación con las propiedades antimicrobianas de los apósitos, justificado de forma parcial en sus principios activos y sus usos.	Elabora explicaciones claras en relación con las propiedades antimicrobianas de los apósitos, justificado de forma precisa en sus principios activos y sus usos.
	No relaciona de forma clara y precisa el problema de estudio con las propiedades de los apósitos, ni analiza a profundidad sus ventajas y desventajas.	Analiza las ventajas y desventajas de los apósitos, pero no relaciona el problema de estudio con las propiedades de los apósitos.	Relaciona de forma vaga el problema de estudio con las propiedades de los apósitos y analiza sus ventajas y desventajas	Relaciona de forma clara y precisa el problema de estudio con las propiedades de los apósitos, analizando a profundidad sus ventajas y desventajas.

Anexo 17. Rúbrica de evaluación informe de laboratorio

COMPETENCIA	Bajo 2	Básico 3	Alto 4	Superior 5
Interpretar datos y evidencias científicas de manera crítica	<p>No Presenta los ítems del informe y de forma organizada de acuerdo con el formato solicitado</p> <p>No presenta los resultados obtenidos en tablas y gráficas de manera organizada</p> <p>No interpreta los datos experimentales con errores sin establecer vínculos pertinentes entre variables y conceptos científicos</p>	<p>Presenta algunos ítems del informe, sin embargo, los presenta en un orden que no corresponde al formato solicitado</p> <p>Presenta algunos de los resultados obtenidos, aunque su organización no se presenta en tablas y gráficas</p> <p>Interpreta ligeramente los datos experimentales, sin establecer relaciones fundamentales entre variables y conceptos científicos.</p>	<p>Presenta todos los ítems del informe, no obstante, la organización coincide parcialmente con el formato solicitado</p> <p>Presenta todos los resultados obtenidos en tablas y gráficas de manera de manera confusa</p> <p>Interpreta los datos experimentales con precisión, estableciendo medianamente relaciones fundamentales entre variables y conceptos científicos.</p>	<p>Presenta todos los ítems del informe de forma organizada de acuerdo con el formato solicitado</p> <p>Presenta los resultados obtenidos en tablas y graficas de manera organizada.</p> <p>Interpreta los datos experimentales con rigor, estableciendo relaciones fundamentales entre variables y conceptos científicos.</p>

