

**OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE PARA FORTALECER HABILIDADES
INVESTIGATIVAS EN AUXILIARES DE ENFERMERÍA EN EL CONTEXTO DE
LAS ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS**

Angélica Tatiana Ibáñez Martínez
Luz Ángela Román Poveda

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Licenciatura en Química
Bogotá D.C.
Mayo 2026

**OBJETO VIRTUAL DE APRENDIZAJE PARA FORTALECER HABILIDADES
INVESTIGATIVAS A AUXILIARES EN ENFERMERÍA EN EL CONTEXTO DE
LAS ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS**

Angélica Tatiana Ibáñez Martínez
Luz Ángela Román Poveda

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciadas en Química

Director

Rodrigo Rodríguez Cepeda
Químico, MBA, MSc, Dr.

Línea de investigación: Alimentómica y enseñanza de las ciencias

Semillero Chimeía

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Licenciatura en Química
Bogotá D.C.
Mayo 2026

Agradecimientos

A Dios, por darme la fortaleza necesaria para culminar este proceso, incluso en medio de los obstáculos que se presentaron al final del camino.

A mi mamá, por creer siempre en mí, por sus palabras de aliento cuando sentía que no podía más y por estar presente en cada etapa de mi vida. Gracias por acompañarme en cada madrugada al despedirse para ir a la universidad y por recordarme que todo saldrá bien. Por ser mi apoyo incondicional y motivarme a ser una mejor persona.

A mi hermana por ser mi refugio en los momentos más difíciles, por estar presente y enseñarme a no desfallecer.

A Julio, por su apoyo incondicional en los momentos difíciles y por apoyarme a ver la vida con un poco más de gracia.

A mis abuelitos Miryam y Carlos, por haber estado siempre presentes a lo largo de mi vida y porque gracias a ellos, hoy estoy donde estoy.

A Sebas, por escucharme en los momentos de desahogo durante los días más estresantes, por acompañarme en cada logro alcanzado en este trabajo de grado y por ser un apoyo constante en este proceso profesional y personal.

A Lucha, mi compañera y gran amiga que la carrera me regaló. Gracias por su dedicación, apoyo y entusiasmo, por cada tinto al salir del laboratorio y por nunca rendirse. Porque aunque el proceso fue exigente, me llevo una amistad invaluable. Gracias por hacer este camino más llevadero y por demostrar qué juntas somos imparables.

Angélica Tatiana Ibáñez Martínez

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí, por darme la fortaleza en los días difíciles y la luz para no perder el camino.

A Miguel, el amor de mi vida, por su apoyo incondicional en cada paso de este recorrido. Por ser mi paño de lágrimas cuando todo parecía difícil, por levantarme con sus palabras cuando ya no quería seguir y por celebrar conmigo cada pequeño logro. Este triunfo también es tuyo.

A mi papá, por creer en mí siempre, por sus consejos llenos de sabiduría y por enseñarme con su ejemplo que el esfuerzo y la constancia siempre valen la pena.

A mi mamá, por su amor infinito, por sus palabras de aliento en los momentos de cansancio y por enseñarme a no rendirme, incluso cuando el camino se vuelve pesado.

A mi hermana, por ser mi apoyo incondicional, por celebrar conmigo cada avance, por escucharme siempre y por sus oraciones que me sostuvieron desde la distancia.

A Tata, mi compañera y amiga. Gracias por permitirme culminar esta etapa a tu lado. Fue un honor compartir contigo no solo el trabajo, sino también las madrugadas, los cafés, las risas y los momentos de estrés. Gracias por tu disposición siempre, por tu escucha y por hacer que este camino fuera más ligero.

Luz Angela Román Poveda

A nuestro director, el profesor Rodrigo Rodríguez Cepeda, por su dedicación, su paciencia y la confianza depositada en nosotras. Gracias por compartir su vasto conocimiento, así como su tiempo, sus palabras de aliento y su guía en cada paso de este camino.

A los profesores Diego Blanco y Luis Alberto Castro, quienes hicieron parte fundamental de nuestra formación. Su ejemplo nos inspira a seguir construyendo camino en la docencia y la investigación.

A los laboratoristas Mercy, Martha, Johan y Andrés, por su disposición, su paciencia y su ayuda incondicional en cada práctica y procedimiento. Gracias por indagar con nosotras, por resolver nuestras dudas y por hacer que este trabajo pudiera culminar de la mejor manera.

A la señora Liliana, por su constante amabilidad y por cada tanto ofrecido con la mejor disposición, qué hizo más llevadera las jornadas de trabajo.

Angélica Tatiana Ibáñez Martínez y Luz Angela Román Poveda

Tabla de contenido

1. Introducción.....	12
2. Justificación.....	14
3. Planteamiento del problema.....	16
4. Objetivos.....	18
4.1 Objetivo General.....	18
4.2 Objetivos Específicos.....	18
5. Antecedentes.....	19
5.1. Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA).....	19
5.2. Integración de Contenidos Científicos Complejos en Entornos Virtuales de Aprendizaje.....	21
5.3. Habilidades Investigativas y Métodos Innovadores en Enfermería.....	22
5.4. Pedagogía Clínica para la Transferencia del Conocimiento.....	23
5.6. Disolventes Eutécticos Profundos Naturales (NADES).....	25
6. Referentes conceptuales.....	27
6.1 Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA).....	27
6.2 Habilidades Investigativas en Enfermería.....	28
6.3 Pedagogía Clínica.....	29
6.4 Enfermedad de Parkinson y Alfa-sinucleína.....	29
6.5. Cuerpos de Lewy.....	31
6.6. Mecanismo de Reacción de la Alfa-Sinucleína e Inhibidores.....	31
6.7. Disolventes Eutécticos Profundos Naturales (NADES).....	33
6.8. Curcumina como Estrategia Terapéutica en Enfermedades Neurodegenerativas.....	33
7. Metodología.....	35
7.1 Tipo de Estudio.....	35
7.2 Población.....	36
7.3 Formulación de Hipótesis.....	37
7.4. Fases de Investigación.....	38
7.4.1 Identificación de Habilidades Investigativas de Pensamiento Crítico e Interpretación.....	39
7.4.2 Diseño e Implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA).....	40
7.4.3 Análisis del Potencial Didáctico del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) y las Tendencias Observadas en el Grupo.....	41
7.4.3.1. Recolección y Sistematización de Datos.....	42
8. Resultados y Discusión.....	43
8.1 Identificación del Estado Inicial de las Habilidades Investigativas (Prueba de Entrada)	43

8.1.2 Estructura del Instrumento y Habilidades Evaluadas.....	44
8.1.3 Desempeño Global en la Prueba de Entrada.....	47
8.1.4 Análisis por Habilidad de la Prueba de Entrada.....	49
8.2. Diseño y Aplicación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA).....	57
8.2.1 Diseño del Objeto Virtual de Aprendizaje.....	57
8.2.1.1 Enfoque Didáctico y Organización de Contenidos.....	57
8.2.1.2 Diseño Tecnológico y Entorno Digital.....	61
8.2.1.3 Integración de Recursos Multimedia e Interactividad.....	62
8.2.1.4 Modulo 3: Preparación de la Fase Experimental.....	64
8.2.1.4.1 Extracción y Secado de la Cúrcuma Longa.....	64
8.2.1.4.2 Secado y Acondicionamiento de la Cúrcuma.....	64
8.2.1.4.3 Preparación del NADE y Extracción de Curcumina.....	65
8.2.1.4.4 Fundamentación de la Elección del NADES.....	67
8.2.1.4.5 Punto de fusión / punto de caramelización NADE.....	67
8.2.1.4.6 Marcha Fitoquímica del Extracto SynCurm.....	69
8.2.1.4.7 Caracterización del Extracto NADE SynCurm por Espectroscopia Infrarroja (IR).....	74
8.2.1.4.8 Caracterización del Extracto NADE SynCurm por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).....	81
8.2.1.4.9 Rendimiento del Extracto SynCurm.....	84
8.2.1.4.10 Ensayo In Silico.....	87
8.2.1.4.11 Herramienta Bioinformática DruLito.....	92
8.2.1.4.12 Elaboración del Kit SynCurm.....	93
8.2.2 Aplicación del OVA.....	96
8.2.2.1 Actividad “Time to Climb” – Cierre Módulo 1 (Nearpod).....	96
8.2.2.2 Actividad Tipo Semáforo – Módulo 2 (Wordwall).....	99
8.2.2.3 Actividad “Time to Climb” – Cierre del Módulo 2 (Nearpod).....	101
8.2.3 Actividad Práctica de Laboratorio.....	103
8.2.3.1 Procedimiento Experimental Guiado.....	103
8.2.3.2 Resultados obtenidos por el grupo 1.....	104
8.2.3.3 Resultados obtenidos por el Grupo 2.....	105
8.2.3.4 Discusión de la Actividad Práctica.....	108
8.2.4 Certificación de Participación y Cierre del Proceso Formativo.....	109
8.2.5 Análisis del Potencial Didáctico del OVA.....	110
8.2.5.1 Desempeño Global en la Prueba de Salida (Tendencias en la Muestra)..	110
8.2.5.2 Análisis por Habilidad de la Prueba de Salida.....	111
8.2.6 Comparación de los Resultados Pre-Test y Post-Test (Análisis de Tendencias).....	117
8.2.6.1 Puntajes Individuales y Mejora por Participante.....	117
8.2.6.2 Prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon para Muestras Relacionadas.....	

9. Conclusiones.....	122
10. Recomendaciones.....	125
11. Bibliografía.....	126
12. Anexos.....	137

Índice de tablas

Tabla 1. Caracterización de participantes.....	36
Tabla 2. Especificaciones de la prueba de entrada.....	43
Tabla 3. Respuestas de la prueba de entrada de la pregunta 1.....	50
Tabla 4. Respuestas de la prueba de entrada de la pregunta 11.....	52
Tabla 5. Respuestas de la prueba de entrada de la pregunta 20.....	53
Tabla 6. Estructura modular del OVA y duración de las sesiones presenciales.....	58
Tabla 7. Punto de fusión / caramelización de los compuestos del NADE.....	67
Tabla 8. Resultados de la marcha fitoquímica del extracto <i>Curcuma longa</i> con NADES.....	68
Tabla 9. Bandas características del espectro infrarrojo (IR) de la curcumina.....	78
Tabla 10. Bandas características del espectro infrarrojo (IR) del extracto de la curcumina en el sistema NADE (ácido cítrico-glucosa-agua).....	80
Tabla 11. Área y tiempo de retención del cromatograma del patrón.....	83
Tabla 12. Área y tiempo de retención del cromatograma SynCurm.....	84
Tabla 13. Componente del kit SynCurm para la marcha fitoquímica.....	94
Tabla 14. Recolección de datos.....	97
Tabla 15. Respuestas de la prueba de salida de la pregunta 1.....	113
Tabla 16. Respuestas de la prueba de salida de la pregunta 11.....	114
Tabla 15. Respuestas de la prueba de salida de la pregunta 20.....	116
Tabla 16. Resumen de contraste de hipótesis - Prueba de Wilcoxon.....	119
Tabla 17. Resumen de la prueba de rangos con signos de Wilcoxon para muestras relacionadas.....	120

Índice de figuras

Figura 1. Componentes de un OVA.....	20
Figura 2. Degeneración neuronal y presencia de cuerpos de Lewy en la sustancia negra pars compacta en la enfermedad de Parkinson.....	25
Figura 3. Estructura de la curcumina.....	30
Figura 4. Rol de la alfa-sinucleína en condiciones normales y su agregación en la enfermedad de Parkinson	31
Figura 5. Estructura de la curcumina.....	33
Figura 6. Etapas de la investigación.....	38
Figura 7. Puntajes individuales en la prueba de entrada (máximo 40 puntos).....	48
Figura 8. Puntajes por habilidad en la prueba de entrada.....	50
Figura 9. Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 1 (comprensión del proceso de extracción).....	51
Figura 10. Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 11 (evaluación de conflictos de interés).....	53
Figura 11. Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 20 (comunicación de evidencia de pacientes).....	54
Figura 12. Interfaz de inicio del OVA SynCurm.....	57
Figura 13. Contenido teórico de la página SynCurm.....	62
Figura 14. Preparación del NADE (ácido cítrico-miel-agua).....	66
Figura 15. Procedimiento de extracción de la curcumina con NADE (ácido cítrico-miel-agua).....	67
Figura 16. Estructura química del ácido cítrico.....	75
Figura 17. Espectro IR del ácido cítrico.....	75
Figura 18. Espectro IR de la miel.....	76
Figura 19. Estructura de la curcumina.....	78
Figura 20. Espectro IR de la curcuma granular.....	79
Figura 21. Espectro IR del extracto de curcumina en <i>ácido cítrico-glucosa-agua</i>	80
Figura 22. Espectro IR del extracto de curcumina en <i>ácido cítrico-miel-agua</i>	81
Figura 23. Cromatograma mV vs tiempo del patrón de cúrcuma.....	83
Figura 24. Cromatograma mV vs tiempo del extracto de la curcumina con NADE (<i>ácido cítrico-miel-agua</i>).....	84

Figura 25. Proteína alfa-sinucleína: a) 1XQ8 b)2N0A.....	87
Figura 26. a) Docking molecular de la curcumina con la proteína 1XQ8 b) energía de afinidad.....	88
Figura 27. a) Docking molecular de la curcumina con la proteína 2N0A b) energía de afinidad.....	90
Figura 28. Estructura de la proteína nicastrina de la gamma-secretasa.....	91
Figura 29. a) Docking molecular de la curcumina con la proteína 4R12 b) energía de afinidad.....	92
Figura 30. Resultados DruLito.....	93
Figura 31. Kit experimental SynCurm.....	95
Figura 32. Resultados actividad modulo 1.....	97
Figura 33. Resultados actividad semáforo.....	100
Figura 34. Resultados de la actividad de cierre módulo 2.....	102
Figura 35. Red semántica del análisis cualitativo - Grupo 1.....	105
Figura 36. Red semántica del análisis cualitativo - Grupo 2.....	106
Figura 37. Red semántica del análisis cualitativo - comparación de los dos grupos.....	107
Figura 38. Puntajes individuales en la prueba de salida (máximo 40 puntos).....	111
Figura 39. Puntajes individuales en la prueba de salida (máximo 40 puntos).....	112
Figura 40. Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 1 de la prueba de salida.....	114
Figura 41. Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 11 de la prueba de salida.....	115
Figura 42. Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 20 de la prueba de salida.....	117
Figura 43. Comparación de puntajes individuales (prueba de entrada vs prueba de salida).....	119

Lista de anexos

Anexo 1. Página Web SynCurm.....	137
Anexo 2. Formato de consentimiento informado.....	141
Anexo 3. Prueba de entrada.....	144
Anexo 4. Rúbrica y diagnóstico de validación para expertos.....	152
Anexo 5. Comentarios del experto 1.....	155
Anexo 6. Comentarios del experto 2.....	157
Anexo 7. Código atlas ti para preguntas abiertas prueba de entrada.....	159
Anexo 8. Procedimiento de extracción por el método soxhlet, espectro IR y rendimiento...	159
Anexo 9. Procedimiento secado de la cúrcuma.....	162
Anexo 10. Espectro IR de diversas curcumas.....	163
Anexo 11. auxiliares en enfermería realizando el laboratorio.....	164
Anexo 12. Actividad modulo 1 - Time to Climb.....	165
Anexo 13. Actividad semáforo - módulo 2.....	166
Anexo 14. Informe actividad cierre módulo 2.....	166
Anexo 15. Práctica de laboratorio y diagrama de flujo del procedimiento de marcha fitoquímica.....	167
Anexo 16. Estructura informe de laboratorio.....	171
Anexo 17. Resultados informe grupo 1.....	171
Anexo 18. Resultados informe grupo 2.....	172
Anexo 19. Código Atlas ti informe de laboratorio	173
Anexo 20. Certificado de participación.....	173
Anexo 21. Código Atlas ti prueba de salida.....	174
Anexo 22. Participantes.....	174

1. Introducción

Las enfermedades neurodegenerativas, como la enfermedad de párkinson, representan un desafío creciente para los sistemas de salud pública a nivel global. Su naturaleza progresiva, la alta prevalencia asociada al envejecimiento poblacional y la eficacia limitada de los tratamientos modificadores de la enfermedad destacan la urgente necesidad de desarrollar enfoques innovadores (Poewe et al., 2022). En este contexto, es importante precisar que los enfoques innovadores a los que se refieren Poewe y sus colaboradores son predominantemente de índole farmacológica, centrados en el desarrollo de terapias modificadoras de la enfermedad. Sin embargo, diversos autores han señalado recientemente que el éxito de cualquier avance terapéutico en Parkinson depende críticamente de un sistema de salud preparado, donde el personal de enfermería desempeña un rol central en la educación del paciente, la monitorización de síntomas y la implementación de cuidados basados en evidencia (Crooks et al., 2023; Miyazaki et al., 2025). De hecho, estudios recientes demuestran que intervenciones educativas específicas para el personal de salud mejoran significativamente su competencia clínica en el manejo del Parkinson, lo que subraya una necesidad paralela de formación continua y especializada. A nivel fisiopatológico, estas patologías comparten mecanismos moleculares comunes, entre los que se incluyen la acumulación de proteínas mal plegadas, un estado de estrés oxidativo elevado, la disfunción mitocondrial y una neuroinflamación crónica (Dugger & Dickson, 2023). En el caso específico del Parkinson, la proteína alfa-sinucleína ha sido identificada como un elemento central en su génesis y progresión, al estar directamente involucrada en la formación de agregados fibrilares tóxicos al interior de las neuronas, conocidos como cuerpos de Lewy (Kalia & Lang, 2022).

Desde una perspectiva bioquímica, la alfa-sinucleína es una proteína intrínsecamente desordenada de 140 aminoácidos que, en condiciones patológicas, sufre un plegamiento aberrante. Este proceso induce la formación de oligómeros solubles y fibrillas amiloides con propiedades neurotóxicas significativas (Stefanis, 2022). Estos agregados no solo deterioran la comunicación sináptica y el transporte axonal, sino que también desencadenan respuestas de estrés celular que culminan en la apoptosis de las neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra pars compacta, una región mesencefálica fundamental para la modulación del movimiento (Kalia & Lang, 2022).

Ante este panorama fisiopatológico, la comunidad científica ha dirigido sus esfuerzos hacia la búsqueda de alternativas terapéuticas innovadoras. Entre estas, los compuestos naturales de origen vegetal han ganado relevancia debido a su amplio perfil de bioactividad y potencial neuroprotector. La curcumina, un polifenol extraído de la cúrcuma (*Cúrcuma longa*), ha emergido como una molécula de interés particular por su capacidad demostrada para inhibir la agregación de alfa-sinucleína, además de ejercer efectos antioxidantes y antiinflamatorios significativos (Maiti & Dunbar, 2022). Evidencia preclínica sustancial indica que este compuesto puede interferir directamente en los procesos de nucleación y elongación de los fibrilos de alfa-sinucleína, reduciendo su citotoxicidad y ofreciendo así una estrategia prometedora para modular la progresión de la enfermedad (Seidl & Potashkin, 2023).