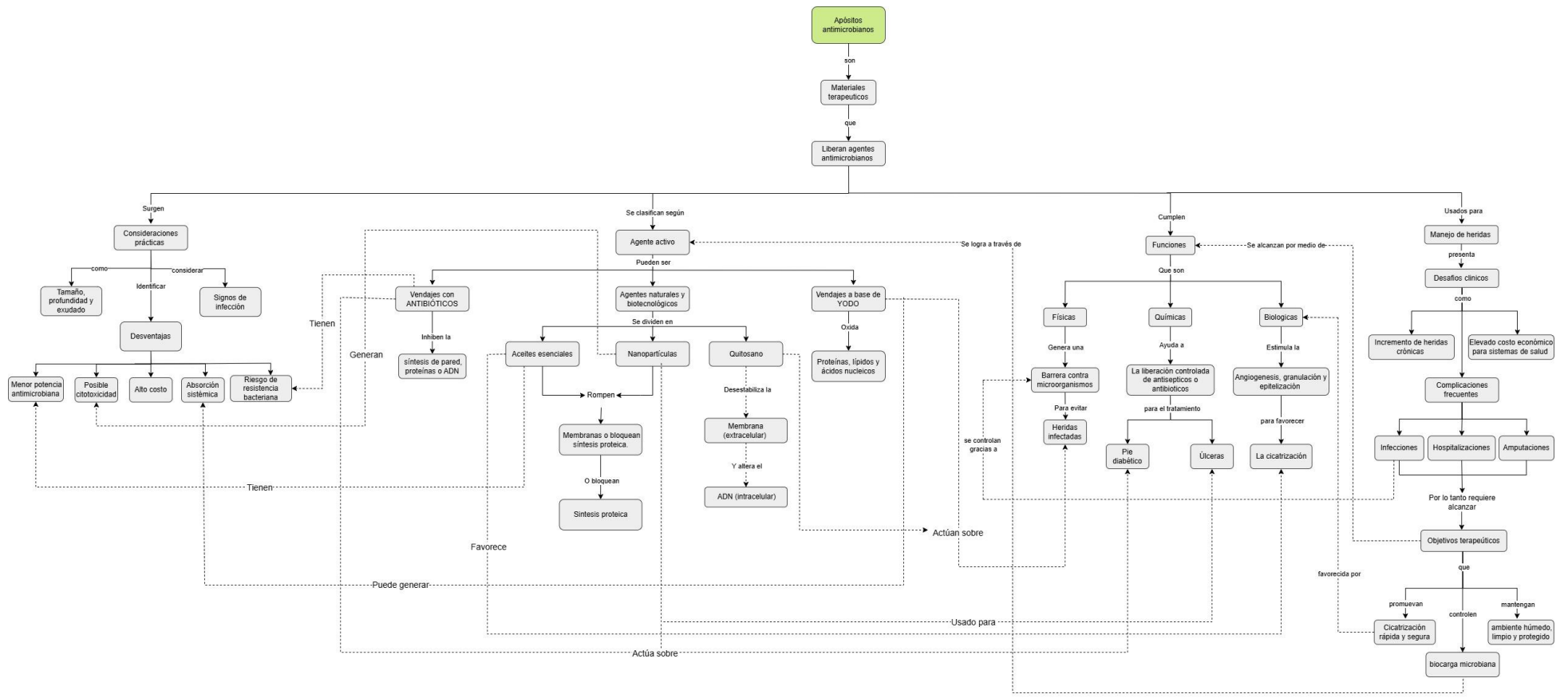
No formula conclusiones sin tener en cuenta la evidencia experimental y científica, además, no presenta coherencia con los objetivos planteados	Formula conclusiones sin tener en cuenta la evidencia experimental y científica, respondiendo de manera breve a los objetivos planteados.	Formula conclusiones sólidas que se sustentan a partir de evidencia experimental y científica, sin embargo, responde parcialmente a los objetivos planteados.	Formula conclusiones sólidas que se sustentan a partir de evidencia experimental y científica, respondiendo a los objetivos planteados.
No cita ni referencia de manera apropiada fuentes confiables para justificar el marco teórico y la discusión de resultados	Cita y referencia de manera inapropiada fuentes científicas y no las emplea para sustentar el marco teórico y la discusión de los resultados.	Cita y referencia de manera adecuada fuentes científicas, pero las utiliza relativamente para sustentar el marco teórico y la discusión de los resultados.	Cita y referencia de manera adecuada fuentes científicas para sustentar el marco teórico y la discusión de los resultados.
No asocia los resultados obtenidos, los análisis y las conclusiones con el problema de estudio, formulando hipótesis.	Asocia algunos de los resultados, análisis y las conclusiones con el problema de estudio, sin lograr formular hipótesis.	Asocia los resultados obtenidos, los análisis y las conclusiones con el problema de estudio, formulando hipótesis en cierta medida coherentes	Asocia los resultados obtenidos, los análisis y las conclusiones con el problema de estudio, formulando hipótesis.

Anexo 18. Rúbrica de evaluación propuesta final

COMPETENCIA	Bajo 2	Básico 3	Alto 4	Superior 5
Investigar, evaluar y utilizar información científica para la toma de decisiones y la acción	No justifica la elección del apósito en función de los conocimientos previos y resultados experimentales, ni articula dichos hallazgos con los objetivos del caso	Justifica la elección del apósito en función de los conocimientos previos y resultados experimentales, pese a ello, no los articula con los objetivos del caso	Justifica la elección del apósito en función de los conocimientos previos y resultados experimentales, articulando parcialmente dichos hallazgos con los objetivos del caso, demostrando criterio científico.	Justifica la elección del apósito en función de los conocimientos previos y resultados experimentales, articulando dichos hallazgos con los objetivos del caso, demostrando criterio científico.

No establece conexiones entre los aprendizajes obtenidos en cada actividad y la funcionalidad del apósito seleccionado.	Establece conexiones poco profundas entre los aprendizajes obtenidos en cada actividad y la funcionalidad del apósito seleccionado.	Establece conexiones incompletas entre los aprendizajes obtenidos en cada actividad y la funcionalidad del apósito seleccionado, sin embargo, muestra criterio en la toma de decisiones.	Establece conexiones entre los aprendizajes obtenidos en cada actividad y la funcionalidad del apósito seleccionado, asimismo, muestra criterio en la toma de decisiones.
No expresa con claridad los argumentos y no tiene en cuenta información científica para respaldar la elección del apósito.	Expresa con dificultad los argumentos y no tiene en cuenta información científica para respaldar la elección del apósito.	Expresa con claridad los argumentos, no obstante, la información científica para respaldar la elección del apósito es poco rigurosa.	Expresa con claridad los argumentos y tiene en cuenta información científica para respaldar la elección del apósito.
No analiza las ventajas y desventajas del apósito seleccionado frente a otras alternativas	Analiza de manera superficial algunas ventajas y desventajas del apósito seleccionado sin comparar frente a otras alternativas	Analiza ventajas y desventajas del apósito seleccionado frente a otras alternativas. Sin embargo, omite su aplicación	Analiza de manera crítica las ventajas y desventajas del apósito seleccionado frente a otras alternativas, considerando su adecuación al caso desde una perspectiva científica y contextual.
Construye argumentos inconsistentes para justificar sus decisiones, sin basarse en evidencia científica y fuentes bibliográficas.	Construye argumentos sencillos para justificar sus decisiones, asimismo, no los respalda con evidencia científica y fuentes bibliográficas.	Construye argumentos sólidos para justificar sus decisiones, aunque los respalda con evidencia científica y fuentes bibliográficas limitadas.	Construye argumentos sólidos para justificar sus decisiones, respaldados en evidencia científica y en múltiples fuentes bibliográficas.
No evalúa la evidencia científica, el tipo de herida y las propiedades del material para seleccionar el tipo de apósito	Evalúa parcialmente la evidencia científica, para seleccionar el tipo de apósito, sin embargo, no tiene en cuenta el tipo de herida y las propiedades del material	Evalúa teniendo en cuenta la evidencia científica, la pertinencia del apósito seleccionado de acuerdo con el tipo de herida, pero no considera las propiedades del material	Evalúa teniendo en cuenta la evidencia científica, la pertinencia del apósito seleccionado de acuerdo con el tipo de herida y las propiedades del material

Anexo 19. Mapa conceptual de referencia



Anexo 20. Matriz evaluativa del mapa conceptual

Categoría	Puntaje
Número de conceptos propuestos utilizados (NCPU)	NCPU*2
Número de conceptos propuestos validados (NCPV)	NCPV*4
Valoración jerárquica (VJ)	VJ*1
Número de proposiciones validas (NPV)	NPV*4
Número de relaciones cruzadas válidas (NRCV)	NRCV*4
Número de conceptos nuevos válidos (NCNV)	NCNV*2
Número de proposiciones erradas (NPE)	NPE*-4
Puntaje total (PT)	$PT = \sum P_n$
Puntaje total de referencia (PTR)	PTR
Valoración (V)	$V = PT * 10 / PTR$
Valoración asignada según rango (VA)	VA

Nota: Tomada de *Estilos de aprendizaje y enseñanza de la química: el aula como un sistema cuantizable* (p. 183), por R. Rodríguez, 2021, Universidad Pedagógica Nacional

Anexo 21. Valoraciones dadas a los mapas conceptuales de los estudiantes

Estudiante	Puntaje NCPU	Puntaje NCPV	Puntaje VJ	Puntaje NPV	Puntaje NRCV	Puntaje NCNV	Puntaje NPE	Puntaje total (PT)	V	Valor (VA)
1	38	76	2	60	0	16	0	192	5,0	3
2	32	64	2	72	0	24	0	194	5,1	3
3	42	80	2	48	0	56	0	228	6,0	3
4	42	84	3	96	0	42	0	267	7,0	4
5	34	68	2	68	0	24	0	196	5,1	3
6	42	84	4	136	0	36	-12	290	7,6	4
7	18	36	2	32	0	14	0	102	2,7	2
9	18	36	2	16	0	20	0	92	2,4	2
11	34	68	2	64	0	26	0	194	5,1	3
13	34	68	2	60	0	30	0	194	5,1	3
14	38	72	2	52	0	64	0	228	6,0	3
15	40	80	5	140	0	54	0	319	8,4	5
16	36	72	5	128	0	34	-20	255	6,7	3
17	40	80	3	92	0	34	0	249	6,5	3
18	26	52	3	0	0	30	-4	107	2,8	2
19	38	76	3	112	0	38	0	267	7,0	4
20	38	76	4	100	0	38	-20	236	6,2	3
21	34	68	2	80	0	20	0	204	5,4	3
22	42	84	5	132	0	36	0	299	7,8	4
23	12	24	2	0	0	14	0	52	1,4	2

Anexo 22. Guía de practica de laboratorio 1: Identificación cualitativa de metabolitos secundarios del extracto de orégano

Práctica de Laboratorio 1

Identificación cualitativa de metabolitos secundarios en el extracto de orégano (*Origanum vulgare*)

Objetivo

Determinar la presencia de metabolitos secundarios en el extracto de orégano mediante reacciones colorimétricas

Fundamento teórico

Los aceites esenciales son mezclas complejas de mas de 50 compuestos responsables de su aroma y sabor denominados metabolitos secundarios. Estas sustancias son producidas por las plantas y pese a que no cumplen con una función vital, constituyen una parte importante del sistema de defensa contra agentes patógenos y contra el estrés del ambiente (Yang et al., 2018). En la actualidad, los metabolitos secundarios de las plantas componen una amplia gama de productos naturales debido a sus múltiples aplicaciones terapéuticas pues de acuerdo con Mohammed et al., (2024) recientemente se ha descubierto que productos como los aceites esenciales poseen diversos efectos biológicos, como anticancerígenos, antimicrobianos, antiinflamatorios, antioxidantes y analgésicos.