La traslación de estos hallazgos al ámbito clínico requiere de personal de la salud capacitados para comprender e integrar este conocimiento complejo. En este contexto, el presente proyecto se propone fortalecer las habilidades investigativas en auxiliares de enfermería, competencias esenciales para la práctica basada en la evidencia. Estas incluyen la capacidad de formular preguntas clínicamente relevantes, buscar y evaluar críticamente la literatura científica, comprender metodologías de investigación traslacional y analizar hallazgos para su aplicación potencial en el cuidado del paciente (De Souza & da Silva, 2022; Gray et al., 2023). Para lograr este objetivo, se diseñará e implementará un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) que integrará el estudio de la curcumina como compuesto bioactivo, sirviendo, así como un puente pedagógico entre la investigación básica en neurociencias y la práctica avanzada de enfermería en el manejo de enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson.

2. Justificación

El desarrollo de las habilidades investigativas en los auxiliares de enfermería en el ámbito hospitalario constituye una prioridad, respaldada por evidencia de estudios internacionales. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023) señala que una proporción significativa de los errores en la atención de pacientes con enfermedades neurodegenerativas está relacionada con deficiencias en el análisis crítico de la evidencia científica. Por su parte, el Observatorio Laboral del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA, 2024) ha reportado que aún es limitado el número de profesionales de enfermería en Colombia que incorporan activamente la metodología investigativa en su práctica clínica diaria, lo que restringe la innovación y la calidad en la atención de patologías complejas como el Parkinson.

En este contexto, la elección de auxiliares de enfermería egresados del instituto de educación para el trabajo y el desarrollo humano PREDESALUD, responde a la necesidad de fortalecer las habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en escenarios reales de atención en salud. De acuerdo con el perfil formativo institucional, los auxiliares en enfermería se desempeñan en hospitales clínicas, IPS públicas y privadas, hogares geriátricos y servicios de atención domiciliaria, participando activamente en procesos de cuidado, administración de medicamentos, control de infecciones y apoyo diagnóstico (Predesalud, 2022).

En coherencia con esta necesidad, la implementación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) como herramienta central se justifica desde los principios de la pedagogía clínica, la cual enfatiza la simulación de escenarios reales, la reflexión sobre la práctica y el desarrollo de competencias en contextos seguros y controlados (Pinilla, 2011; Schön, 1983). Este proyecto utiliza el OVA no solo como un repositorio de información, sino como un entorno de simulación clínica virtual que permite a los enfermeros experimentar con el conocimiento (ej.: simular el docking molecular de la curcumina, diseñar protocolos basados en evidencia) y reflexionar sobre su aplicación antes de enfrentarse a situaciones reales con pacientes. De esta manera, el OVA se convierte en un instrumento de pedagogía clínica que cierra la brecha entre la teoría neurocientífica y la práctica del cuidado.

Esta propuesta se articula con los lineamientos del semillero de investigación Chimeía International Student Chapter ACS UPN, cuyo objetivo 1 prioriza "Estudiar los problemas

relacionados con la química, la bioquímica y su enseñanza-aprendizaje en contexto" (Universidad Pedagógica Nacional, 2022). El proyecto utiliza el diseño de un OVA sobre curcumina como inhibidor de α -sinucleína en Parkinson como vehículo pedagógico para fortalecer tres competencias esenciales en hospitales: Evaluación crítica de literatura científica (análisis de estudios sobre neuroprotección), diseño de protocolos basados en evidencia (simulaciones de terapias complementarias) y por último la interpretación de datos preclínicos (validación de mecanismos bioquímicos).

3. Planteamiento del problema

El Parkinson es una enfermedad de tipo neurodegenerativo que evoluciona con el tiempo, afectando principalmente el control del movimiento y representando un desafío en la salud pública, debido a la limitación de los tratamientos actuales. Esta enfermedad implica la pérdida progresiva de neuronas dopaminérgicas localizadas en la sustancia negra, así como la presencia de agregados tóxicos de la proteína alfa-sinucleína (α -syn) mal plegada, conocidos como los cuerpos de Lewy. La α -syn, intrínsecamente desordenada, afectando la función celular y contribuyendo a la muerte neuronal. (Gomez-benito, et al. 2020). En respuesta, esta investigación ha explorado el potencial de los compuestos bioactivos, como lo es la curcumina, debido a que presenta propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y por su capacidad para modular la agregación proteica. (Genchi, G. 2024).

Frente a esta problemática terapéutica, se evidencia una necesidad paralela de fortalecer las habilidades investigativas en auxiliares de enfermería, lo cual, contribuye a una mejor capacidad para abordar y resolver situaciones complejas en el ámbito laboral, con el fin de transformar la realidad. (Hornedo, I., et al. 2022). Así mismo, la complejidad de integrar conocimientos bioquímicos avanzados sobre la alfa-sinucleína y la cúrcuma con la práctica clínica plantea un reto en la formación. Esta desconexión entre la investigación básica y la práctica evidencia una falta de estrategias pedagógicas clínicas efectivas. La pedagogía clínica, que se centra en aprender a partir de la experiencia y la reflexión en contextos reales o simulados, es crucial para que los auxiliares de enfermería traduzcan el conocimiento molecular en acciones de cuidado concretas. Sin embargo, los modelos formativos tradicionales a menudo carecen de este enfoque, lo que limita el desarrollo de un pensamiento crítico capaz de interpretar y aplicar evidencia científica emergente en escenarios clínicos complejos, como el manejo de enfermedades neurodegenerativas.

En consecuencia, el problema de investigación se orienta a analizar cómo un objeto virtual de aprendizaje (OVA), puede integrar conocimientos científicos y funcionar como una estrategia didáctica efectiva para potenciar las habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en auxiliares en enfermería. Permitiendo abordar de forma más sólida los desafíos asociados a enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson y la aplicación de la evidencia científica emergente en su campo. En este orden de ideas, con las reflexiones anteriores el presente trabajo de investigación tiene como pregunta problema: **¿Cuál es el**

potencial de un OVA, estructurado en el contexto de la bioquímica de la enfermedad del Parkinson, en el fortalecimiento de habilidades investigativas en auxiliares de enfermería?

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Fortalecer las habilidades investigativas (pensamiento crítico e interpretación) en auxiliares en enfermería, mediante un objeto virtual de aprendizaje (OVA) que integre el estudio de la curcumina como compuesto bioactivo para la inhibición de la proteína alfa sinucleína en la enfermedad del Parkinson.

4.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar las habilidades investigativas especialmente el pensamiento crítico y la interpretación mediante la implementación de pruebas de entrada y salida.
2. Diseñar e implementar un objeto virtual de aprendizaje (OVA) que integre contenidos teóricos y prácticos centrados en el estudio de la enfermedad del Parkinson.
3. Analizar la efectividad de la estrategia didáctica, mediante la valoración del desempeño en actividades teóricas y prácticas.

5. Antecedentes

Para la construcción del estado del arte se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática en bases de datos especializadas como Scopus, Scielo, Eric, en revistas científicas como ACS y en el repositorio institucional de la Universidad Pedagógica Nacional, en un intervalo de tiempo comprendido entre 2013 y 2025, con el fin de garantizar que los estudios analizados fueran pertinentes, actualizados y estuvieran alineados con las tendencias actuales en el campo de la educación en ciencias de la salud y la bioquímica. La búsqueda se delimitó a los escenarios internacional, nacional y local, empleando palabras clave como “objeto virtual de aprendizaje”, “habilidades investigativas en enfermería”, “pedagogía clínica”, “enfermedad de Parkinson”, “alfa-sinucleína”, “curcumina”, “disolventes eutécticos profundos naturales (NADES)” y “compuestos bioactivos”. La selección de los documentos se realizó atendiendo a su pertinencia temática, su rigor metodológico y su contribución al diseño e implementación del OVA SynCurm.

5.1. Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)

Los objetos virtuales de aprendizaje (OVA) son recursos pedagógicos diseñados en formatos digitales, que integran contenidos como actividades y evaluaciones, promoviendo un aprendizaje significativo, en el cual, estos recursos permiten que el estudiante acceda a la información a su propio ritmo de acuerdo con sus necesidades. Según el Ministerio de Educación Nacional (2017). Los OVA son recursos digitales, utilizados con diferentes fines académicos, como refuerzo de contenidos, la evaluación de aprendizajes o el desarrollo de competencias específicas. Este tipo de enfoque educativo es clave para la innovación pedagógica mediada por las TICS.

En este orden de ideas, Morales, L. Gutiérrez, L. y Ariza L. (2016). En su artículo titulado “*Guía para el diseño de objetos virtuales de aprendizaje (OVA). Aplicación al proceso de enseñanza-aprendizaje del área bajo la curva de cálculo integral*” presenta una propuesta, sobre metodologías para construir un OVA ajustados a contenidos científicos concretos. Los contenidos que se aborden en el OVA deben ser confiables, de forma resumida y concreta. La tecnología es un soporte de integración pedagógica de los contenidos, es fundamental que se involucren actividades y evaluaciones en la construcción del OVA. Los autores proponen cinco etapas fundamentales, en el cual son; identificación del proyecto,

análisis del contexto y público objetivo, definición de contenidos, actividades, el diseño y construcción del OVA y la revisión de pruebas e implementación. Cada una de las etapas responde a una necesidad pedagógica y busca garantizar que el OVA se construya a partir de principios didácticos, para la mejora del aprendizaje. Los componentes que deben tener un OVA se evidencian en la **figura 1**.

Figura 1.

Componentes de un OVA



Nota: Tomado y adaptado de Morales, L. Gutiérrez, L. y Ariza L. (2016)

En el contexto de la enfermería, los OVA han demostrado ser particularmente valiosos para desarrollar habilidades de alto orden cognitivo, este enfoque metodológico se ve reflejado en el trabajo de grado de Caicedo, L. (2023). De la universidad Pedagógica Nacional, Titulado “*Potencialidades didácticas del uso de herramientas bioinformáticas en el fortalecimiento de competencias tecnológicas con enfoque investigativo*”, en el cual, diseña una propuesta metodológica mediada por las herramientas bioinformáticas, aplicadas a la enseñanza de la bioquímica en la formación docentes, aunque su trabajo no utiliza explícitamente el término OVA, su propuesta cumple con los principios de estos objetivos, en el cual, incluye un programa de guía de actividades con recursos digitales (PyRx, avogadro, PDB, PubChem). Este trabajo de grado enfatiza en que la tecnología es un medio para potenciar, procesos de aprendizaje autónomo e investigativo.

La implementación de OVA en entornos clínicos se ha asociado con mejoras sustanciales en la transferencia del conocimiento a la práctica. Fallon, Ward y Brown (2023) documentaron que los OVA diseñados con base en principios de pedagogía clínica permiten a los auxiliares de enfermería experimentar con escenarios simulados que replican desafíos reales, facilitando la transición entre el conocimiento declarativo y el procedimental. Estos recursos funcionan como espacios seguros para la reflexión y el error, componentes esenciales para el desarrollo de competencias en el manejo de condiciones de salud complejas como las enfermedades neurodegenerativas.

5.2. Integración de Contenidos Científicos Complejos en Entornos Virtuales de Aprendizaje.

La efectividad de los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) en el ámbito de la salud depende críticamente de su capacidad para transformar contenidos científicos complejos en experiencias pedagógicas significativas. Esta traducción didáctica resulta particularmente relevante en áreas de vanguardia como la neurociencia molecular, donde conceptos abstractos como los mecanismos de agregación proteica representan un desafío formativo para auxiliares cuyo enfoque principal es la práctica clínica.

El estudio de Pérez (2020) sobre los mecanismos de agregación de la alfa-sinucleína y los compuestos inhibidores constituye un referente para este proceso de transformación pedagógica. Su identificación de polifenoles como inhibidores naturales de la formación de fibrillas amiloides representa precisamente el tipo de conocimiento especializado que debe ser adaptado didácticamente para su apropiación por auxiliares de enfermería. La investigación demuestra que la curcumina, entre otros compuestos bioactivos, puede modular caminos moleculares específicos (Pérez, 2020, p. 45), información que, estructurada pedagógicamente, puede convertirse en simulaciones interactivas que permitan visualizar estos mecanismos en un OVA.

Esta aproximación didáctica se alinea con los principios de la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia de Mayer (2020), que postula que la presentación dual de información (visual-verbal) en entornos interactivos favorece la comprensión de conceptos complejos. La transformación de datos bioquímicos especializados en recursos educativos

digitales requiere de estrategias instruccionales que superen la transmisión informativa, promoviendo un procesamiento activo por parte del aprendiz.

La integración exitosa de estos contenidos de alta complejidad en OVA requiere, por tanto, de un diseño instruccional que articule tres dimensiones fundamentales: (1) la precisión científica del contenido, (2) su adaptación a los conocimientos previos del destinatario, y (3) la implementación de estrategias interactivas que faciliten la transferencia de este conocimiento a contextos clínicos reales. Como señala Fallon et al. (2023), los OVA más efectivos en ciencias de la salud son aquellos que logran establecer puentes cognitivos entre la abstracción molecular y la aplicabilidad clínica, superando la tradicional disociación entre la investigación básica y la práctica profesional.

5.3. Habilidades Investigativas y Métodos Innovadores en Enfermería.

El desarrollo de habilidades investigativas en enfermería requiere estrategias pedagógicas que trasciendan los métodos tradicionales, integrando herramientas innovadoras que simulen escenarios reales de práctica clínica. En este contexto, la emergencia de metodologías experimentales avanzadas, como el uso de Disolventes Eutécticos Profundos (NADES), representa no solo un avance técnico, sino una oportunidad pedagógica para fortalecer competencias investigativas en entornos virtuales. Según Kaur et al. (2023), los NADES permiten la extracción eficiente de neurotransmisores y metabolitos, lo que los convierte en un recurso idóneo para diseñar actividades de laboratorio simuladas en un OVA. Estas experiencias prácticas, mediadas por tecnología, facilitan el desarrollo de habilidades instrumentales (como el manejo de técnicas de extracción) y habilidades de pensamiento, como el análisis crítico de resultados y la interpretación de datos bioquímicos.

La integración de métodos innovadores como los NADES en la formación de enfermeros se alinea con la clasificación propuesta por Martínez y Márquez (2014), quienes identifican dimensiones clave de las habilidades investigativas, entre ellas:

- Habilidades de percepción: observación de fenómenos bioquímicos durante los procesos de extracción.
- Habilidades de construcción metodológica: planificación y ejecución de protocolos virtuales.

- Habilidades metacognitivas: reflexión sobre el proceso de aprendizaje y su aplicabilidad en el contexto clínico.

Estas competencias son esenciales para que los auxiliares de enfermería no sólo comprendan mecanismos fisiopatológicos complejos, como la agregación de la alfa-sinucleína en el Parkinson, sino que también puedan transferir este conocimiento a la práctica asistencial, diseñando intervenciones basadas en evidencia científica. La simulación de técnicas como la extracción con NADES en un OVA permite, además, fortalecer la capacidad de interpretación; definida por Vega y Amezcua (2024) como un puente entre los datos recolectados y la generación de conocimiento significativo, así como el pensamiento crítico, al evaluar la relación entre los compuestos bioactivos (como la curcumina) y su potencial terapéutico; por esto, la incorporación de métodos innovadores en entornos virtuales no solo moderniza la formación, sino que articula el aprendizaje de técnicas avanzadas con el desarrollo de habilidades investigativas indispensables para la enfermería contemporánea.

5.4. Pedagogía Clínica para la Transferencia del Conocimiento.

La pedagogía clínica constituye el eje integrador que permite transformar el conocimiento científico en competencias aplicables a la práctica de enfermería. Según Pinilla (2011), esta disciplina "trasciende el modelo de instrucción puramente teórica" al centrarse en la aplicación contextualizada del conocimiento en escenarios clínicos complejos. Esta aproximación resulta particularmente relevante para enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson, donde la comprensión de mecanismos moleculares debe traducirse en acciones de cuidado específicas.

Los principios de la pedagogía clínica, fundamentados en el concepto de "profesional reflexivo" de Schön (1983) y en la pirámide de evaluación de competencias de Miller, G. (1990), proporcionan el marco idóneo para diseñar OVA que superen solo la transmisión de información. Como señalan Espinar y Viguera (2020), el aprendizaje experiencial y situado permite al personal de la salud "construir nuevas comprensiones y estrategias frente a situaciones ambiguas e inciertas", característica distintiva del contexto clínico real.

En el caso específico de este proyecto, la pedagogía clínica justifica la integración de contenidos aparentemente distantes, como los mecanismos de agregación de la

alfa-sinucleína estudiados por Pérez (2020) y las técnicas de extracción con NADES documentadas por Kaur et al. (2023), al proporcionar el marco metodológico para su transformación en experiencias de aprendizaje significativas.

5.5. Proteína Alfa-sinucleína en la Enfermedad del Parkinson (EP).

La proteína alfa-sinucleína ha sido el foco de diversas investigaciones en los últimos años, debido a la relación que tiene con enfermedades neurodegenerativas, especialmente con la enfermedad de Parkinson, en el cual, se forman fibras insolubles que se depositan en las neuronas dopaminérgicas, formando los cuerpos de Lewy.

En el trabajo final de maestría titulado “Alfa sinucleína: Relevancia biológica, formación de fibras y compuestos inhibidores” realizado por Pérez, F. (2020), realiza un análisis químico y biológico, abordando los mecanismos de agregación y los compuestos con potencial inhibidor.

Según el autor, la agregación de monómeros de la alfa-sinucleína genera oligómeros y finalmente la formación de fibras insolubles, que contribuyen a la enfermedad de Parkinson. Por otra parte, factores como un pH ácido, el aumento de temperatura, concentraciones elevadas y la interacción con membrana lipídicas, favorecen esta agregación, sin embargo, es fundamental encontrar moléculas inhibidoras que sean capaces de interferir con la agregación de la proteína. Es así como el autor aborda fármacos que inhiben la formación de fibras, uno de ellos son los polifenoles que se encuentran en frutas y vegetales, que presentan la capacidad inhibidora de la formación de fibras y actúan como desestabilizadores del ensamblaje de fibras formando oligómeros solubles.

La identificación de estos compuestos es prometedora para el desarrollo de tratamientos y así mismo, conocer a profundidad los mecanismos bioquímicos implicados en la enfermedad de Parkinson.