En este sentido, la determinación cualitativa de dichas sustancias, particularmente las de interés farmacéutico como los alcaloides, flavonoides, compuestos fenólicos, entre otros; puede realizarse mediante análisis fitoquímicos que incluyen una secuencia de procedimientos simples en los cuales se recurre a ensayos de coloración con diferentes reactivos químicos.

Materiales	Reactivos	
Vaso de precipitado	Extracto de orégano	Ácido nítrico
Tubos de ensayo	Etanol	Ácido sulfúrico
Gradillas	Reactivo de Dragendorff	Ácido clorhídrico
Pipeta pasteur	Reactivo de Mayer	Tricloruro de hierro
Vidriode reloj	Reactivo de Molish	Magnesio
Plancha de calentamiento	Reactivo de Benedict	

Nota: Elaboración propia

Determinación de alcaloides

Ensayo de Dragendorff

1. Agregar 4 gotas del extracto de orégano

2. Agregar 1 mL de etanol

3. Agregar 5 gotas de reactivo de Dragendorff

4. Prueba positiva: Formación de placa de precipitado rojo, marrón o anaranjada

Ensayo de Mayer

1. Agregar 4 gotas del extracto de orégano

2. Agregar 0.5 mL de H_2SO_4 o HCl

3. Agregar 5 gotas de reactivo de Mayer

4. Prueba positiva: Formación de precipitado blanco

Determinación de flavonoides

Ensayo de Shinoda

1. Agregar 4 gotas del extracto de orégano

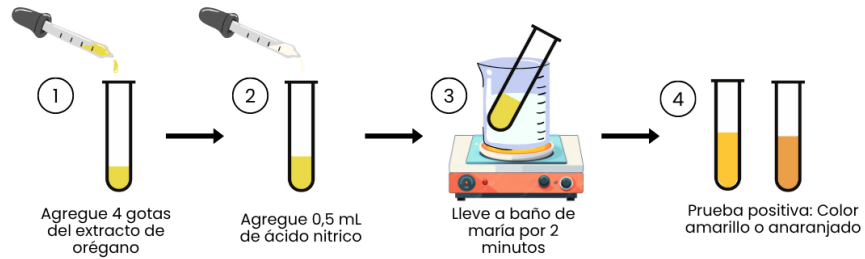
2. Agregar 1 trozo pequeño de magnesio

3. Agregar 5 gotas de HCl

4. Prueba positiva: Puede ser de color rojo, rosado anaranjado o violeta

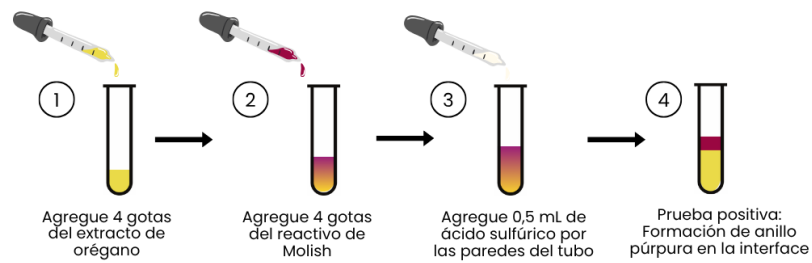
Determinación de aminoácidos libres

Ensayo xantoproteica



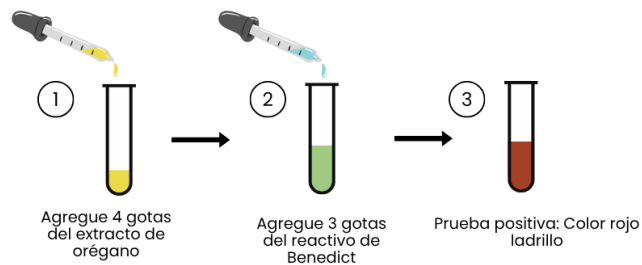
Determinación de carbohidratos

Ensayo de Molish



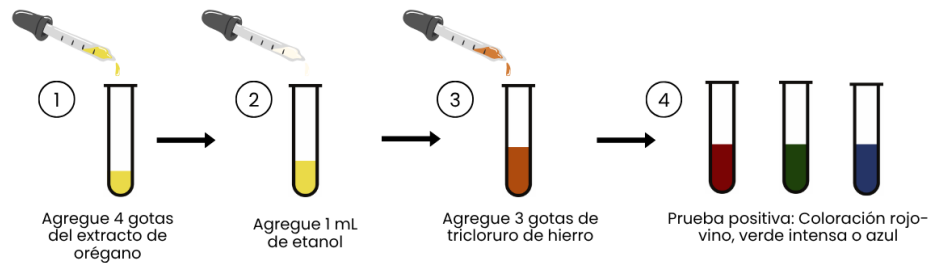
Determinación de azúcares reductores

Ensayo de Benedict



Determinación de fenoles

Ensayo FeCl_3



Precauciones y normas de seguridad

- Usar guantes, gafas de seguridad y bata de laboratorio
- Manipular los reactivos con cuidado en campana de extracción
- Desechar los residuos conforme a las normas de manejo de sustancias orgánicas e inorgánicas del laboratorio
- No contaminar los reactivos

Referencias bibliográficas

Mohammed, H. A., Sulaiman, G. M., Khan, R. A., Al-Saffar, A. Z., Mohsin, M. H., Albukhaty, S., & Ismail, A. (2024). Essential oils pharmacological activity: Chemical markers, biogenesis, plant sources, and commercial products. *Process Biochemistry*, 144, 112-132.

Yang, L., Wen, K. S., Ruan, X., Zhao, Y. X., Wei, F., & Wang, Q. (2018). Response of Plant Secondary Metabolites to Environmental Factors. *Molecules* (Basel, Switzerland), 23(4), 762. <https://doi.org/10.3390/molecules23040762>

Anexo 23. Manual del BioNano Kit




Introducción

El uso de nanopartículas ha cobrado gran relevancia en contextos científicos y tecnológicos por su eficacia como agente antimicrobiano. El BioNano Kit surge como un recurso experimental para llevar el conocimiento al aula y permitir que los estudiantes a través de la práctica exploren, comprendan y apliquen conceptos de la nanotecnología, para el fortalecimiento de competencias científicas.







Objetivo


El BioNano Kit se elaboró con el fin de facilitar la confirmación cualitativa de nanopartículas de plata (AgNPs) mediante la síntesis verde, empleando aceite esencial rico en compuestos fenólicos. Además, permite evidenciar la formación de nanopartículas de plata a través del cambio visible en la coloración de la solución.



Componentes del BioNano Kit

Materiales

Cantidad	Material
1	 Beaker
2	 Goteros
1	 Gradilla
1	 Guantes
1	 Papel tornasol
1	 Tubo de ensayo



Componentes del BioNano Kit

Reactivos

Cantidad	Reactivo
2 mL	Aceite esencial de orégano
5 mL	Acetona ($\text{CH}_3(\text{CO})\text{CH}_3$)
5 mL	Hidróxido de sodio (NaOH)
5 mL	Nitrato de plata (AgNO_3)

Nota. Además de los materiales y reactivos el kit incluye manual de instrucciones y fichas de seguridad de los reactivos



Procedimiento

Parte 1: Ajuste de pH

1. Agregue 3 mL de AgNO_3 .

2. Agregue una gota de NaOH y agite.

3. Verifique con una tira de papel tornasol, pH en 8 aproximadamente.

Parte 2: Confirmación de AgNPs

4. Agregue 3 o 4 gotas del aceite esencial de orégano.

5. Agregue 1 mL de acetona.

6. Agregue 3 mL Nitrato de plata con el pH ajustado previamente y deje actuar por 10 minutos.

Cambio de coloración a marrón es **positivo** para presencia de nanopartículas de plata



Recomendaciones de seguridad



Use siempre los elementos de protección personal: bata, guantes y gafas de seguridad

No ingerir ni inhalar los reactivos: Evite el contacto directo con los reactivos



En caso de exposición ocular, lávese inmediatamente los ojos con abundante agua

Realice la práctica en un lugar ventilado: Evite la acumulación de vapores.



Disposición de los residuos

¡Evita hacer esto!

- 1 Verter los reactivos en el lavadero, inodoro o fuentes de agua.
- 2 Tirar materiales contaminados directamente a la cesta común

¡Hazlo de esta forma!

- 1 Consultar los colectores de residuos químicos
- 2 Desechar los residuos de acuerdo con las especificaciones de los colectores
- 3 Los residuos sólidos contaminados deben desecharse en una bolsa especial rotulada



Información importante

¿Qué son las nanopartículas?

Las nanopartículas (NPs) son estructuras materiales con dimensiones entre 1 y 100 nanómetros (nm). A esa escala, los materiales presentan propiedades físicas, químicas y biológicas diferentes a las que tienen en su forma macroscópica. Por ejemplo, las nanopartículas de plata (AgNPs) tienen alta actividad antimicrobiana, debido a su elevada superficie específica y capacidad de liberar iones Ag⁺.