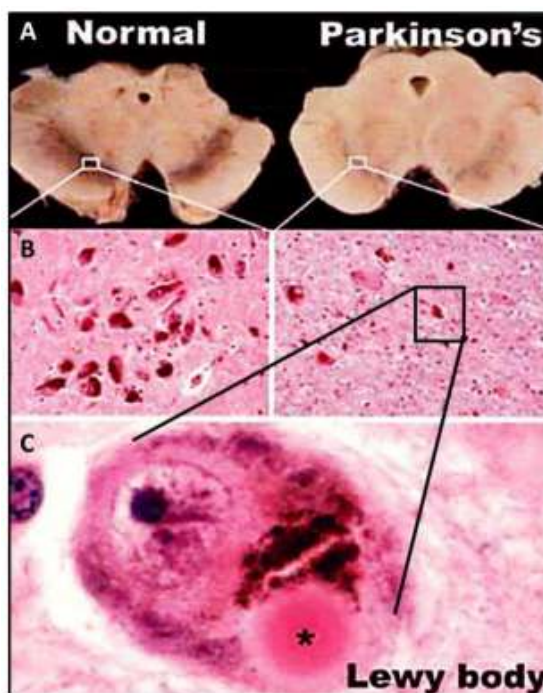
Por otra parte, en los estudios realizados por Martinez, J. (2016) en su tesis doctoral, titulada “*Rol de la alfa-sinucleína en la función y dinámica mitocondrial en modelos experimentales de la enfermedad de Parkinson*” demostró que esta proteína no solo se acumula en el citoplasma, sino que también están en el interior de las mitocondrias. Los experimentos evidencian que la alfa-sinucleína provoca una disminución en la producción de

ATP, aumentando la generación de especies reactivas del oxígeno provocando estrés oxidativo y daño celular.

Los resultados aportados por la autora demuestran que la alfa-sinucleína afecta funciones vitales dentro de la célula, contribuyendo al desarrollo de la enfermedad de Parkinson. Tal como se observa en la Figura 2, en la sustancia negra pars compacta de pacientes con enfermedad de Parkinson se evidencia una pérdida de neuronas, junto con la presencia de cuerpos de Lewy, lo que refleja el deterioro estructural y funcional de estas células.

Figura 2.

Degeneración neuronal y presencia de cuerpos de Lewy en la sustancia negra pars compacta en la enfermedad de Parkinson



Nota: Tomado de Martinez, J. (2016)

5.6. Disolventes Eutécticos Profundos Naturales (NADES).

En otro orden de ideas, se ha intentado implementar soluciones químicas sostenibles que puedan contribuir al estudio de enfermedades neurodegenerativas y comienza a surgir la idea de los solventes eutécticos profundo-naturales (NADES), formados por un donador y un

aceptor de puentes de hidrógeno y contienen baja toxicidad y tienen estabilidad térmica y química.

En un estudio realizado por Kaur, Samarjeet, Kumar y Thakur (2023), titulado “Disolventes eutécticos profundos para la detección y extracción de neurotransmisores: un paradigma emergente para aplicaciones biomédicas”, aborda el uso de NADES como una detección de neurotransmisores como la dopamina y la acetilcolina. Cabe aclarar que, al tener alteraciones en las concentraciones de los neurotransmisores, tiene como consecuencia enfermedades como el Parkinson, el Alzheimer, la esquizofrenia y la epilepsia.

En este orden de ideas, los autores relatan que se ha extraído con éxito dopamina, norepinefrina, epinefrina y serotonina desde tejidos biológicos y plantas utilizando NADES.

Para extraer dopamina de las plantas y tejidos biológicos se utilizó cloruro de colina de glicerol o urea en diferentes proporciones (1:2), posteriormente, se tritura la planta y se mezcla con una determinada cantidad de NADES, se calienta y se mantiene en una temperatura entre los 60°C y 80°C hasta obtener un líquido homogéneo. Ahora se utiliza un nanomaterial en este caso es Fe_3O_4 recubierto de pirocatecol, el cual, tiene afinidad por la estructura catecol de la dopamina, este material se mezcla con el NADE y la muestra ayuda a capturar la dopamina y se puede analizar por: Espectrofotometría UV-vis y técnicas electroquímicas.

6. Referentes conceptuales

6.1 Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)

Los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) representan una evolución significativa en los recursos educativos digitales, constituyéndose como entornos pedagógicamente estructurados que trascienden a solo la digitalización de contenidos. Según Cabero y Llorente (2023), estos objetos se caracterizan por su capacidad de integrar componentes didácticos, interactivos y evaluativos en una unidad autocontenida y reutilizable. Su diseño se fundamenta en estándares internacionales de interoperabilidad y accesibilidad, promovidos por organismos como el IEEE Learning Technology Standards Committee, lo que garantiza su compatibilidad a través de diversas plataformas educativas (Wiley, 2000). Esta estandarización permite que los OVA puedan ser implementados en diferentes contextos formativos, optimizando los recursos educativos y facilitando su actualización constante.

Desde una perspectiva pedagógica, los OVA se alinean con los principios del constructivismo y el aprendizaje significativo, donde el estudiante asume un rol protagónico en su proceso formativo (Perroni, 2010). La estructura modular de estos recursos favorece la autonomía del aprendiz, permitiéndole avanzar según su propio ritmo y necesidades específicas. Además, la incorporación de elementos interactivos como simulaciones, casos clínicos y ejercicios de retroalimentación inmediata promueve el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, particularmente relevantes en la formación del personal de la salud. En este sentido, el diseño de un OVA efectivo requiere no solo de competencias tecnológicas, sino principalmente de una sólida fundamentación didáctica que garantice la articulación coherente entre objetivos de aprendizaje, actividades y mecanismos de evaluación.

La implementación de OVA en el ámbito de la educación en salud ha demostrado especial relevancia para la simulación de procedimientos y la contextualización de conocimientos complejos. Como recurso de pedagogía clínica, permiten recrear escenarios asistenciales donde los auxiliares pueden aplicar conceptos teóricos, tomar decisiones y analizar sus consecuencias en un entorno seguro y controlado. Esta característica resulta particularmente valiosa para el desarrollo de habilidades investigativas, ya que facilita la transición progresiva desde la comprensión conceptual hasta la aplicación práctica del conocimiento científico en contextos clínicos reales.

6.2 Habilidades Investigativas en Enfermería

Las habilidades investigativas constituyen un conjunto de capacidades fundamentales que permiten a los auxiliares de enfermería generar nuevo conocimiento y validar el existente, integrando dimensiones conceptuales, procedimentales y actitudinales (García et al., 2018). Estas competencias se manifiestan a través de capacidades específicas como la observación sistemática de fenómenos clínicos, el análisis crítico de literatura científica, la interpretación de datos investigativos y la formulación de hipótesis clínicamente relevantes. Según De Souza y da Silva (2022), el desarrollo de estas habilidades es esencial para la práctica basada en evidencia, ya que permite a los enfermeros no solo consumir investigación, sino también participar activamente en la generación de conocimiento aplicable a su contexto laboral.

El pensamiento crítico emerge como habilidad transversal en este proceso, implicando una disposición reflexiva para cuestionar la validez, fiabilidad y posibles sesgos de las fuentes de información (Mackay et al., 2018). Esta capacidad se complementa con la habilidad de interpretación, que actúa como puente entre los datos recolectados y la generación de conocimiento significativo, permitiendo a los auxiliares extraer conclusiones relevantes para el cuidado del paciente. En el contexto de enfermedades complejas como el Parkinson, estas habilidades resultan particularmente valiosas, ya que facilitan la comprensión y aplicación de hallazgos científicos emergentes en la planificación de cuidados especializados (Gray et al., 2023).

6.3 Pedagogía Clínica

La pedagogía clínica se erige como una rama esencial en la formación del personal de la salud, caracterizada por integrar los principios educativos con las demandas específicas del contexto asistencial. Según Pinilla (2011), esta aproximación “trasciende el modelo de instrucción puramente teórica” al priorizar la aplicación contextualizada del conocimiento en escenarios clínicos reales o simulados. Esta perspectiva se alinea con los postulados de Schön (1983) sobre el “profesional reflexivo”, donde el aprendizaje se genera mediante la reflexión sistemática sobre la práctica misma, permitiendo a los auxiliares desarrollar competencias para enfrentar situaciones complejas e inciertas propias del entorno sanitario.

La efectividad de la pedagogía clínica se sustenta en su capacidad para articular diferentes dimensiones formativas. La pirámide de Miller, G. (1990) proporciona un marco valioso para esta articulación, estableciendo una progresión que va desde el “saber” (conocimiento teórico) hasta el “hacer” (ejecución competente en la práctica real). En el contexto de la enfermería en enfermedades neurodegenerativas, esta progresión se materializa cuando los auxiliares en enfermería no solo comprenden los mecanismos fisiopatológicos del Parkinson, sino que son capaces de traducir este conocimiento en intervenciones de cuidado basadas en evidencia, demostrando así la integración entre teoría y práctica que promueve este enfoque pedagógico.

6.4 Enfermedad de Parkinson y Alfa-sinucleína

La Enfermedad de Parkinson (EP) representa un trastorno neurodegenerativo progresivo cuyo sustrato fisiopatológico principal radica en la degeneración selectiva de las neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra pars compacta. Esta pérdida neuronal conduce a una marcada depleción de dopamina en los ganglios basales, generando los síntomas motores cardinales de la enfermedad: temblor en reposo, bradicinesia, rigidez e inestabilidad postural. Sin embargo, la EP constituye una entidad multisistémica que trasciende lo motor, manifestándose con una constelación de síntomas no motores que incluyen trastornos del sueño, disfunción autonómica, deterioro cognitivo y alteraciones afectivas, los cuales pueden preceder por años a las manifestaciones motoras (Kalia & Lang, 2022).

En el centro de esta patología se encuentra la proteína alfa-sinucleína (**Figura 3**), una proteína presináptica de 140 aminoácidos caracterizada por su naturaleza intrínsecamente desordenada. Bajo condiciones patológicas, esta proteína sufre un proceso de mal plegamiento que la lleva a adoptar conformaciones beta-plegadas, iniciando una cascada de agregación molecular que progresa desde oligómeros solubles hasta fibrillas amiloides insolubles (Stefanis, 2022). Estos agregados se depositan intracelularmente formando los cuerpos de Lewy, estructuras patognomónicas de la enfermedad que desencadenan una cascada de eventos citotóxicos que incluyen disfunción mitocondrial, estrés del retículo endoplásmico y alteración de los sistemas de degradación proteica.

Figura 3.

Estructura de la alfa-sinucleína



Nota: Tomada de RCSB Protein Data bank (1XQ8).

La relevancia de la alfa-sinucleína en la patogénesis del Parkinson se ve reforzada por evidencia genética que demuestra cómo mutaciones en el gen SNCA (A53T, A30P, E46K) y duplicaciones/triplicaciones del locus aumentan la propensión de la proteína a agregarse. Estos hallazgos posicionan a la alfa-sinucleína no solo como un marcador patológico, sino como un actor central en la cascada neurodegenerativa, lo que la convierte en un objetivo terapéutico prioritario para el desarrollo de intervenciones modificadoras de la enfermedad (Poewe et al., 2022).

6.5. Cuerpos de Lewy

Los cuerpos de Lewy fueron descritos por primera vez por el neurólogo alemán Friedrich Heinrich Lewy en 1912, quien los identificó en el cerebro de pacientes con enfermedad de Parkinson, en el cual, hace referencia a la acumulación anómala de la proteína alfa-sinucleína mal plegada que se forma dentro de las neuronas (Mayo Clinic, 2025). Su presencia está asociada al daño celular y disfunción neuronal y da lugar a una característica patológica central, tanto la enfermedad de Parkinson como en la demencia con cuerpos de Lewy, afectando funciones motoras y cognitivas.

Por otra parte, la acumulación de cuerpos de Lewy puede inducir el estrés oxidativo, debido a que, altera la mitocondria y aumenta la producción de radicales libres (Mao, P. 2013).

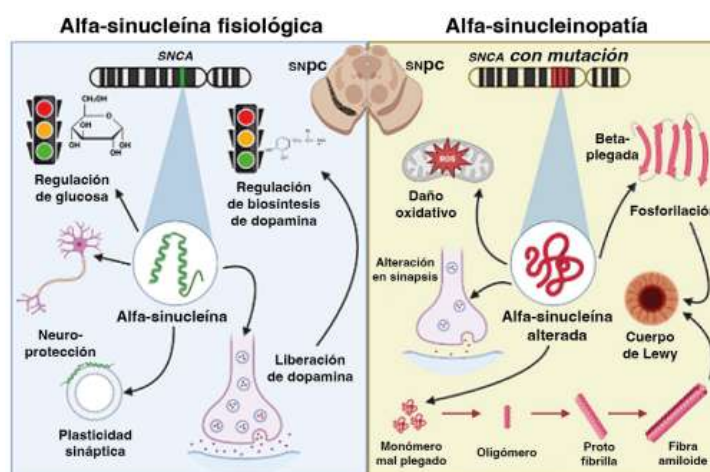
6.6. Mecanismo de Reacción de la Alfa-Sinucleína e Inhibidores

La alfa-sinucleína (α -syn) es una proteína fascinante por su naturaleza intrínsecamente desordenada, lo que significa que en su estado monomérico soluble no

adopta una estructura tridimensional definida y estable en solución (Perez, 2019). No obstante, esta plasticidad conformacional es una espada de doble filo: bajo condiciones fisiológicas, le permite interacciones funcionales dinámicas, pero en entornos patológicos, la hace susceptible a cambios estructurales aberrantes. Al interactuar con membranas lipídicas o bajo ciertas condiciones celulares estresantes (como el estrés oxidativo o alteraciones en el pH), la α -syn puede sufrir un cambio conformacional drástico, adoptando una estructura rica en láminas beta (β -sheet). Esta transformación es crucial, ya que facilita su autoensamblaje y su progresiva agregación en especies más grandes y estables, comenzando por la formación de oligómeros solubles tóxicos y culminando en las fibrillas amiloides insolubles que constituyen los cuerpos de Lewy, el sello distintivo de las sinucleinopatías (Conway, et al., 2000; Mehra, et al., 2019). Este proceso de agregación es altamente complejo, involucrando etapas de nucleación (formación de un núcleo de agregación), elongación (crecimiento de las fibrillas) y fragmentación. Este proceso de agregación y sus consecuencias a nivel celular se resumen en la **Figura 4**.

Figura 4.

Rol de la alfa-sinucleína en condiciones normales y su agregación en la enfermedad de Parkinson



Nota: Tomado de Vazquez, G, et al. (2025)

La comprensión detallada de este mecanismo de agregación ha abierto avenidas prometedoras para el desarrollo de estrategias terapéuticas dirigidas a la inhibición de la formación de agregados tóxicos de α -syn. Diversos compuestos están siendo activamente investigados por su capacidad para interferir en estas vías patológicas. Por ejemplo, la

epigallocatequina galato (EGCG), un polifenol abundante en el té verde, ha demostrado ser un potente modulador del proceso de agregación. Estudios *in vitro* e *in vivo* sugieren que la EGCG no solo previene la formación de fibrillas amiloides de α -syn, sino que también puede alterar la vía de agregación, desviando la formación hacia especies oligoméricas no tóxicas o formas amiloides menos patogénicas (Ehrnhoefer, et al., 2008). Esto sugiere un mecanismo de "rescate" donde la proteína se pliega en conformaciones alternativas no perjudiciales.

Más allá de los compuestos naturales, la investigación ha avanzado en el diseño de péptidos sintéticos que actúan como "rompedores" o "estabilizadores" de la α -syn. Estos péptidos están diseñados para interferir con etapas críticas de la nucleación y elongación de la proteína, a menudo mimetizando secuencias de la propia α -syn o de proteínas chaperonas. Al unirse a los monómeros o a los primeros intermediarios de agregación, pueden prevenir su mal plegamiento y auto ensamblaje o, en algunos casos, desensamblar agregados preformados, reduciendo así su toxicidad y la propagación de la patología (Allen, et al., 2023). La diversidad de enfoques para inhibir la agregación de α -syn resalta la complejidad del problema y la necesidad de explorar múltiples estrategias para ofrecer un verdadero impacto terapéutico en las enfermedades neurodegenerativas asociadas a esta proteína.

6.7. Disolventes Eutécticos Profundos Naturales (NADES)

Los NADES son solventes eutécticos naturales, formados a partir de mezclas de compuestos orgánicos y pueden ser: líquidos iónicos (ácidos o bases de fuentes naturales), neutros (azúcares polialcoholes) y aminoácidos (azúcar, bases orgánicas y ácidos amino). Estos solventes presentan alta estabilidad térmica y química, incluso por encima de los 60°C, lo que los hace ideales para procesos que requieren temperaturas moderadamente altas. Los NADES no son volátiles, ni inflamables, tienen baja toxicidad y requieren poca energía para sintetizar. Son ambientalmente amigables.

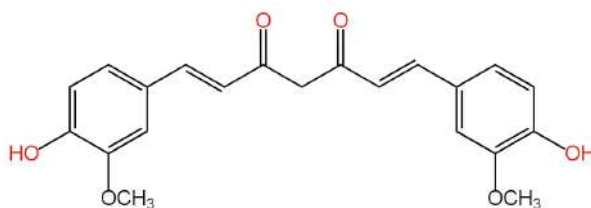
Los NADES contienen componentes catiónicos y aniónicos, en el cual, son dadores de hidrógeno, formando puentes de hidrógeno, lo que permite que tenga propiedades polares y no polares, generando una gran versatilidad para disolver biomoléculas.

6.8. Curcumina como Estrategia Terapéutica en Enfermedades Neurodegenerativas

La curcumina (1,7-bis(4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona) (**Figura 5**) constituye el principal polifenol de la cúrcuma (*Cúrcuma longa*), reconocido por su amplio perfil farmacológico que incluye actividad antioxidante, antiinflamatoria y neuroprotectora. En el contexto específico de la enfermedad de Parkinson, su mecanismo de acción trasciende estos efectos generales al interferir directamente con el proceso de agregación de la alfa-sinucleína. Estudios de simulación molecular y experimentos in vitro demuestran que la curcumina se une a los intermediarios oligoméricos de la proteína, estabilizando conformaciones no tóxicas y desviando la ruta de agregación hacia especies menos patogénicas (Maiti & Dunbar, 2022). Esta capacidad moduladora se complementa con su acción sobre vías de señalización intracelular relacionadas con la supervivencia neuronal, como la vía Nrf₂-ARE y la inhibición del factor nuclear kappa B (NF-κB), lo que reduce el daño oxidativo y la respuesta inflamatoria característicos de la patogénesis del Parkinson.

Figura 5.

Estructura de la curcumina



Nota: Elaboración propia en la aplicación KingDraw Chemical

No obstante, la aplicación clínica de la curcumina enfrenta desafíos significativos relacionados con su baja biodisponibilidad, derivada de su pobre solubilidad acuosa, rápida metabolización y limitada capacidad para atravesar la barrera hematoencefálica. Para superar estas limitaciones, se han desarrollado estrategias de formulación avanzadas que incluyen sistemas nanoparticulados, complejos con ciclodextrinas y vehiculización en lípidos, las cuales han demostrado mejorar significativamente su estabilidad, vida media y distribución tisular (Genchi et al., 2024). Estas innovaciones tecnológicas, combinadas con la evidencia preclínica que respalda su eficacia, posicionan a la curcumina como un candidato terapéutico promisorio cuyo estudio representa una oportunidad valiosa para el desarrollo de

competencias en evaluación crítica de evidencia científica entre auxiliares de enfermería, particularmente en el análisis de mecanismos de acción y estrategias de optimización farmacológica.