¿Usos de las nanopartículas?

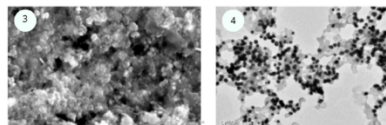
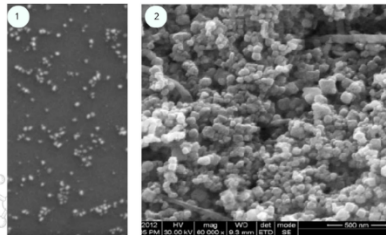
Campo	Aplicación común
Medicina	Recubrimiento de heridas, liberación controlada de fármacos
Electrónica	Sensores, pantallas, dispositivos de almacenamiento
Ambiente	Eliminación de contaminantes, desinfección de aguas
Alimentos	Conservación y embalajes activos
Textiles	Ropa con propiedades antimicrobianas

Nota: Elaboración propia



¿Te imaginas que una planta puede ayudar a fabricar materiales tan pequeños que no se ven ni con un microscopio común?

A continuación, podrás ver nanopartículas sintetizadas con extractos vegetales a través de imágenes tomadas con microscopía electrónica.



(1) Extracto de orégano. (2) Extracto de albahaca. (3) Extracto de Nerium indicum. (4) Aceite esencial de orégano.



¿Sabías qué?

- ¿Una nanopartícula de plata puede tener un tamaño 1000 veces más pequeño que el grosor de un cabello humano?
- ¿El orégano contiene compuestos como el carvacrol y el timol que pueden reducir iones de plata y formar nanopartículas sin necesidad de químicos tóxicos?
- ¿Las nanopartículas de plata son capaces de eliminar bacterias resistentes a los antibióticos?
- ¿Las AgNPs se usan en filtros de agua para eliminar microorganismos patógenos?
- ¿Algunas marcas de ropa deportiva y médica usan nanopartículas de plata para evitar malos olores y prevenir infecciones?
- ¿La síntesis verde con plantas como orégano, té verde o cúrcuma evita el uso de disolventes orgánicos peligrosos como el tolueno o el etilenglicol?



Glosario

Aceite esencial: Extracto obtenido de plantas compuesto por metabolitos secundarios responsables del olor y sabor característicos.

Agente estabilizante: Sustancia química que se adhiere a la superficie de las nanopartículas evitando su aglomeración.

Agente reductor: Sustancia química que reduce los iones Ag⁺ a su forma metálica elemental Ag⁰.

Antimicrobiano: Especie que inhibe el crecimiento de bacterias, hongos o virus.

Carvacrol: Compuesto fenólico presente en el orégano, con propiedades antimicrobianas y antioxidantes, actúa como agente reductor natural en la síntesis de AgNPs.

Compuestos fenólicos: Metabolitos secundarios que contienen grupos hidroxilo (-OH) unidos a un anillo aromático.

Metabolitos secundarios: Sustancias producidas por algunos seres vivos, que no cumple ninguna función vital pero con la importante función de servir como defensa contra los depredadores.

Nanopartículas: partículas pequeñas con diámetro generalmente entre 1 y 100 nanómetros.

Nanopartículas de plata (AgNPs): Partículas que exhiben propiedades únicas y diversos incluyendo efectos antimicrobianos, antioxidantes y catalíticos.

Nitrato de plata: Sal inorgánica fotosensible usada como precursor metálico en la síntesis de AgNPs.

Precursor metálico: Compuesto químico que es fuente de iones metálicos usado en la síntesis de AgNPs.

Síntesis verde: producción de materiales, especialmente nanopartículas, usando organismos o compuestos naturales.

Timol: Compuesto fenólico del orégano, similar al carvacrol, con efectos antisépticos y estabilizantes.



Bibliografía

Franci, G., Falanga, A., Galdiero, S., Palomba, L., Rai, M., Morelli, G., & Galdiero, M. (2015). Silver nanoparticles as potential antibacterial agents. *Molecules*, 20(5), 8856–8874. <https://doi.org/10.3390/molecules20058856>

Hambardzumyan, S., Sahakyan, N., Petrosyan, M., Nasim, M. J., Jacob, C., & Trchounian, A. (2020). Origanum vulgare L. extract-mediated synthesis of silver nanoparticles, their characterization and antibacterial activities. *AMB Express*, 10(1), 162.

Iravani, S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, 13(10), 2638–2650. <https://doi.org/10.1039/c1gc15386b>

Maciel, M. V. D. O. B., da Rosa Almeida, A., Machado, M. H., Elias, W. C., da Rosa, C. G., Teixeira, G. L., ... & Barreto, P. L. M. (2020). Green synthesis, characteristics and antimicrobial activity of silver nanoparticles mediated by essential oils as reducing agents. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 28, 101746.

Pradhan, N., Pal, A., & Pal, T. (2015). Silver nanoparticle-based smart polymer nanocomposites: Recent advances and future perspectives. *Journal of Materials Chemistry B*, 3(38), 7615–7630. <https://doi.org/10.1039/c5tb00884h>

Priya, M. M., Selvi, B. K., & Paul, J. A. (2011). Green synthesis of silver nanoparticles from the leaf extracts of *Euphorbia hirta* and *Nerium indicum*. *Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)*, 6(2).

Rai, M., Yadav, A., & Gade, A. (2012). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*, 27(1), 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.08.007>

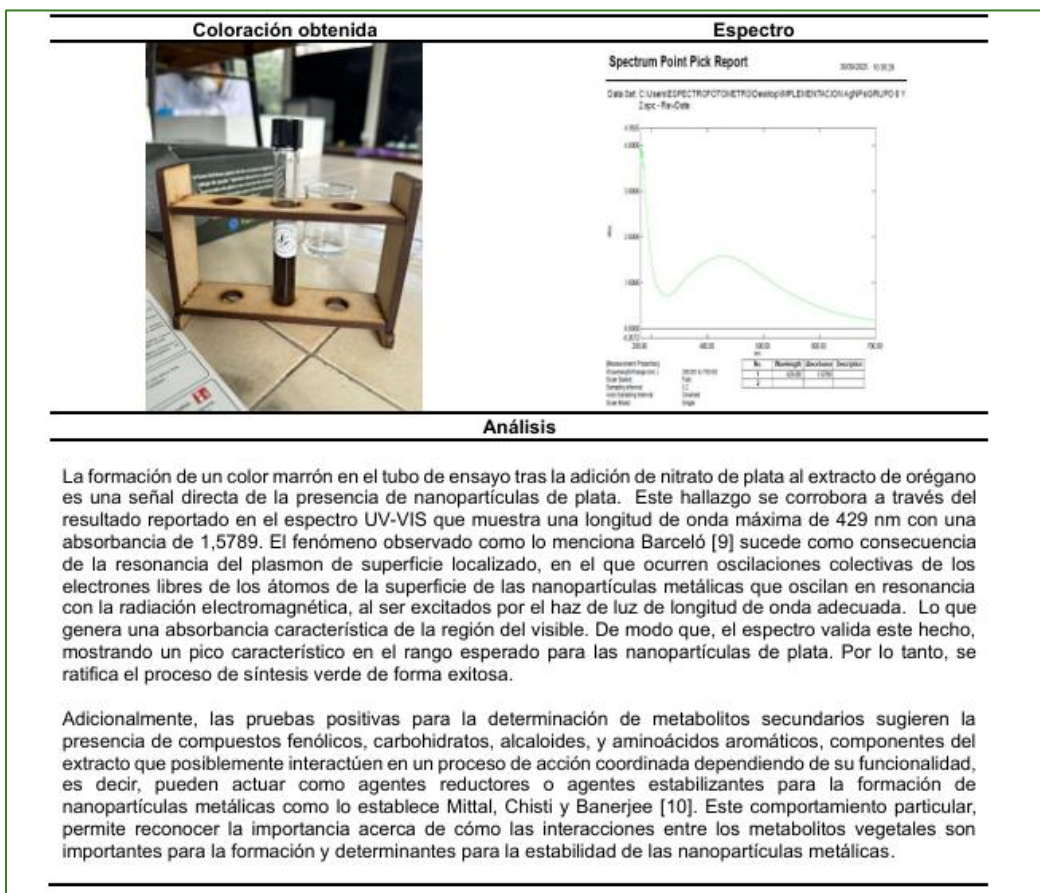
Vijaya, P. P., Rekha, B., Mathew, A. T., Syed Ali, M., Yogananth, N., Anuradha, V., & Kalitha Parveen, P. (2014). Antigenotoxic effect of green-synthesised silver nanoparticles from *Ocimum sanctum* leaf extract against cyclophosphamide induced genotoxicity in human lymphocytes—in vitro. *Applied Nanoscience*, 4(4), 415–420.