7. Metodología

7.1 Tipo de Estudio

La investigación se enmarca en un estudio de casos múltiples con enfoque mixto, de alcance exploratorio-descriptivo. Como señalan Hernández-Sampieri y Mendoza (2018, p. 428), *"los diseños mixtos implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio"*. En coherencia con este planteamiento, se analizan cinco casos (auxiliares de enfermería) mediante un diseño secuencial: una primera fase cuantitativa de carácter descriptivo (aplicación de pruebas de entrada y salida, análisis estadístico con medias, desviaciones estándar y prueba de rangos de Wilcoxon) permite identificar cambios en los puntajes individuales de los participantes. Una segunda fase cualitativa (análisis de respuestas abiertas e informes de laboratorio con Atlas.ti, construcción de redes semánticas) profundiza en la comprensión de esos cambios y en los procesos de pensamiento crítico e interpretación. La integración de ambos enfoques permite una triangulación metodológica que enriquece la interpretación de los hallazgos (Fetters, 2020).

Dado el tamaño reducido de la muestra ($n=5$) y el carácter exploratorio del estudio, los resultados no pretenden ser generalizables a toda la población de auxiliares de enfermería. En cambio, el estudio busca describir tendencias individuales, explorar la viabilidad del OVA SynCurm y generar hipótesis sobre su potencial didáctico que puedan ser validadas en futuras investigaciones con muestras más amplias y diseños experimentales. Este tipo de diseño es apropiado en estudios educativos y de ciencias de la salud con muestras pequeñas, donde se prioriza la riqueza descriptiva y la comprensión en profundidad (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El diseño se caracteriza por:

1. Complementariedad metodológica: Las fortalezas de un método compensan las limitaciones del otro. Los datos cuantitativos (escala PENCRISAL) permiten describir tendencias y cambios observados en las habilidades investigativas de los participantes, mientras que los datos cualitativos (juicio de expertos) profundizan en los significados, contextos y experiencias de los participantes durante la implementación del OVA (Fetters, 2020).

2. Triangulación: Se emplea la triangulación de métodos para contrastar los hallazgos obtenidos mediante diferentes instrumentos. La convergencia de evidencias provenientes de las pruebas pre-post, las rúbricas de actividades y las narrativas de los participantes permite una validación cruzada de los resultados
3. Secuencialidad: El proceso se desarrolla en una secuencia lógica donde la Fase 1 (cuantitativa: diagnóstico) precede y orienta a la Fase 2 (cualitativa-cuantitativa: diseño e implementación del OVA). Los resultados de la Fase 1 son utilizados para ajustar el diseño instruccional del OVA y enfocar la recolección de datos cualitativos en la Fase 2, con el fin último de explicar e interpretar con mayor riqueza los resultados cuantitativos iniciales (Creswell & Guetterman, 2021).
4. Enfoque pragmático: El diseño mixto se alinea con una postura pragmática, donde la elección de los métodos (cualitativo o cuantitativo) está supeditada a la capacidad de responder de manera más completa a la pregunta de investigación, priorizando la utilidad y la aplicabilidad de los hallazgos en el contexto clínico de la enfermería (Morgan, 2022).

7.2 Población

Este proyecto de investigación está dirigido a egresados del programa de auxiliar en enfermería de la institución de educación para el trabajo y desarrollo humano PREDESALUD. La muestra se conforma por cinco auxiliares de enfermería que actualmente desempeñan su labor en diferentes instituciones de salud, incluyendo hospitales y clínicas. Estos participantes integraron un grupo focal (*Focus group*) empleado como técnica de recolección de la información.

El tamaño reducido de la muestra ($n=5$) responde al carácter exploratorio del estudio, orientado a describir tendencias individuales y a explorar la viabilidad del OVA SynCurm antes de una posible implementación a mayor escala.

En este orden de ideas, la selección de la muestra se realizó mediante un muestreo por conveniencia, considerando la accesibilidad y disponibilidad de los auxiliares de enfermería. La elección de esta población responde a la necesidad de contar con sujetos que posean dominio de saberes específicos en el área de la bioquímica, lo cual resulta fundamental para el desarrollo de las actividades propuestas. Aunque la muestra presentó características similares en formación y experiencia laboral, se identificaron diferencias

puntuales en los contextos de desempeño y formación complementaria, lo que permitió analizar las habilidades investigativas desde distintas experiencias relacionadas con la atención en salud.

Los participantes fueron identificados mediante los códigos AE1 a AE5 (Auxiliares en Enfermería), con el fin de garantizar la confidencialidad de la información. Sus características generales se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1.

Caracterización de los participantes

Participante	Institución de egreso	Título adicional	Sector laboral	Experiencia en área de la salud
AE1	Predesalud	No	Hospital/Clínica	6 meses a 1 año
AE2	Predesalud	No	Hospital/Clínica	6 meses a 1 año
AE3	Predesalud	Radiología	Otro	6 meses a 1 año
AE4	Predesalud	No	Otro	6 meses a 1 año
AE5	Predesalud	No	Hospital/Clínica	Más de 5 años

Nota: Elaboración propia con base en respuestas de la prueba de entrada.

Se observa que los cinco participantes se graduaron de la misma institución (Predesalud) y que únicamente uno (AE3) posee un título adicional en radiología. En cuanto a la experiencia laboral, cuatro participantes reportan entre seis meses y un año de ejercicio, mientras que AE5 cuenta con más de cinco años de experiencia en el sector hospitalario.

7.3 Formulación de Hipótesis

Hipótesis nula (H_0)

La implementación del objeto virtual de aprendizaje (OVA), fundamentada en la extracción y caracterización de compuestos bioactivos de la *Cúrcuma Longa*, mediante un solvente eutéctico profundo naturales (NADES), no contribuye al fortalecimiento de habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en auxiliares de enfermería.

Hipótesis verdadera (H_1)

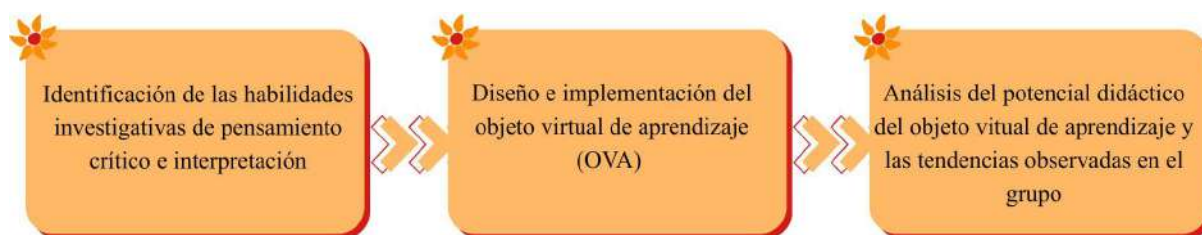
La implementación del objeto virtual de aprendizaje (OVA), fundamentada en la extracción y caracterización de compuestos bioactivos de la *Cúrcuma Longa*, mediante un solvente eutéctico profundo naturales (NADES), contribuye al fortalecimiento de habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en auxiliares de enfermería.

7.4. Fases de Investigación

Este proyecto de investigación se estructura en tres fases, las cuales son: La Identificación de las habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación; El diseño e implementación del objeto virtual de aprendizaje (OVA) y el análisis del potencial del objeto virtual de aprendizaje (OVA) y las tendencias observadas en el grupo en el desarrollo de dichas habilidades, como se evidencia en la **figura 6**. Estas fases se articulan con el diseño de enfoque mixto de alcance exploratorio-descriptivo, en el cual, la fase inicial cuantitativa de carácter descriptiva permite diagnosticar el nivel de las habilidades investigativas orientando así el diseño e implementación del OVA en una segunda fase. Posteriormente, se desarrolla una fase de evaluación que integra elementos cuantitativos y cualitativos, con el propósito de analizar el potencial del ova y profundizar en la interpretación de los resultados obtenidos.

Figura 6.

Etapas de la metodología



De esta manera, la organización del estudio permite no solo medir el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico e interpretación, sino también comprender los procesos y experiencias asociados a su fortalecimientos, en coherencia con los objetivos planteados en la investigación.

7.4.1 Identificación de Habilidades Investigativas de Pensamiento Crítico e Interpretación

La primera fase del proyecto de investigación consistió en el diseño, la validación por expertos y aplicación de la prueba de entrada. Esta prueba tuvo como objetivo evaluar el nivel de las habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en escenarios clínicos, específicamente en la relación con el compuesto bioactivo de la cúrcuma (curcumina) y su enfoque en enfermedades neurodegenerativas.

Para la evaluación de las habilidades investigativas y de pensamiento crítico, se utilizó un instrumento adaptado del test PENCRISAL desarrollado por Silvia F. Rivas, Carlos Saiz y Patricia Morales en la Universidad de Salamanca en el año 2012. Este instrumento tiene su origen en el test HCTA (Halpern Critical Thinking Assessment) propuesto por Halpern (2010), el cual se enfoca en la evaluación de procesos de pensamiento mediante situaciones que requieren ser resueltas y justificadas por los participantes. (Rivas, et al. 2014).

En este sentido, el test PENCRISAL fue diseñado como una prueba estandarizada orientada a la evaluación del pensamiento crítico en contextos cotidianos, incorporando un formato de respuesta abierta que permite evidenciar los procesos de razonamiento empleados por los participantes. Entre los principios que sustentan el test se encuentran: el uso de situaciones cotidianas, la inclusión de uso de diferentes dominios de pensamiento, un formato de respuestas abiertas (permite evidenciar los procesos de razonamiento de los participantes) y el empleo de problemas de respuestas únicas. Estos ítems buscan evaluar el pensamiento crítico desde escenarios cercanos a la vida diaria, fortaleciendo la comprensión y motivación de los participantes durante la prueba. (Rivas, et al. 2014).

El instrumento evalúa 5 dominios: razonamiento deductivo, razonamiento inductivo, razonamiento práctico, toma de decisiones y solución de problemas. En su versión original, el test PENCRISAL está conformado por 35 preguntas con una puntuación global de 70 puntos y un tiempo estimado de aplicación de 120 minutos.

La prueba fue validada inicialmente en población española por Rivas y Saiz (2012) y posteriormente adaptada y validada en la Universidad Católica de Perú por Rivas, Morales y Saiz (2014). Los autores reportan propiedades psicométricas adecuadas, indicando que los factores del instrumento explican el 60% de la varianza y presentan índices de fiabilidad aceptables.

En este orden de ideas, para la presente investigación se realizó una adaptación del instrumento con el fin de ajustarlo al contexto y el tiempo disponible para su aplicación. La versión adaptada estuvo conformada por 20 Ítems distribuidos equitativamente en los cinco dominios evaluados: razonamiento deductivo, razonamiento inductivo, razonamiento práctico, toma de decisiones y solución de problemas, cada ítem incluyó cuatro preguntas orientadas a analizar las habilidades de pensamiento crítico e interpretación de los auxiliares de enfermería.

La adaptación del instrumento tuvo como finalidad mantener la estructura teórica y los principios metodológicos del modelo original ajustando su extensión al contexto laboral de los auxiliares de enfermería, abordando las habilidades investigativas asociadas a la enfermedad de Parkinson. La prueba fue aplicada a cinco auxiliares en enfermería, a los que se identificaron posteriormente como: AE1, AE2, AE3, AE4 y AE5.

El instrumento fue evaluado mediante un sistema de puntuación por pregunta, en el cual se asignaron valores según el nivel de acierto y la calidad de la justificación de las respuestas.

Se establecieron los siguientes criterios:

- 2 puntos: respuesta correcta con justificación adecuada y coherente.
- 1 punto: respuesta correcta con justificación parcialmente adecuada o insuficiente.
- 0 puntos: respuesta incorrecta

Este sistema de valoración permitió cuantificar el nivel de desempeño de los participantes en cada uno de los dominios del pensamiento crítico e interpretación, garantizando coherencia con la estructura del instrumento adaptado al test PENCRISAL.

7.4.2 Diseño e Implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)

La segunda fase de la investigación consistió en el diseño e implementación del objeto virtual de aprendizaje (OVA), cuyo eje central fue la extracción del compuesto bioactivo de la cúrcuma mediante solventes eutécticos naturales (NADES), con el propósito de inhibir la agregación de la proteína alfa-sinucleína asociada a la enfermedad de parkinson.

El OVA se materializó en una página web titulada SynCurm (**anexo 1**) dirigida a los auxiliares en enfermería (AE), con el objetivo de fortalecer las habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación, contribuyendo así a la mejora de su perfil profesional en el ámbito de la salud.

El desarrollo de esta herramienta se fundamentó con el modelo instruccional ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación, evaluación), así como en los resultados obtenidos en la prueba de entrada aplicada a los participantes (AE), lo que permitió delimitar los contenidos temáticos, las habilidades a desarrollar y los niveles de desempeño, en coherencia con el enfoque mixto del proyecto de investigación. Asimismo, las temáticas seleccionadas garantizaron la articulación con los objetivos propuestos.

Con el fin de facilitar la implementación, la plataforma fue estructurada para integrar contenidos teóricos, actividades interactivas y espacios de aplicación práctica. Los contenidos abordados incluyen el pensamiento crítico clínico, la interpretación de estudios científicos, la evaluación de alimentos funcionales y su aplicación responsable en el contexto clínico. El recorrido dentro de la plataforma se organizó en módulos progresivos, los cuales articulan fundamentos bioquímicos, análisis de evidencia científica y aplicación clínica, favoreciendo un aprendizaje gradual y significativo.

El módulo 1: “*de la bioquímica a la clínica*” estuvo orientado a la comprensión de los mecanismos biológicos que sustentan las hipótesis terapéuticas

El módulo 2: “*Interpretación crítica de la evidencia científica*” tuvo como propósito fortalecer la capacidad de los AE para analizar estudios relacionados con la curcumina y la enfermedad de parkinson, sin perder el rigor científico.

El módulo 3: “*Laboratorio SynCurm (marcha fitoquímica)*” estuvo enfocado en la aplicación de herramientas experimentales y bioinformáticas (docking molecular y Drulito), para el análisis del NADE SynCurm.

Finalmente, como reconocimiento a la participación en el proceso formativo, se otorgó a los auxiliares en enfermería un certificado de asistencia al curso.

7.4.3 Análisis del Potencial Didáctico del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) y las Tendencias Observadas en el Grupo

En la última fase del proyecto de investigación, se lleva a cabo la aplicación de la prueba de salida, que corresponde al mismo instrumento utilizado en la prueba de entrada, con el objetivo de identificar los cambios en las habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en los auxiliares de enfermería, permitiendo establecer comparaciones en términos de desempeño antes y después de la intervención.

Dado el tamaño reducido de la muestra ($n=5$) y el carácter exploratorio del estudio, no se pretende evaluar el impacto del OVA en sentido estricto ni generalizar los resultados. En cambio, se busca analizar el potencial didáctico del OVA SynCurm y describir las tendencias observadas en el grupo de participantes. Este análisis permite identificar si la intervención genera cambios favorables en esta muestra específica, qué tipo de habilidades se ven más fortalecidas y en qué participantes se evidencian mayores avances. Los hallazgos obtenidos sirven como punto de partida para futuras investigaciones con muestras más amplias y diseños experimentales.

7.4.3.1. Recolección y Sistematización de Datos.

El proyecto de investigación tiene un enfoque mixto, por ende en el análisis de la información, los datos cualitativos fueron analizados por el software [Atlas.ti](#), a través de codificación, categorización e interpretación de la información. Asimismo, los datos cuantitativos se analizaron utilizando el software SPSS, lo que permitió organizar, comparar y visualizar los resultados obtenidos en las diversas pruebas.

Este análisis permite una comprensión más profunda del potencial del objeto virtual de aprendizaje en el desarrollo de las habilidades evaluadas.

8. Resultados y Discusión

El presente capítulo tiene como finalidad analizar los resultados obtenidos a partir de la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) SynCurm, diseñado para el fortalecimiento de habilidades investigativas en auxiliares de enfermería. Previamente al desarrollo del estudio, los participantes fueron informados sobre el título del proyecto, resumen de la investigación, los posibles beneficios derivados de su participación, la forma como serán socializados los resultados, la confidencialidad de la información suministrada y los alcances del estudio. Posteriormente, todos los participantes firmaron un consentimiento informado como garantía de participación voluntaria, confidencialidad y uso ético de la información recolectada, el formato del consentimiento informado que se utilizó en esta investigación se evidencia en el **Anexo 2**.

Para ello, se estructuró el proceso en tres momentos fundamentales: Prueba de entrada, orientado a identificar los conocimientos previos y el nivel inicial de pensamiento crítico e interpretación de datos de los participantes; la aplicación del OVA, en la cual se desarrollaron los contenidos teóricos, experimentales e interactivos; y una prueba de salida, que permitió evaluar los aprendizajes adquiridos y los cambios en la capacidad de interpretación de la información científica.

Este análisis busca describir las tendencias observadas en el grupo de participantes a partir de la implementación de la estrategia pedagógica, así como analizar la percepción de cambio en el desarrollo de competencias investigativas a través de los instrumentos aplicados.

8.1 Identificación del Estado Inicial de las Habilidades Investigativas (Prueba de Entrada)

Con el propósito de identificar el estado inicial de las habilidades investigativas en los auxiliares de enfermería participantes, se diseñó y aplicó un instrumento diagnóstico de entrada realizada a partir de una adaptación del test PENCRISAL, previo a la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) SynCurm.

El instrumento fue adaptado en coherencia con los objetivos de la investigación, orientado a evaluar habilidades de interpretación de información científica y pensamiento crítico en el contexto de enfermedades neurodegenerativas, (ver **anexo 3**). Este proceso permitió asegurar que cada uno de los ítems respondiera de manera adecuada a las

habilidades que se pretendían evaluar, fortaleciendo así la rigurosidad metodológica del estudio.

El instrumento fue sometido a validación por juicio de dos expertos (**anexo 4**). El primer experto fue el director del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, quien evaluó cada ítem según criterios de pertinencia, claridad, adecuación del formato, validez de construcción y contextualización realista (Escobar & Cuervo, 2008) (**anexo 5**). El segundo experto fue una médica general con experiencia en auditoría y verificación del funcionamiento de instituciones prestadoras de salud (IPS) y Entidades Promotoras de Salud (EPS), quien contribuyó a ajustar el lenguaje y la pertinencia clínica de las preguntas para la población objetivo de auxiliares de enfermería (**anexo 6**). Las observaciones realizadas por ambos expertos fueron incorporadas en la versión final de la prueba de entrada (prueba adaptada del test penocrisal), lo que permitió asegurar su validez de contenido y su adecuación para la población objetivo (auxiliares de enfermería).

8.1.2 Estructura del Instrumento y Habilidades Evaluadas

La prueba de entrada, la cual, fue una adaptación al test PENCRISAL, estuvo estructurada a partir de un conjunto de preguntas diseñadas no solo para evaluar conocimientos conceptuales, sino principalmente para analizar la capacidad de los participantes en relación con:

- Interpretación de información científica
- Comprensión de procesos fisiopatológicos
- Análisis de resultados experimentales
- Toma de decisiones basada en evidencia
- Aplicación del conocimiento en contextos clínicos

Estas habilidades fueron abordadas a través de diferentes dominios, incluyendo razonamiento deductivo, inductivo y práctico, toma de decisiones y solución de problemas, permitiendo realizar una valoración integral del pensamiento investigativo de los participantes.

Asimismo, cada pregunta del instrumento fue diseñada con un propósito específico, tal como se evidencia en la rúbrica de expertos (**ver Anexo 4**), en la **Tabla 2** se detalla el objetivo evaluativo de cada ítem.

Tabla 2.*Especificaciones de la prueba de entrada (adaptado de la rúbrica de validación)*

Pregunta	Habilidad Evaluada	Objetivo Específico de Investigación	Tipo de Pensamiento	Nivel Cognitivo
1	Interpretación	Evaluar capacidad para distinguir entre evidencia científica y aplicaciones prácticas cotidianas	Transferencia de conocimiento	Análisis
2	Interpretación	Evaluar comprensión de secuencia fisiopatológica básica del Parkinson	Razonamiento secuencial	Comprensión
3	Pensamiento Crítico	Evaluar capacidad para diferenciar mecanismos de acción específicos vs. generales	Razonamiento analógico	Análisis
4	Pensamiento Crítico	Evaluar habilidad para deducir consecuencias a partir de premisas establecidas	Razonamiento deductivo	Evaluación
5	Interpretación	Evaluar comprensión básica de significación estadística	Comprensión de conceptos estadísticos	Comprensión
6	Interpretación	Evaluar capacidad para distinguir entre significación estadística y relevancia clínica	Evaluación crítica	Análisis
7	Pensamiento Crítico	Evaluar aplicación de evidencia a	Toma de decisiones basada	Aplicación

		recomendaciones clínicas	en evidencia	
8	Pensamiento Crítico	Evaluar capacidad para integrar hallazgos a la práctica profesional	Transferencia a contexto laboral	Síntesis
9	Pensamiento Crítico	Evaluar reconocimiento de conflictos de interés en investigación	Identificación de sesgos	Análisis
10	Interpretación	Evaluar capacidad para detectar patrones en datos de investigación	Análisis de tendencias	Análisis
11	Pensamiento Crítico	Evaluar juicio crítico sobre síntesis de evidencia con sesgos potenciales	Evaluación integral	Evaluación
12	Pensamiento Crítico	Evaluar comprensión de jerarquía de evidencia científica	Comparación de diseños	Análisis
13	Pensamiento Crítico	Evaluar capacidad para explicar discrepancias en literatura	Resolución de contradicciones	Síntesis
14	Pensamiento Crítico	Evaluar habilidad para proponer diseños que resuelvan brechas	Solución de problemas de investigación	Creación
15	Pensamiento Crítico	Evaluar enfoque sistemático inicial en consulta clínica	Enfoque metódico	Aplicación

16	Pensamiento Crítico	Evaluar consideración de factores relevantes en decisiones clínicas	Análisis multifactorial	Análisis
17	Pensamiento Crítico	Evaluar diseño de planes de cuidado basados en evidencia	Planificación estratégica	Síntesis
18	Interpretación	Evaluar comprensión de interacciones medicamentosas	Aplicación de conocimientos farmacológicos	Aplicación
19	Pensamiento Crítico	Evaluar síntesis de evidencia para recomendación balanceada	Evaluación integrativa	Evaluación
20	Pensamiento Crítico	Evaluar comunicación de evidencia científica a pacientes	Comunicación efectiva	Síntesis

Nota: Elaboración propia con base en la rúbrica de validación del instrumento.

La prueba se calificó con una puntuación máxima de 40 puntos, asignando:

- 2 puntos a las respuestas abiertas completamente justificadas y a las respuestas correctas de opción múltiple con única respuesta
- 1 punto a las justificaciones parciales o a las preguntas cerradas correctas
- 0 puntos a las respuestas incorrectas o ausentes.

8.1.3 Desempeño Global en la Prueba de Entrada

Los puntajes obtenidos por cada participante se presentan en la **Figura 7**.

Figura 7.

Puntajes individuales en la prueba de entrada (máximo 40 puntos)



Nota: El gráfico muestra una variabilidad importante en los desempeños, con un rango de 16 puntos entre el puntaje más bajo (AE5, 22) y el más alto (AE3, 38).

Estadísticas descriptivas:

- Media: $\bar{x} = 29.6$ puntos
- Mediana: 29 puntos
- Desviación estándar: $s = 6.4$ puntos
- Mínimo: 22 puntos (AE5)
- Máximo: 38 puntos (AE3)

El puntaje promedio de 29.6/40 (74%) ubica al grupo en un nivel intermedio-avanzado en términos generales, aunque la desviación estándar (6.4) indica una dispersión moderada. Llama la atención que la participante con mayor experiencia profesional (AE5, más de 5 años) haya obtenido el puntaje más bajo (22/40). Este hallazgo sugiere que sólo la acumulación de años de práctica clínica no se traduce automáticamente en mejores habilidades investigativas, un resultado que coincide con lo señalado por Rojas, Castro y Siccha (2019), quienes encontraron que solo el 38% del personal en enfermería en Latinoamérica aplican metodología investigativa en su práctica diaria, independientemente de su antigüedad.

8.1.4 Análisis por Habilidad de la Prueba de Entrada

Para analizar el estado inicial de las habilidades investigativas (interpretación y pensamiento crítico) en los auxiliares de enfermería, se aplica la prueba de entrada en el cual 17 preguntas son de opción múltiple (respuesta única) y 3 son abiertas (preguntas 1, 11 y 20).

A modo de ejemplo, se describe la calificación de la pregunta 20 (síntesis y comunicación), cuyo escenario pide explicar a un paciente lo que se sabe actualmente sobre la curcumina en Parkinson, incluyendo al menos tres puntos clave.

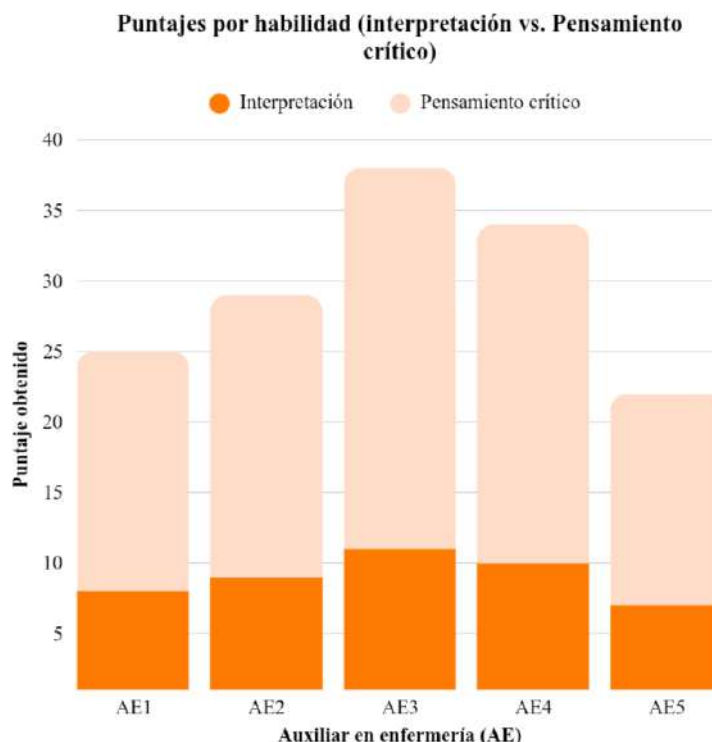
- AE3: “1. la curcumina podría tener efectos antioxidantes y antiinflamatorios. 2. Los estudios clínicos en pacientes no han demostrado beneficios claros o significativos en la mejoría de los síntomas. 3. La evidencia disponible es limitada y de baja calidad, por lo que todavía no se puede recomendar la curcumina como tratamiento para el Parkinson.”
 - 2 puntos. Justificación completa: integra mecanismo, limitaciones de la evidencia y conclusión prudente.
- AE1: “la curcumina hace que no se degenera. La proteína ayuda a que no se forme mal. La curcumina no solo ayuda con el Alzheimer también tiene otros beneficios para otras enfermedades.”
 - 1 punto. Responde con ideas sueltas, incompletas y con errores conceptuales (confunde Alzheimer con Parkinson, no menciona las limitaciones de la evidencia).
- AE5: “No tiene ningún efecto comprobando. Puede haber posibles interacciones.”
 - 0 puntos. Respuesta insuficiente, no desarrolla los tres puntos solicitados y muestra una postura extrema sin matices.

Este mismo procedimiento se aplica a todas las preguntas abiertas y cerradas. La **Figura 7** presenta los puntajes individuales de los cinco participantes.

Para profundizar en el desempeño, se agrupan las preguntas según la habilidad evaluada. La interpretación comprende las preguntas 1, 2, 5, 6, 10, 18 (máximo 12 puntos). Pensamiento Crítico comprende las preguntas 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20 (máximo 28 puntos). La **Figura 8** presenta los puntajes individuales por habilidad.

Figura 8.

Puntajes por habilidad en la prueba de entrada.



Los puntajes se concentran entre 7 y 11 puntos (media de 9,0/12, 75 %), con una dispersión baja. En cambio, en Pensamiento Crítico la dispersión es amplia: los valores oscilan entre 15 y 27 puntos (media de 20,6/28, 73,6 %), con una desviación estándar de 4,8 puntos. Los auxiliares AE3 y AE4 destacan en tareas de análisis, evaluación y síntesis, mientras que AE1 y AE5 presentan dificultades importantes. Este patrón sugiere que las habilidades de orden superior (pensamiento crítico) presentan una brecha mayor que las de interpretación básica, lo que justifica orientar el diseño del OVA hacia el fortalecimiento de aquellas.

Para profundizar en el pensamiento crítico, se analizan las respuestas a las tres preguntas abiertas (1, 11 y 20) mediante el software Atlas.ti. Se realiza una codificación inductiva de los fragmentos de respuesta y se construyen redes semánticas para visualizar relaciones entre conceptos, aciertos y dificultades. A continuación se presentan los resultados por pregunta.

Pregunta 1: Comprensión del proceso de extracción

La **Figura 9** presenta la red semántica obtenida. La pregunta indaga si la preparación casera de cúrcuma con miel (sin ácido cítrico ni métodos de laboratorio) puede producir los mismos efectos que el extracto purificado del estudio.

Figura 9.

Red semántica del análisis cualitativo – Pregunta 1 (comprensión del proceso de extracción)



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de respuesta de los auxiliares de enfermería.

Realizada en ATLAS.ti

Las respuestas textuales de los auxiliares se resumen en la **Tabla 3**.

Tabla 3.

Respuestas de la prueba de entrada de la pregunta 1

Auxiliar de enfermería (AE)	Respuesta
AE1	No creo que le haga el mismo efecto, aunque la curcumina sea el ingrediente principal para la receta necesitas si o si de miel, curcumina y ácido cítrico

AE2	La curcumina es significativamente mejor que el placebo
AE3	La curcumina es significativamente mejor que el placebo
AE4	La curcumina es significativamente mejor que el placebo
AE5	La curcumina es significativamente mejor que el placebo

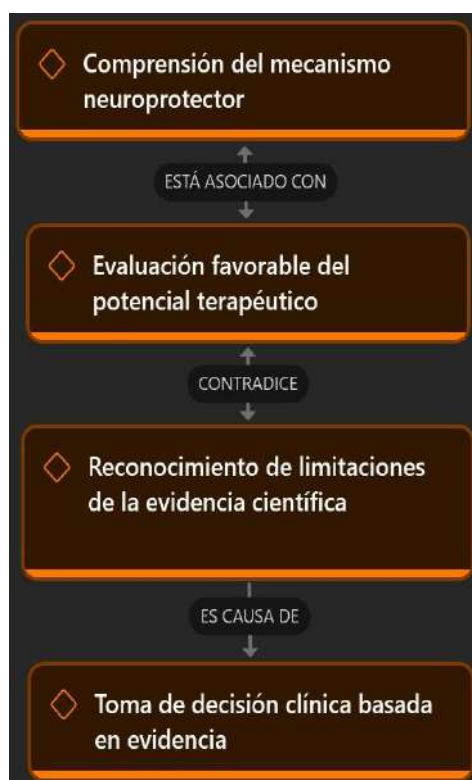
La red evidencia que la comprensión del proceso de extracción se relaciona directamente con el reconocimiento de variables experimentales (ácido cítrico, calor, método de laboratorio). Solo AE1 logra establecer esta relación y responde correctamente que la preparación casera no tendría los mismos efectos. En contraste, AE2, AE3, AE4 y AE5 responden con una frase que no responde a la pregunta (“La curcumina es significativamente mejor que el placebo”), lo que constituye una interpretación incorrecta de resultados científicos. Cuatro de los cinco auxiliares no distinguen entre la eficacia de un compuesto purificado (estudio) y una preparación casera sin control de variables.

Pregunta 11: Evaluación crítica de estudios con conflicto de interés

La **Figura 10** muestra la red semántica de la pregunta 11, donde los participantes deben evaluar cómo consideran un análisis de estudios financiados por la industria al recomendar curcumina a pacientes con Parkinson y el **anexo 7** se evidencian los códigos que se utilizaron para lograr la red semántica.

Figura 10.

Red semántica *del análisis cualitativo* – Pregunta 11 (evaluación de conflictos de interés)



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de respuesta de los auxiliares de enfermería.

Realizada en ATLAS.ti

Las respuestas textuales se presentan en la **Tabla 4**.

Tabla 4.

Respuestas de la prueba de entrada de la pregunta 11.

Auxiliar de enfermería (AE)	Respuesta
AE1	Yo recomendaría la cúrcuma desde el minuto 1 que se entere el paciente de la enfermedad tomar en las mañanas como un té.
AE2	Sí, definitivamente, porque si evita el mal plegamiento, previene todo el proceso.
AE3	Probablemente sí, pero podrían existir otros factores de daño neuronal no relacionados con la alfa-sinucleína.
AE4	No, porque los estudios solo se han hecho en laboratorio, no en pacientes.

AE5	No hay suficiente evidencia para hacer tal afirmación.
-----	--

La red muestra una contradicción entre dos posturas; AE2 y AE3 comprenden el mecanismo neuroprotector y evalúan favorablemente el potencial de la curcumina (aunque AE3 introduce matices sobre otros factores de daño neuronal). AE4 y AE5 reconocen las limitaciones de la evidencia (falta de estudios en pacientes, insuficiencia de evidencia). AE1 no aparece en la red porque su respuesta es una recomendación sin ningún análisis crítico. El pensamiento crítico (reconocer sesgos, limitaciones metodológicas) está presente solo en AE4 y AE5, mientras que AE2 y AE3 se basan principalmente en la comprensión mecanicista sin evaluar la calidad de la evidencia.

Pregunta 20: Comunicación de evidencia a pacientes

La **Figura 11** presenta la red semántica de la pregunta 20, donde los participantes deben explicar a un paciente (Carlos) lo que se sabe actualmente sobre la curcumina en Parkinson, incluyendo al menos tres puntos clave.

Figura 11.

Red semántica del análisis cualitativo – Pregunta 20 (comunicación de evidencia a pacientes)



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de respuesta de los auxiliares de enfermería.

Realizada en ATLAS.ti

Las respuestas textuales se presentan en la **Tabla 5**.

Tabla 5.

Respuestas de la prueba de entrada de la pregunta 20.

Auxiliares de enfermería (AE)	Respuesta
AE1	● la curcumina hace que no se degeneren ● La proteína ayuda a que no se forme mal ● La curcumina no solo ayuda con el Alzheimer también tiene otros beneficios para otras enfermedades
AE2	Prevenir la agregación de proteínas.. Protege las neuronas dopaminérgicas de la muerte Actúa neutralizando los radicales libres y reduciendo la inflamación crónica del cerebro.
AE3	1. la curcumina podría tener efectos antioxidantes y antiinflamatorios. 2. Los estudios clínicos en pacientes no han demostrado beneficios claros o significativos en la mejoría de los síntomas. 3. La evidencia disponible es limitada y de baja calidad, por lo que todavía no se puede recomendar la curcumina como tratamiento para el Parkinson.
AE4	1. La evidencia científica es limitada no se puede comprobar su beneficio claro 2. Actualmente solo se puede considerar como experimental y su uso sería complementario no sustituir el tratamiento médico. 3. Se debe evaluar su caso de manera individual ya que cada organismo puede reaccionar de distintas maneras.
AE5	No tiene ningún efecto Comprobando. Puede haber posibles interacciones.

La red muestra que la comprensión del mecanismo neuroprotector se asocia con la integración de evidencia científica (mencionar limitaciones de los estudios, calidad de la evidencia), y esta integración es causa de un juicio clínico y uso responsable (recomendar con precaución, no sustituir el tratamiento médico, evaluar cada caso). AE3 y AE4 logran esta ruta completa. AE1 y AE5 caen en la simplificación o sobreinterpretación: AE1 exagera los beneficios y confunde Alzheimer con Parkinson; AE5 niega rotundamente cualquier efecto.

AE2 presenta comprensión del mecanismo pero no integra las limitaciones de la evidencia ni emite un juicio clínico responsable.

El análisis con Atlas.ti confirma una brecha importante en las habilidades de pensamiento crítico. Ningún auxiliar demuestra un desempeño sólido en las tres preguntas simultáneamente. AE4 es el único que aparece en dos de las tres (preguntas 11 y 20). AE1 responde correctamente la pregunta 1, pero falla en las otras dos. AE5, con el puntaje más bajo (22), muestra un desempeño parcialmente adecuado en la pregunta 11 (reconoce la falta de evidencia). Estos hallazgos evidencian que las tareas de mayor complejidad cognitiva (evaluar fuentes, identificar sesgos, sintetizar información para pacientes) son las que presentan mayores dificultades, lo que justifica el diseño del OVA para fortalecer específicamente esas competencias.

Los hallazgos de la prueba de entrada confirman una brecha importante en las habilidades investigativas de los auxiliares de enfermería, especialmente en pensamiento crítico. Las dificultades se concentran en tareas de evaluación de fuentes, identificación de sesgos, resolución de contradicciones y comunicación balanceada de evidencia a pacientes. La alta dispersión de los puntajes (Desviación Estándar = 6,4) y el hecho de que la auxiliar con mayor experiencia clínica (AE5) obtenga el puntaje más bajo indican que estas competencias no se desarrollan espontáneamente con la práctica, sino que requieren una formación explícita y sistemática.

La heterogeneidad inicial del grupo (rango de 16 puntos) refuerza la necesidad de una estrategia didáctica que homogenice los desempeños, nivelando a quienes presentan mayores dificultades sin limitar a quienes ya tienen un nivel avanzado. El análisis cualitativo con Atlas.ti revela patrones específicos de dificultad: en la pregunta 1, solo AE1 comprende el proceso de extracción; en la pregunta 11, AE4 y AE5 reconocen las limitaciones metodológicas; en la pregunta 20, solo AE3 y AE4 logran integrar evidencia y emitir un juicio clínico responsable. Ningún auxiliar demuestra un desempeño sólido en las tres dimensiones, lo que indica que el pensamiento crítico e interpretación son habilidades multidimensionales que requieren ser fortalecidas en diferentes frentes.