Anexo 24. Evidencias de la práctica de laboratorio



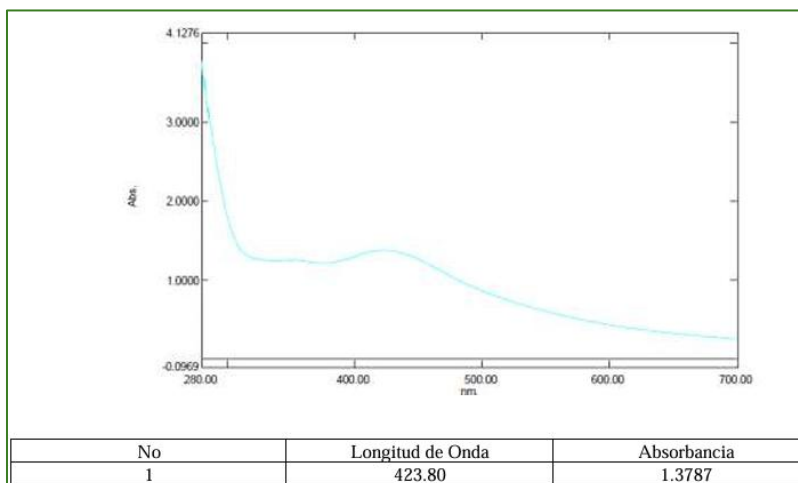
Anexo 25. Análisis del informe del grupo 4



Conclusiones

- La aplicación de reacciones colorimétricas permitió reconocer los principales metabolitos secundarios presentes en el aceite esencial de orégano. Particularmente, se identificaron alcaloides por la aparición de un color rojizo; aminoácidos aromáticos por la formación de una coloración amarilla-anaranjada; carbohidratos por la presencia de un anillo púrpura en la superficie y finalmente, los compuestos fenólicos por la formación de un color verde.
- La síntesis exitosa de nanopartículas de plata mediante el método verde, empleando aceite esencial de orégano, se confirma cualitativamente a través del cambio de color en la solución a marrón y se respalda por la aparición del pico característico evidenciado en el espectro UV con un valor de 429nm, y también, por la presencia de metabolitos secundarios dadas las pruebas positivas de las reacciones colorimétricas. Por su parte, el cambio en la coloración de la solución se evidencia desde la transición de un tono inicialmente transparente hasta su evolución a un marrón característico, lo cual en conjunto con el resultado del espectro UV constituye una evidencia directa de la presencia de nanopartículas de plata, asociado principalmente a la excitación del plasmon superficial de las nanopartículas metálicas.

Anexo 26. Análisis del informe del grupo 3



Los ensayos realizados en el primer laboratorio permitieron identificar la presencia de diversos grupos funcionales y metabolitos secundarios en la muestra vegetal analizada. A partir de los resultados obtenidos, se puede establecer un perfil químico preliminar que orienta futuras caracterizaciones y valoraciones bioquímicas.

En primer lugar, los ensayos de Dragendorff y Shinoda arrojaron resultados positivos, lo que indica la presencia de alcaloides y flavonoides, respectivamente. El ensayo de Dragendorff, basado en la formación de sales insolubles de tetrayodobismutato de amonio, mostró una coloración característica que confirma la existencia de aminas terciarias en la muestra (Heine et al., 2023; Ngibad, 2019). Por su parte, el ensayo de Shinoda evidenció la reducción de flavonoides en medio ácido con magnesio metálico, generando tonalidades rojizas que corroboran la presencia de compuestos fenólicos con actividad antioxidante (Yamamura & Nishiyama, 1991).

El ensayo de Mayer, aunque no se reportó resultado en la tabla, complementa la detección de alcaloides mediante la formación de complejos con tetraiodomercurato de potasio. La ausencia de resultado podría deberse a interferencias en la muestra o a una concentración insuficiente del metabolito (Parbuntari et al., 2018).

La prueba xantoproteica también fue positiva, lo que indica la presencia de aminoácidos aromáticos libres, como tirosina, triptófano o fenilalanina. La formación de xantoproteínas amarillas y su viraje a naranja en medio básico confirma la existencia de proteínas o péptidos con cadenas laterales aromáticas (El-Khateeb, 2020; Kamineni et al., 2016).

El barrido espectrofotométrico realizado a 423.80 nm con una absorbancia de 1.3787 sugiere una alta concentración de compuestos con cromóforos activos en esa región del espectro, posiblemente relacionados con flavonoides o fenoles conjugados. Este dato complementa los resultados cualitativos y permite proyectar futuras cuantificaciones.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten inferir que la muestra vegetal contiene una diversidad de metabolitos secundarios con potencial bioactivo, entre ellos alcaloides, flavonoides, fenoles, azúcares reductores y aminoácidos aromáticos. Esta caracterización preliminar sienta las bases para estudios posteriores de aislamiento, cuantificación y evaluación funcional.

Anexo 27. Evidencias presentación propuesta de apósito