A partir de estas necesidades, se diseña e implementa el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) SynCurm. Su estructura en tres módulos atiende directamente las dificultades identificadas: el módulo 1 fortalece la comprensión de la base molecular de la enfermedad; el módulo 2 promueve la evaluación crítica de evidencia científica; y el módulo

3 integra la experimentación para favorecer la interpretación de datos y la toma de decisiones clínicas. A continuación se presenta el diseño y la aplicación de esta herramienta pedagógica.

8.2. Diseño y Aplicación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)

8.2.1 Diseño del Objeto Virtual de Aprendizaje

El OVA, denominado SynCurm (**Figura 12**), fue diseñado como una herramienta digital que integra contenidos teóricos, experimentales y bioinformáticos alrededor de la enfermedad de Parkinson y el potencial inhibitorio de la curcumina sobre la agregación de α -sinucleína. La plataforma elegida fue Canva, por su facilidad de uso, accesibilidad desde dispositivos móviles y computadores, y por permitir la incorporación de hipervínculos, videos, simuladores y documentos descargables.

Figura 12.

Interfaz de inicio del OVA SynCurm



Nota: tomado del sitio web <https://syncurm.my.canva.site/>

8.2.1.1 Enfoque Didáctico y Organización de Contenidos.

El diseño del OVA se sustenta en un enfoque constructivista, en el cual el aprendizaje se concibe como un proceso activo de construcción de conocimiento a partir de la interacción

del participante con los contenidos y su contexto (Ausubel, 2002). En coherencia con este enfoque, se promueve la relación entre los saberes previos de los auxiliares de enfermería y los nuevos conceptos abordados, especialmente en torno a la enfermedad de Parkinson, la agregación de la alfa-sinucleína y el uso de compuestos bioactivos. Asimismo, se incorporan principios de aprendizaje significativo, priorizando la comprensión sobre la memorización, mediante la contextualización de los contenidos en situaciones cercanas a la práctica clínica.

Para operacionalizar estos principios pedagógicos en el diseño tecnológico y en la secuencia formativa, se utiliza el modelo instruccional ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación, Evaluación), ampliamente utilizado en la construcción de objetos virtuales de aprendizaje por su carácter sistemático y flexible (Morales et al., 2016; Belloch, 2017). A continuación se describe cómo cada fase de ADDIE se articula con la metodología de investigación del presente proyecto (descrita en el apartado 7.4) y con los fundamentos constructivistas.

En primer lugar, esta fase corresponde a la primera fase de la investigación (apartado 7.4.1). A partir de los resultados de la prueba de entrada, se identifican las necesidades formativas específicas de los auxiliares de enfermería. Los hallazgos muestran dificultades en la interpretación de espectros infrarrojos, limitaciones para comprender el mecanismo de agregación de la alfa-sinucleína, escasa familiaridad con herramientas bioinformáticas y debilidades en la evaluación crítica de literatura científica. Desde el enfoque constructivista, estos resultados se consideran conocimientos previos que deben servir como punto de partida para el diseño de actividades que promuevan el conflicto cognitivo y la reestructuración de saberes (Ausubel, 2002). Adicionalmente, se consideran las condiciones del contexto, los auxiliares de enfermería laboran en diferentes hospitales y clínicas con horarios rotativos que dificultan su reunión en un mismo centro de trabajo. Por ello, el OVA se diseña bajo un modelo de blended learning (aprendizaje combinado o semipresencial), lo que integra la flexibilidad del b-learning con la riqueza de la presencialidad para actividades prácticas (Garrison & Kanuka, 2004; Nagaki et al., 2025). Este modelo ha demostrado ser efectivo en la formación de profesionales de la salud en Parkinson, mejorando significativamente sus conocimientos y competencias clínicas (Lennaerts-Kats et al., 2022; Nagaki et al., 2025).

Esto responde a la evidencia actual que señala que los programas de formación en Parkinson para profesionales de la salud son más efectivos cuando combinan la autoformación digital con encuentros presenciales para la discusión de casos y la práctica

supervisada (Lennaerts-Kats et al., 2022). La concentración de las sesiones presenciales en fechas fijas previamente acordadas con los participantes resuelve la dificultad de los horarios rotativos, permitiendo que el resto del proceso formativo se desarrolle de manera asincrónica.

En segundo lugar, con base en el análisis, se definen los propósitos de formación del OVA, alineados con el objetivo general de la investigación (apartado 4.1). Estos propósitos son:

1. Comprender la base molecular de la enfermedad de Parkinson, enfatizando el papel de la α -sinucleína y su agregación patológica.
2. Interpretar datos experimentales (espectros IR, resultados de marcha fitoquímica) para caracterizar extractos de curcumina.
3. Aplicar herramientas bioinformáticas básicas (PDB, Chimera, AutoDock Vina, DruLito) para simular la interacción curcumina- α -sinucleína.
4. Evaluar críticamente estudios científicos sobre terapias complementarias en Parkinson y formular recomendaciones clínicas fundamentadas.

Desde el enfoque constructivista, estos propósitos buscan que el aprendiz construya activamente su conocimiento a través de la resolución de problemas y la reflexión sobre su propia práctica (Schön, 1983). El OVA se estructura en tres módulos progresivos (**Tabla 6**), diseñados para articular fundamentos teóricos, interpretación de evidencia científica y aplicación experimental.

Tabla 6.

Estructura modular del OVA y duración de las sesiones presenciales

Módulo	Título en la página web	Contenidos principales	Actividades propuestas	Duración de la sesión presencial
1	De la bioquímica a la clínica	Concepto de enfermedad de Parkinson; fisiopatología; agregación de alfa-sinucleína;	Actividad interactiva denominada <i>Time to climb</i> , con el fin de evaluar la comprensión de la fisiopatología de la enfermedad de	2 horas

		formación de oligómeros y cuerpos de Lewy; implicaciones neurodegenerativas.	Parkinson y la agregación de la alfa-sinucleína, mediante preguntas orientadas a la interpretación de procesos biológicos.	
2	Interpretación crítica de la evidencia científica	se abordaron los diferentes niveles de evidencia (in silico, in vitro, en animales y ensayo clínico en humanos), enfatizando qué el alcance del presente estudio se limita al nivel in silico.	Se implementó la actividad interactiva denominada “semáforo de la evidencia”, actividad de cierre <i>Time to climb</i> que ayuda al Fortalecimiento del pensamiento crítico y la interpretación de evidencia científica, a través de preguntas situacionales y análisis de conceptos como investigación in silico, in vitro e in vivo	1.5 horas
3	Caracterización fitoquímica y análisis molecular del NADE SynCurm	Aplicación de herramientas experimentales y bioinformáticas, para el análisis del NADE SynCurm	Aplicación del conocimiento experimental mediante el desarrollo de un laboratorio de caracterización fitoquímica	2 horas

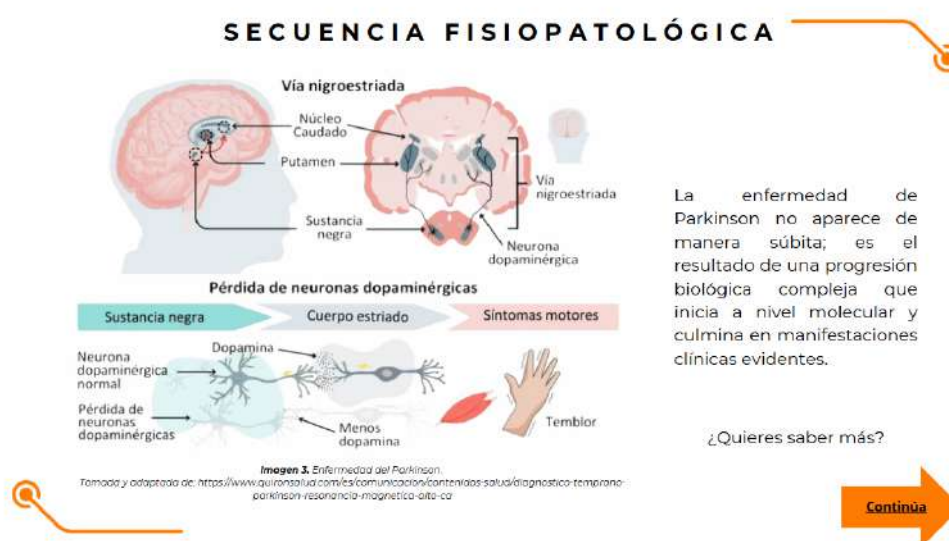
Nota: Elaboración propia a partir de la estructura del sitio web

El diseño del OVA SynCurm, incorporó una diversidad de recursos pedagógicos orientados a promover el aprendizaje activo, la participación del estudiante y el desarrollo de habilidades investigativas en auxiliares de enfermería. En este sentido, se integraron contenidos teóricos, recursos visuales, herramientas digitales interactivas y actividades aplicadas, articuladas de manera progresiva a lo largo de los módulos.

Los contenidos teóricos fueron organizados en bloques breves y secuenciados, acompañados de esquemas, diagramas y representaciones visuales que facilitaron la comprensión de conceptos complejos relacionados con la enfermedad de Parkinson, la alfa-sinucleína y la caracterización de compuestos bioactivos, como se evidencia en la **Figura 13**. Esta estructura permitió reducir la sobrecarga cognitiva y favorecer un aprendizaje significativo. Asimismo, la estructura de la página web se presenta en el **anexo 1**.

Figura 13.

Contenido teórico de la página Syn Curm



Nota: tomado del sitio web <https://syncurm.my.canva.site/>

8.2.1.2 Diseño Tecnológico y Entorno Digital.

El OVA SynCurm fue desarrollado en la plataforma Canva, elegida por su versatilidad para la creación de entornos visuales interactivos, su accesibilidad gratuita y su compatibilidad con dispositivos móviles y computadores. Esta herramienta permitió diseñar

una interfaz intuitiva, organizada y visualmente atractiva, facilitando la navegación autónoma de los participantes sin requerir conocimientos técnicos avanzados.

La arquitectura de la información se estructuró bajo una lógica de navegación no lineal, donde los usuarios pueden acceder a los contenidos mediante hipervínculos, botones interactivos y un menú principal visible en todas las páginas. Esta flexibilidad responde a las dinámicas de tiempo de los auxiliares de enfermería, quienes pueden explorar los módulos en el orden que prefieran o visitar secciones específicas según sus necesidades de aprendizaje (Salinas, 2012).

La estructura del OVA se organizó en secciones visuales diferenciadas, donde cada módulo presenta:

- Introducción breve
- Contenidos segmentados en bloques
- Elementos visuales de apoyo
- Acceso a actividades mediante hipervínculos

Además, se implementó un diseño responsive que se adapta a diferentes tamaños de pantalla, aspecto fundamental dado que algunos participantes accedieron desde sus teléfonos móviles.

8.2.1.3 Integración de Recursos Multimedia e Interactividad.

El diseño del OVA incorporó diversos recursos multimedia con el fin de facilitar la comprensión de conceptos complejos, especialmente aquellos relacionados con procesos moleculares y experimentales. Entre estos recursos se incluyen:

- **Imágenes explicativas:** Se emplearon imágenes ilustrativas que permiten visualizar estructuras y procesos biológicos, como la representación de la alfa-sinucleína en condiciones fisiológicas y patológicas, así como la formación de cuerpos de Lewy en la enfermedad de Parkinson. Estas imágenes facilitaron la comprensión de fenómenos que no son observables directamente.
- **Esquemas y diagramas:** Se diseñaron esquemas que sintetizan la información compleja como el proceso de agregación de la proteína alfa-sinucleína y diagramas explicativos sobre el mecanismo de acción de compuestos bioactivos, lo que permitió

organizar la información de manera secuencial y comprensible para los auxiliares en enfermería.

- **Actividades interactivas externas:** Se incluyó actividades desarrolladas en plataformas externas, tales como herramientas de gamificación y evaluación interactiva (por ejemplo, cuestionarios tipo Time to Climb y recursos diseñados en Genially), las cuales fueron implementadas al finalizar cada módulo con el propósito de evaluar la comprensión de los contenidos abordados y promoviendo la reflexión y el aprendizaje activo (Mayer, 2009).

En coherencia con el diseño del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), los módulos 1 y 2 estuvieron orientados a la apropiación de fundamentos teóricos. Posteriormente, se desarrolló la fase experimental previa, en la cual se llevó a cabo la obtención y caracterización del sistema NADES SynCurm. Este proceso permitió estandarizar el procedimiento y generar el insumo necesario para su implementación con los auxiliares en enfermería.

Con base a esta preparación, se diseñó el módulo 3 del OVA, correspondiente a la fase experimental, en el que los auxiliares de enfermería realizaron el procedimiento fitoquímico bajo un ambiente controlado y siguiendo un protocolo definido de laboratorio. De esta manera los participantes no solo observan el procedimiento, sino que aplican los conocimientos adquiridos, fortaleciendo la relación entre la teoría y la práctica en el contexto del estudio.

En este orden de ideas, a continuación se presentan los resultados obtenidos en la caracterización del sistema NADES SynCurm, incluyendo el proceso de extracción y secado de la cúrcuma, la marcha fitoquímica, el análisis por espectroscopía infrarroja (IR), el perfil cromatográfico (HPLC) y el rendimiento del extracto. Estos análisis constituyen la base científica del Módulo 3 del OVA, donde los auxiliares de enfermería realizaron una actividad práctica de laboratorio para identificar metabolitos secundarios en el extracto y relacionarlos con su potencial actividad biológica en el contexto de la enfermedad de Parkinson.

8.2.1.4 Modulo 3: Preparación de la Fase Experimental.

8.2.1.4.1 Extracción y Secado de la *Cúrcuma Longa*.

El sistema NADES denominado SynCurm fue preparado a partir de la extracción de compuestos bioactivos de *Cúrcuma Longa* (cúrcuma) utilizando un solvente eutéctico profundo natural (NADE) compuesto por ácido cítrico, glucosa, que fue reemplazada por miel y agua.

Previamente, se realizó una extracción convencional mediante el método soxhlet, empleando hexano como solvente, con el propósito de establecer un punto de comparación en términos de tiempo y rendimiento frente al sistema NADE. a partir de este procedimiento se obtuvo un rendimiento de 1,8%, sin embargo, el análisis por espectroscopia infrarroja (IR) del extracto evidencio que este método no permite una extracción adecuada de la curcumina, al no identificarse de manera clara las bandas características de este compuesto, además que su tiempo de atracción es mayor que el del NADE. El procedimiento experimental y el espectro IR correspondientes se presentan en el **Anexo 8**.

Posteriormente, se procedió con la preparación del NADE (ácido cítrico-miel-agua) y la extracción del compuesto bioactivo de la cúrcuma. A continuación, se describen las etapas de secado del material vegetal, la preparación del NADE y las condiciones de extracción.

8.2.1.4.2 Secado y Acondicionamiento de la *Cúrcuma*.

Se utilizaron 500 g de cúrcuma fresca (*Cúrcuma Longa*), adquirida en la plaza de mercado Corabastos en Bogotá (sin procedencia específica documentada). El material vegetal fue sometido a un proceso de secado controlado en estufa de aire recirculado a 70 °C, siguiendo un protocolo intermitente para asegurar la eliminación completa de la humedad sin degradar los compuestos termolábiles (Ballesteros-Vivas et al., 2019). Antes del secado, los tubérculos fueron pelados manualmente y cortados en trozos pequeños (aproximadamente 0.5 cm de arista) para aumentar la superficie de contacto y favorecer la transferencia de calor y masa.

El secado se realizó de la siguiente manera (**Anexo 9**):

1. Pesada inicial de los trozos de cúrcuma fresca.
2. Primer ciclo: 4 horas en estufa a 70 °C, seguido de pesada.
3. Ciclos sucesivos: intervalos de 30 min, 30 min, 1 h, 30 min y 30 min, con pesada al final de cada intervalo.

4. Finalización: se consideró el secado completo cuando se alcanzó peso constante (variación $\leq 0.1\%$ entre dos pesadas consecutivas).

El tiempo total de secado fue de 7 horas (no continuas, sino con las pausas descritas). El material seco presentó una textura quebradiza y un color amarillo intenso característico de los curcuminoides (Priyadarsini, 2014). Una vez seco, se pasaron a un desecador, en el cual se denominó como “cúrcuma seca granular”, que posteriormente, se utilizó en la etapa de extracción.

Cabe aclarar que esta fase del procedimiento no fue realizada por los auxiliares en enfermería, debido a las limitaciones de tiempo asociadas a la duración del proceso de secado y a las condiciones laborales de los participantes, quienes debían cumplir con sus jornadas de trabajo, por esta razón el material fue previamente preparado.

8.2.1.4.3 Preparación del NADE y Extracción de Curcumina.

El NADE se preparó siguiendo la metodología descrita por Liu et al. (2020) para sistemas ácido cítrico - glucosa - agua. En este proyecto, la glucosa fue sustituida por miel, debido a que, comparte propiedades fisicoquímicas, como su alto contenido de azúcares reductores y su capacidad para participar en interacciones de puentes de hidrógeno, fundamental en la formación de solventes eutécticos naturales.

Esta modificación se realizó con el propósito de obtener un sistema con potencial como producto funcional. En consecuencia, el NADE quedó conformado por ácido cítrico - miel - agua con modificaciones en las proporciones para maximizar la solubilidad de los curcuminoides. Para un volumen final de 10 mL de NADES, se mezclaron:

- 4.33 g de ácido cítrico anhidro (donador de puentes de hidrógeno, pureza $\geq 99\%$)
- 5.06 g de miel de abeja (fuente natural de azúcares y compuestos fenólicos, actúa como co-solvente y estabilizante)
- 0.61 mL de agua destilada (para ajustar la viscosidad y facilitar la formación de la mezcla eutéctica)

Los componentes se colocaron en un vaso de precipitado y se calentaron en una plancha de agitación magnética a temperatura $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (controlada con termómetro) durante 30 minutos, con agitación constante a 4000 rpm. Se observó la formación de una solución

homogénea, de color ámbar claro (similar a la miel original), sin presencia de sólidos no disueltos **Figura 14.**

Figura 14.

Preparación del NADE (ácido cítrico-miel-agua)



Una vez obtenido el NADES homogéneo, se añadieron 0.5 g de cúrcuma seca granular (relación sólido-líquido 1:20, p/v) y la mezcla se sometió a baño de ultrasonido (40 kHz, potencia nominal 100 W) a 60 °C durante 20 minutos. La asistencia por ultrasonido favorece la ruptura de las paredes celulares y la liberación de curcuminoides, mejorando la eficiencia de extracción sin necesidad de tiempos prolongados (Chemat et al., 2017). Durante este proceso, se observó un cambio de coloración: la mezcla pasó de un tono miel-ámbar a un color anaranjado intenso, con partículas de cúrcuma en suspensión (**Figura 15**). Este viraje cromático es indicativo de la solubilización de los pigmentos curcuminoides en el NADE (Liu et al., 2020).

Figura 15.

Procedimiento de extracción de la curcumina con NADE (ácido cítrico-miel-agua)



Al finalizar la extracción, se pasó por centrifuga 4000 rpm por 30 minutos, el sobrenadante, denominado extracto SynCurm, se almacenó en viales ámbar a 4 °C para su posterior caracterización (marcha fitoquímica, espectroscopía IR, HPLC), qué se verá a continuación.

8.2.1.4.4 Fundamentación de la Elección del NADES.

La selección del sistema ácido cítrico-miel-agua se basó en su baja toxicidad, su biodegradabilidad y su capacidad para formar puentes de hidrógeno con grupos hidroxilo y carbonilo de la curcumina (Liu et al., 2020). El ácido cítrico actúa como donador de protones y agente quelante, mientras que la miel aporta azúcares reductores y compuestos fenólicos que estabilizan el extracto (Ballesteros-Vivas et al., 2019). Además, este NADE cumple con los principios de la química verde: los componentes son de origen natural, no volátiles, no inflamables y requieren baja energía para su síntesis (Kaur et al., 2023).

8.2.1.4.5 Punto de fusión / punto de caramelización NADE.

En relación con el análisis térmico, el punto de fusión constituye un parámetro fundamental para evaluar la interacción entre los componentes de una mezcla. Los solvente eutécticos profundos naturales NADE se componen por un donador de enlaces de hidrógeno (HBD) y un aceptor de enlaces de hidrógeno (HBA), en el cual, esta interacción provoca la deslocalización de la carga del compuesto y la disminución de la energía reticular, lo que provoca que el punto de fusión disminuya, es decir, este solvente debe tener un punto de

fusión inferior a cualquiera de los componentes individuales, debido principalmente a los enlaces de hidrógeno. (Yi et, al. 2024).

En este proyecto de investigación los puntos de fusión/caramelización del NADE se presentan en la **Tabla 7**.

Tabla 7.
Punto de fusión / caramelización de los componentes del NADE

Reactivo	Punto de fusión / caramelización teórico	Punto de fusión / caramelización experimental
Ácido cítrico	153°C	160°C
Glucosa	146°C	158°C
NADE (Ácido cítrico - glucosa -agua)	-	110°C
miel	110°C	110°C _A
NADE (Ácido cítrico- miel-agua)	-	98°C

Como se evidencia en la **Tabla 7**, el ácido cítrico presentó un punto de fusión experimental de 160°C cercano al valor teórico de 153°C, mientras que la glucosa mostró un valor experimental de 158°C frente a uno teórico de 146°C, en el cual, indica que estas variaciones pueden atribuirse a una velocidad de calentamiento rápido durante la práctica, el cual no permite que el termómetro alcance el equilibrio térmico con la muestra. Asimismo, el NADE elaborado a partir del ácido cítrico, glucosa y agua presentó un punto de fusión de 110°C, significativamente menor a sus componentes individuales, lo cual confirma la formación de puentes de hidrógeno, que reducen el punto de fusión del sistema NADE. Este comportamiento es característico de los NADE y respalda su correcta formación.

Por otra parte, al sustituir la glucosa por la miel, se evidencia que la miel presenta un punto de caramelización de 110°C, que coincide con el valor experimental obtenido. El NADE formulado con ácido cítrico, miel y agua mostró un punto de fusión aún menor de 98°C, lo que sugiere una mayor eficiencia.

Estos resultados evidencian que tanto el NADE convencional como el formulado con la miel cumplen con los criterios fundamentales de presentar un punto de fusión inferior al de sus componentes, siendo este último un sistema particularmente eficiente. En este sentido, la miel, aporta compuestos bioactivos como azúcares reductores, compuestos fenólicos y antioxidantes, los cuales pueden contribuir a mejorar el valor nutricional y las propiedades funcionales del producto final.

Asimismo, el uso de NADES formulados con ingredientes de origen natural y comestibles representa una estrategia prometedora para la extracción de compuestos de interés, como lo es la curcumina, favoreciendo simultáneamente la obtención de extractos con potencial aplicación en matrices alimentarias con propiedades funcionales.

8.2.1.4.6 Marcha Fitoquímica del Extracto SynCurm.

La caracterización fitoquímica cualitativa del extracto se realizó siguiendo los protocolos estándar descritos por Martínez y Valencia (2019) y los reactivos específicos para cada grupo de metabolitos secundarios. Los resultados se resumen en la **Tabla 8**.

Tabla 8.

Resultados de la marcha fitoquímica del extracto de Cúrcuma longa con NADES

Metabolito	Prueba / Reactivo	Resultado	Registro fotográfico	Observación
Alcaloides	Dragendorff	Positivo (+)		Precipitado anaranjado característico

Alcaloides	Mayer	Positivo (+)		Precipitado blanco amarillento
Saponinas	Espuma persistente	Negativo (-)		No se observó formación de espuma estable
Compuestos fenólicos	FeCl ₃ (cloruro férico) al 5%	Positivo (+)		Coloración marrón intenso
Flavonoides	Shinoda (Mg + HCl)	Positivo (+)		Coloración magenta / roja

Los resultados positivos para compuestos fenólicos, alcaloides y flavonoides indican la presencia de estos grupos en el extracto, mientras que la ausencia de saponinas sugiere que el sistema NADES no extrajo este tipo de compuestos en cantidades detectables.

Análisis de la prueba para alcaloides (reactivos de Dragendorff y Mayer)

La detección de alcaloides se basa en la formación de complejos de precipitación entre los reactivos específicos y los nitrógenos básicos presentes en estas moléculas (Domínguez, 2019). En el extracto se obtuvieron dos resultados positivos:

- Reactivo de Dragendorff (solución de yoduro de bismuto potásico): produjo un precipitado anaranjado, indicativo de la formación del complejo $[\text{BiI}_4 \cdot \text{alcaloide}]^-$.
- Reactivo de Mayer (solución de yoduro mercuríco potásico): generó un precipitado blanco amarillento, típico del complejo $[\text{HgI}_4]^{2-} \cdot \text{alcaloide}$.

Si bien la curcumina no es un alcaloide, el rizoma de *Cúrcuma Longa* contiene pequeñas cantidades de compuestos nitrogenados, como piperina y otros alcaloides pirrolidinícos, que han sido reportados en estudios previos (Kumar et al., 2017; Meng et al., 2018). La positividad de ambas pruebas sugiere que el sistema NADES fue capaz de coextraer estos metabolitos secundarios, probablemente por su afinidad a la matriz hidrofílica del solvente (ácido cítrico, miel, agua). La presencia de alcaloides, aunque en baja concentración, puede contribuir a la actividad biológica del extracto, pues algunos de ellos han mostrado propiedades antioxidantes y moduladoras de la agregación proteica (Kaur et al., 2023).

Análisis de la prueba para saponinas

La prueba de saponinas se realizó por agitación vigorosa durante un minuto, seguida de reposo durante 15 minutos para evaluar la formación de espuma persistente (Martínez & Valencia, 2019). El resultado fue negativo, ya que no se observó una capa de espuma estable.

Las saponinas son glucósidos triterpénicos o esteroidales con carácter anfifílico que forman espuma en solución acuosa. Su ausencia en el extracto era esperable, pues *Cúrcuma Longa* no se caracteriza por acumular estos compuestos en concentraciones significativas (Nelson et al., 2017). Desde el punto de vista del solvente, el NADES empleado (ácido cítrico, miel, agua) favorece la extracción de compuestos polares como fenoles y flavonoides, pero las saponinas requieren sistemas con mayor capacidad de formación de micelas o solventes con propiedades tensioactivas específicas. Por tanto, el resultado negativo no representa una limitación para el uso posterior del extracto en ensayos de inhibición de α -sinucleína.

Análisis de la prueba para fenoles (cloruro férrico)

La prueba con FeCl_3 al 5% es una reacción colorimétrica ampliamente utilizada para la detección de compuestos fenólicos. Su fundamento radica en la formación de complejos de coordinación entre los iones Fe^{3+} y los grupos hidroxilo ($-\text{OH}$) presentes en los fenoles, generando colores que varían desde el verde, azul, violeta hasta el marrón, dependiendo de la estructura específica del polifenol, del número y posición de los grupos $-\text{OH}$, y de la presencia de otros sustituyentes como metoxilos (Domínguez, 2019; Gupta et al., 2013).

En el extracto analizado se observó una coloración marrón intenso tras la adición de FeCl_3 . Este color es típico de la formación de complejos de transferencia de carga entre el hierro y polifenoles que poseen grupos hidroxilo en posición orto o para con respecto a un grupo metoxilo, como ocurre en la curcumina (Priyadarsini, 2014). La curcumina (1,7-bis(4-hidroxi-3-metoxifenil)-1,6-heptadieno-3,5-diona) contiene dos anillos aromáticos con un patrón hidroxil-metoxi, lo que favorece la formación de complejos coloreados con Fe^{3+} que pueden derivar en tonos marrones, especialmente cuando el extracto presenta una concentración elevada de fenoles totales (Sumanont et al., 2004).

El resultado positivo (marrón intenso) confirma de manera inequívoca la presencia de polifenoles en el extracto, siendo la curcumina el metabolito mayoritario esperado. La intensidad de la coloración sugiere una cantidad apreciable de estos compuestos, lo cual es coherente con la eficacia del sistema NADES (ácido cítrico, miel, agua) para extraer los curcuminoides mediante interacciones de puentes de hidrógeno (Liu et al., 2020). Desde el punto de vista cualitativo, no se observaron tonalidades verdosas o azules, lo que indica ausencia de catecoles o ácidos fenólicos con dos hidroxilos adyacentes en cantidades dominantes; sin embargo, el marrón intenso es igualmente indicativo de una alta carga fenólica total.

Análisis de la prueba para flavonoides (Shinoda)

La reacción de Shinoda se basa en la reducción de flavonoides con magnesio metálico en medio ácido (HCl concentrado), dando lugar a productos de condensación que presentan coloraciones que van del naranja al rojo (Mahato & Chaudhary, 2019). En el extracto se obtuvo una coloración magenta/roja, claramente positiva.

Aunque la curcumina no es un flavonoide estructuralmente, su esqueleto de diarilheptanoide posee un sistema conjugado que puede dar reacciones de coloración

similares bajo condiciones de reducción. Adicionalmente, el rizoma de *Cúrcuma Longa* contiene flavonoides genuinos como quercetina, kaempferol y luteolina, que han sido identificados mediante técnicas cromatográficas (Dosoky & Setzer, 2018). Por lo tanto, el resultado positivo confirma la presencia de compuestos con estructura flavonoide o flavonoides afines, lo que contribuye a la actividad antioxidante y neuroprotectora del extracto.

Discusión integrada

El perfil fitoquímico obtenido permite establecer que el sistema NADES a base de ácido cítrico, miel y agua es un solvente eficaz para la extracción de los grupos de metabolitos secundarios de interés en *Cúrcuma Longa*: fenoles totales (incluyendo curcumina) y flavonoides. La reacción positiva con FeCl_3 , evidenciada por una coloración marrón intenso, confirma la presencia de polifenoles con grupos hidroxilo y metoxilo, características estructurales de la curcumina (Priyadarsini, 2014). La intensidad de este color sugiere una concentración considerable de fenoles totales, lo cual es relevante para los ensayos de inhibición de la agregación de α -sinucleína, ya que se ha reportado que los polifenoles con este patrón de sustitución son capaces de interferir en la formación de fibrillas amiloides (Pérez, 2020).

La presencia de alcaloides, aunque no es el objetivo principal, abre la posibilidad de efectos sinérgicos con los polifenoles en los ensayos biológicos posteriores. La ausencia de saponinas es favorable, pues evita posibles interferencias en la evaluación de la actividad antiagregante de la curcumina, ya que algunos estudios han señalado que las saponinas pueden interferir con la formación de membranas o con la viabilidad celular en cultivos (Nelson et al., 2017).

La prueba de Shinoda positiva (coloración magenta/roja) confirma la existencia de compuestos con estructura flavonoide o flavonoides afines, lo que contribuye a la actividad antioxidante y neuroprotectora del extracto. La marcha fitoquímica cualitativa constituye un primer paso de caracterización que debe ser complementado con técnicas cuantitativas (HPLC) y estructurales (FT-IR) para establecer la pureza y concentración parcial de curcuminoides en el extracto.

En este orden de ideas, la marcha fitoquímica se realizó con el propósito de identificar los metabolitos secundarios presentes en el extracto obtenido, permitiendo establecer una

base inicial sobre sus posibles propiedades biológicas. Este procedimiento no solo facilitó la caracterización del extracto, sino que también sirvió como referente para el diseño de la actividad experimental, de modo que los auxiliares de enfermería pudieran replicar el proceso en el laboratorio y comprender su aplicación en el análisis de compuestos bioactivos.

8.2.1.4.7 Caracterización del Extracto NADE SynCurm por Espectroscopia Infrarroja (IR).

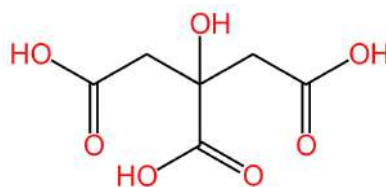
La caracterización del extracto obtenido mediante el sistema NADES se realizó a través de espectroscopia infrarroja (IR), con el propósito de identificar la presencia de compuestos bioactivos de la curcuma, particularmente la curcumina y analizar las posibles interacciones entre los componentes del sistema.

Análisis de espectros individuales de referencia

Inicialmente, se analizaron los espectros infrarrojos de los compuestos individuales empleados en la preparación del sistema NADE, incluyendo ácido cítrico, miel y curcuma, con el fin de establecer las bandas características de referencia y descartar la presencia de compuestos fenólicos asociados a la curcumina en los componentes del solvente eutéctico natural y que este proviene netamente de la curcuma.

Figura 16.

Estructura química del ácido cítrico



Nota: Elaboración propia en la aplicación KingDraw Chemical

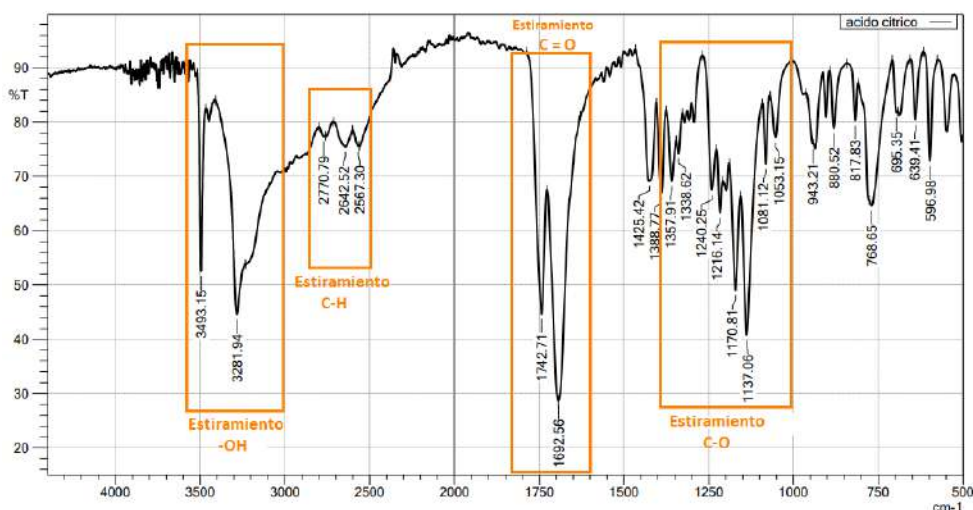
El ácido cítrico cuya fórmula química es $C_6H_8O_7$ y estructura química como se evidencia en la **Figura 16**. En el espectro IR (**Figura 17**) se observa una longitud de onda de 3493.15 cm^{-1} y 3281.94 cm^{-1} , correspondiente al estiramiento de grupos -OH, que de acuerdo con Tsiptsias, et al., (2024) el ácido cítrico se caracteriza por tener un pico agudo en la región de $3100\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$, asociada a este tipo de vibraciones. Asimismo, se identifican

señales en 1742.71 cm^{-1} y 1692.56 cm^{-1} correspondiente al grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$). Según lo reportado por Tsiptsias, et al., (2024) en la región comprendida entre $1650 - 1800\text{ cm}^{-1}$ el ácido cítrico presenta un pico doble característico, lo cual coincide con lo evidenciado en la **Figura 17**. Así mismo, en el espectro IR del ácido cítrico reportado por NITS, (2024) se evidencian las mismas bandas características observadas en el espectro presentado en la **Figura 17**.

Por lo tanto, el espectro infrarrojo obtenido es consistente con los grupos funcionales característicos del ácido cítrico, confirmando su presencia en el IR analizado.

Figura 17.

Espectro IR del ácido cítrico



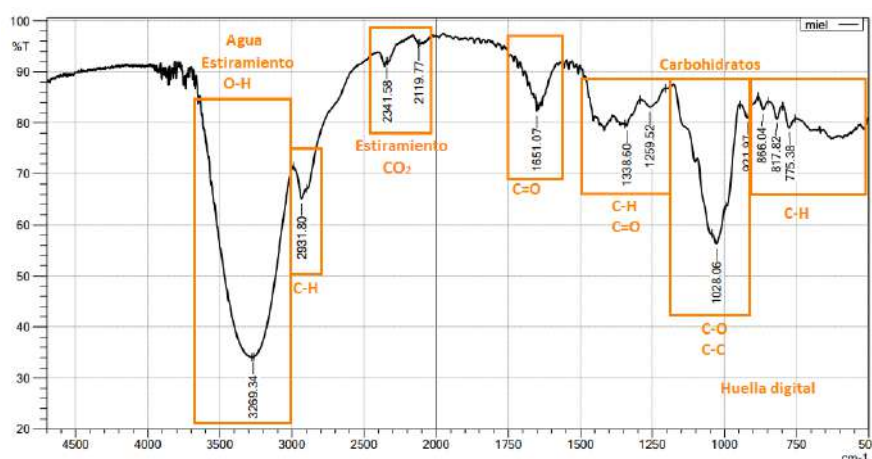
Nota: Departamento de química UPN, laboratorio de química.

Asimismo, la miel es una mezcla compleja compuesta principalmente por azúcares reductores como la glucosa y la fructosa, junto con pequeñas cantidades de agua, compuestos fenólicos, enzimas y otros metabolitos (Santos y Gonzalez, 2017).

Según Sarmiento, O. (2019) las bandas correspondiente a la longitud de onda de 3000 y 3600 cm^{-1} provienen de la molécula del agua, mientras que las bandas de la izquierda del espectro (huella digital) están asociadas a las moléculas de los azúcares presentes.

Figura 18.

Espectro IR de la miel



Nota: Departamento de química UPN, laboratorio de química.

En el espectro infrarrojo (**Figura 18**) se observa una banda en la longitud de onda de 3269.34 cm^{-1} , atribuida al estiramiento de los grupos hidroxilo (-OH), característica al compuesto del agua. Asimismo, en la región de 2931.80 cm^{-1} se evidencia una banda correspondiente al grupo C-H, así como en la región 2341.58 cm^{-1} correspondiente a los grupos CO_2 , como relata Sahlan, et. al. (2022) que en la bandas entre 2800 y 3000 cm^{-1} corresponde a los compuestos C-H y O-H provenientes de la miel y en las bandas entre 2400 y 2200 cm^{-1} correspondiente al grupo CO_2 .

Por otra parte, una banda característica de la miel, es la que se identifican señales en el rango de 1028.06 cm^{-1} hace referencia a las vibraciones de los grupos C-O y C-C, propias de los carbohidratos. como también, se evidencian bandas en 866.04 , 817.82 y 775.38 cm^{-1} asociadas al estiramiento de enlaces C-H, En el cual esta información se evidencia según Sahlan, et. al. (2022) donde dice que en la región entre 950 y 1175 cm^{-1} se encuentran los grupos funcionales de C-O y C-C y en la región de 750 y 950 cm^{-1} se encuentran la banda característica de los C-H.

Aunque la miel puede contener compuestos fenólicos en bajas concentraciones, en el espectro no se encuentran señales definidas correspondientes a los grupos aromáticos característicos de la curcumina, en el cual, sugiere que la miel no aporta interferencias significativas en la identificación de curcumina en el extracto final.

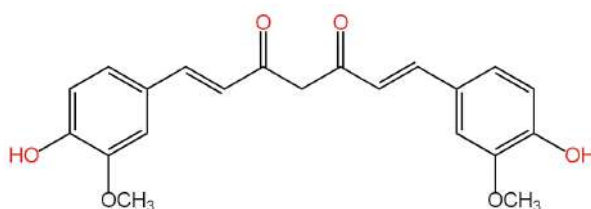
Por otra parte, al incluir la miel en el sistema NADES, en sustitución de la glucosa, se fundamenta por sus propiedades fisicoquímicas similares, favoreciendo interacciones

intermoleculares. por ende, el análisis de su espectro permitió confirmar qué su incorporación no introduce señales que puedan confundirse con la curcumina, garantizando la validez del espectro del extracto final.

Finalmente, la curcuma obtenido a partir del rizoma *Cúrcuma Longa*, qué es un polifenol que contiene curcuminoides, entre ellos la curcumina en un 77%, la demetoxicurcumina en un 17% y la bisdemetoxicurcumina en un 6% (Sharifi, et, al. 2020). En el cual, el compuesto bioactivo de interés es la curcumina por su potencial antiinflamatorio y antioxidante. su estructura química se presenta en la **Figura 19**.

Figura 19.

Estructura de la curcumina



Nota: Elaboración propia en la aplicación KingDraw Chemical

Se realizó el análisis por espectroscopia infrarroja (IR) de diferentes presentaciones de cúrcuma, con el fin de seleccionar la matriz adecuada para el proceso de extracción. En este contexto, se evaluaron tres tipos de muestras: cúrcuma comercial en polvo adquirida en supermercado, cúrcuma granular obtenida a partir del secado del tubérculo de la *Cúrcuma Longa* y curcuma en polvo derivada de la molienda de dicha muestra granular.

A partir del análisis comparativo de los espectros, se evidenció que la curcumina en presentación granular presenta señales definidas con bandas características asociadas a los compuestos fenólicos, relacionados con la curcumina (**Tabla 8**).

En contraste, las muestras en polvo mostraron mayor dispersión en las señales y posibles interferencias, atribuidas a procesos de procesamiento industrial. No obstante, los espectros correspondientes a las muestras analizadas se encuentran en el **anexo 10**.

En consecuencia, se seleccionó la cúrcuma granular como la muestra más adecuada para el proceso de extracción. En la **figura 20** se presenta el espectro infrarrojo correspondiente a esta muestra, mientras que en la **Tabla 9** se resumen sus principales bandas características.

Tabla 9.

Bandas características del espectro infrarrojo (IR) de la curcumina.

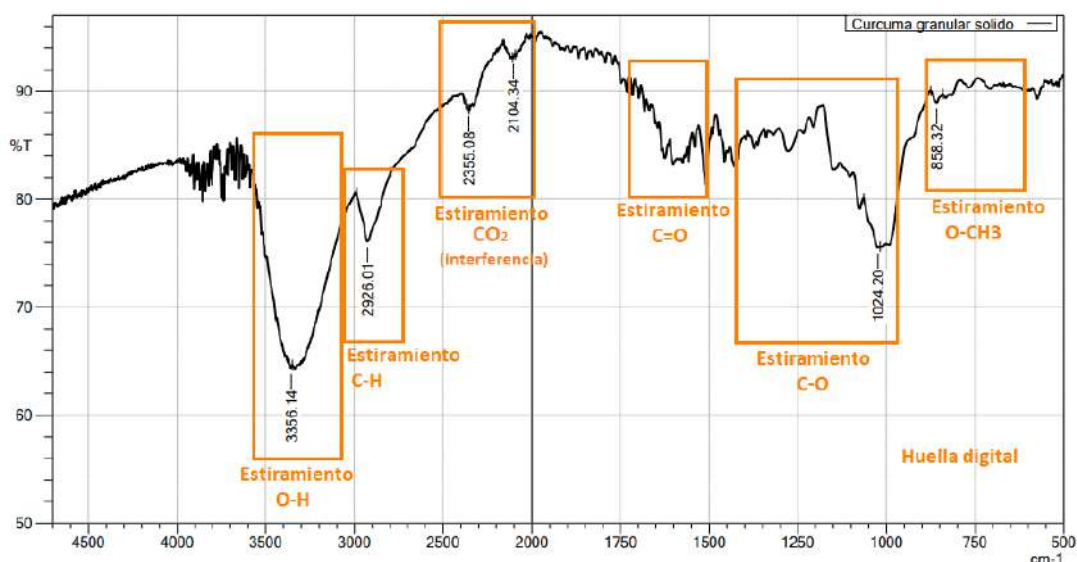
Número de onda (cm^{-1})	Relación / Grupo funcional
3356.14	Estiramiento grupos hidroxilo (-OH), característicos de los compuestos fenólicos
2926.01	Estiramiento de enlaces C-H
2355.08 - 2104.34	Absorción de CO_2 (interferencia)
1620	Estiramiento del grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$)
1024.20	Estiramiento de enlaces C-O
858.32	Estiramiento $\text{O}-\text{CH}_3$ en el anillo aromático

De acuerdo con lo reportado por Ezyanie, et, al. (2015) en su espectro de la *Cúrcuma Longa*, se identifica una región de 3334 cm^{-1} se localiza la vibración de los grupos hidroxilo de los compuestos fenólicos, así como también en la región de 2974 cm^{-1} se atribuye a Sp^2 C-H y que las señales entre 1044 y 1087 cm^{-1} se atribuyen a las bandas de estiramiento de C-O. Adicionalmente la presencia de una banda alrededor de 1651 cm^{-1} se asocia al estiramiento del grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$), mientras que señales cercanas a 750 cm^{-1} corresponde a la sustitución orto (1.2), fuera de la base de hidroxilo y del enlace $\text{O}-\text{CH}_3$ en el anillo aromático.

En conjunto, el espectro infrarrojo de la cúrcuma evidencia la presencia de compuestos fenólicos, los cuales serán utilizados como referencia para la identificación de la curcumina en los extractos obtenidos mediante el sistema NADE.

Figura 20.

Espectro IR de la curcuma granular



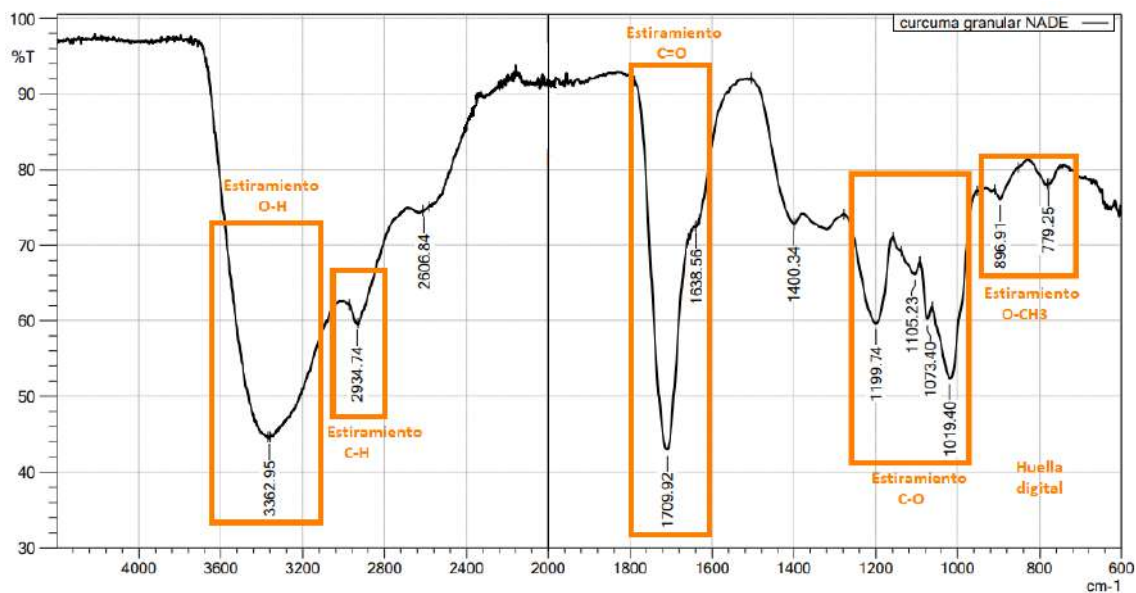
Nota: Departamento de química UPN, laboratorio de química.

Análisis del extracto de curcumina en el sistema NADE

Se analizó el espectro infrarrojo del extracto del sistema NADES compuesto por ácido cítrico-glucosa-agua, en el cual, se evidencia en la **Figura 21**.

Figura 21.

Espectro IR del extracto de curcumina en Ácido cítrico-glucosa-agua



Nota: Departamento de química UPN, laboratorio de química.

En este espectro se identificaron bandas características asociadas a la presencia de la curcumina y se evidencian en la **Tabla 10**.

Tabla 10.

Bandas características del espectro infrarrojo (IR) del extracto de curcumina en el sistema NADE (ácido cítrico-glucosa-agua).

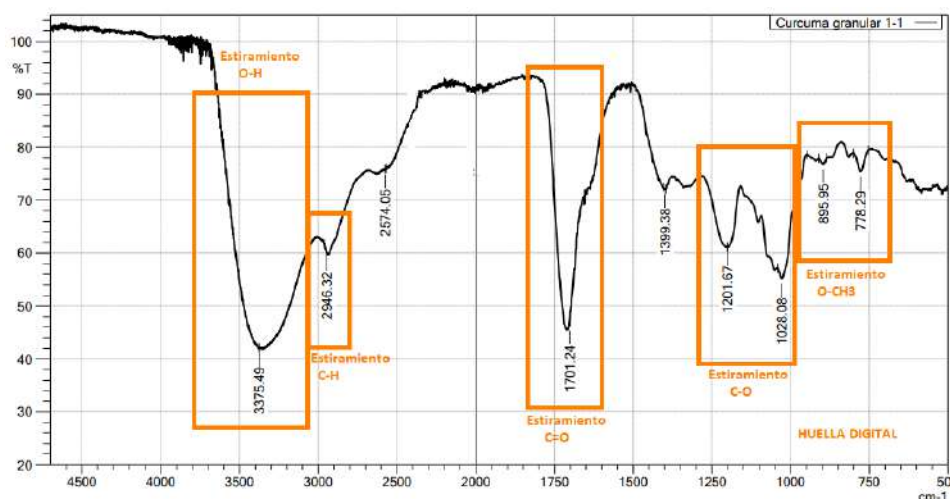
Número de onda (cm ⁻¹)	Relación / Grupo funcional
3362.92	Estiramiento grupos hidroxilo (-OH), característicos de los compuestos fenólicos
293.74	Estiramiento de enlaces C-H
1709.92	Estiramiento del grupo carbonilo (C=O)
1019.40 a 1199.74	Estiramiento de enlaces C-O en los grupos fenólicos
896.91 y 779.25	Estiramiento enlaces C-O y estructuras aromáticas

La comparación, con el espectro de la curcuma granular evidenció la presencia de estas señales en el extracto, junto con ligeros desplazamiento en las bandas, lo cual sugiere interacciones entre los compuestos extraídos y el sistema NADE (ácido cítrico-glucosa-agua).

Finalmente, se analizó el espectro infrarrojo del extracto de curcuma obtenido mediante el sistema NADE modificado (Ácido cítrico-miel-agua), presentado en la **Figura 22**. Este espectro mostró un comportamiento altamente similar al espectro observado en sistema ácido cítrico-glucosa-agua, conservando las principales señales características previamente descritas.

Figura 22.

Espectro IR del extracto de curcumina en Ácido cítrico-miel-agua



Nota: Departamento de química UPN, laboratorio de química.

En conjunto, los resultados obtenidos indican que el sistema NADE (Ácido cítrico-miel-agua) favorece la extracción de compuestos fenólicos presentes en la cúrcuma, evidenciando la presencia de curcumina en el extracto. Asimismo, las variaciones observadas en los espectros sugieren la formación de interacciones intermoleculares entre el solvente y los compuestos extraídos, lo que respalda el uso de estos sistemas como alternativa eficiente para la obtención de compuestos bioactivos.

8.2.1.4.8 Caracterización del Extracto NADE SynCurm por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

La caracterización del extracto NADE SynCurm se realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), con el objetivo de cuantificar la presencia de curcuminoides, particularmente curcumina, en la muestra obtenida.

El análisis cromatográfico se llevó a cabo empleando como fase móvil una muestra compuesta por agua (B), acetonitrilo (C) y buffer (D), en proporciones de 20:75:5, respectivamente. Se utilizó metanol como solvente para la preparación de las muestras. La condiciones del método incluyeron un flujo de 1 mL/min, un tiempo de corrida de 15 minutos y una longitud de onda de detección de 353 nm, adecuada para la identificación de curcuminoides.

La separación se realizó en una columna C18, con un diámetro interno de 4.6 mm, longitud de 100 mm, tamaño de partícula de 5 µm y tamaño de poro en el rango de

Ångströms, operando a una presión aproximada de 4400 psi. Estas condiciones se establecieron con base en metodologías reportadas en la literatura, particularmente el estudio de Setyaningih et al. (2021), donde se emplea cromatografía isocrática para la separación de curcuminoides mediante el uso de columnas C18 en sistemas autocráticos.

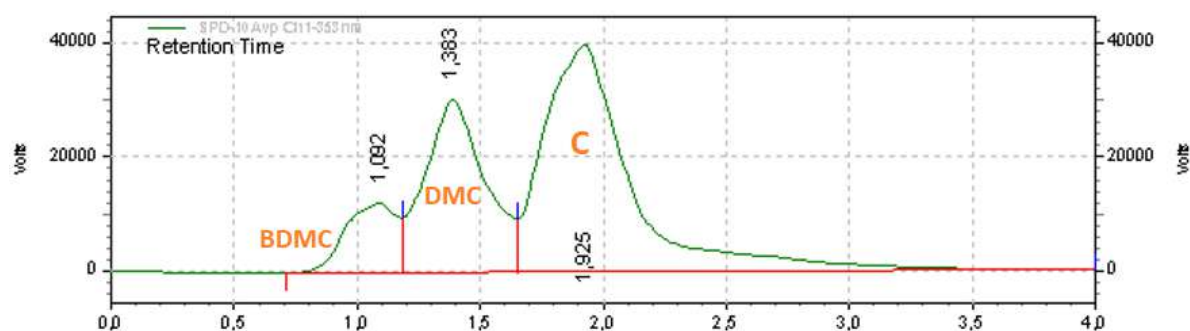
Como referencia, se preparó un patrón a partir de curcuma en polvo certificada (100% curcuma), suministrada por el laboratorio homeopático Obelix. Se preparó una solución madre de 100 ppm en metanol y se obtuvieron soluciones estándar de 150 ppm, 50 ppm y 25 ppm. Estas soluciones se utilizaron como referencia para la identificación de los compuestos presentes en el extracto NADE, dado que no fue posible construir una curva de calibración por la ausencia de un estándar puro de curcumina.

El cromatograma correspondiente al patrón se presenta en la **Figura 23**, donde se identificaron tres picos principales asociados a los curcuminoides: bisdemetoxicurcumina (BDMC), demetoxicurcumina (DMC) y curcumina (C).

Dado que no se contó con el patrón puro de la curcumina para la identificación directa del compuesto de curcumina, la asignación de picos se realizó con base en lo reportado por Setyaningsih, D. et al. (2021). Según su estudio, el pico de menor intensidad corresponde a la BDMC, el de intensidad intermedia a la DMC y el de mayor intensidad a la curcumina.

Figura 23.

Cromatograma mV vs tiempo del patrón de cúrcuma



Nota: Departamento de química UPN, laboratorio de química.

En la **Tabla 11**, se evidencia el área y el tiempo de retención de los tres curcuminoides.

Tabla 11.

Área y tiempo de retención del cromatograma del patrón

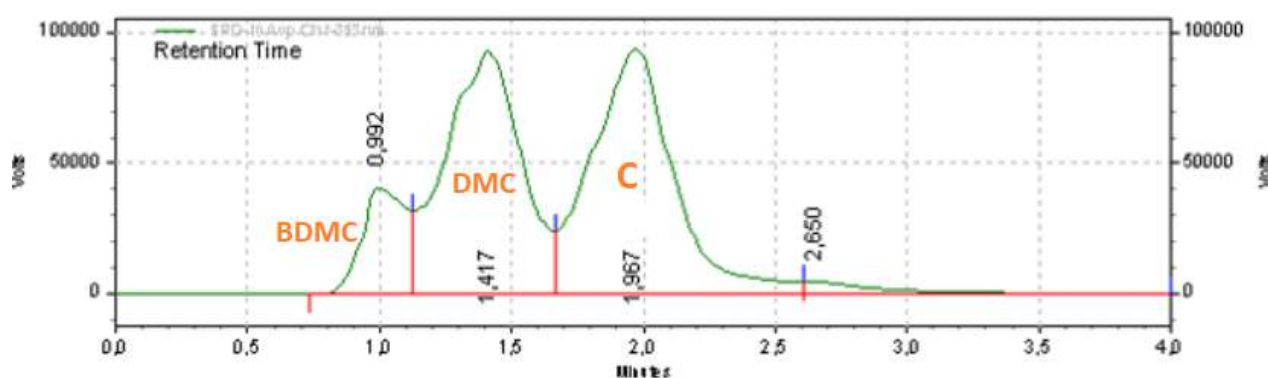
	Área	Área (%)	Tiempo de retención (min)
BDMC	177694	10.51	1.092
DMC	519340	30.73	1.383
C	992976	58.76	1.925

Nota: Datos obtenidos del laboratorio de química - departamento de química UPN

Por su parte, el cromatograma del extracto NADE SynCurm se presenta en la **Figura 24**, en el cual se evidencio la presencia de los mismos compuestos, con tiempos de retención comparables, en el cual se evidencian en la **Tabla 12**.

Figura 24.

Cromatograma mV vs tiempo del Extracto de la curcumina con NADE (ácido cítrico- miel-agua)



Nota: Departamento de química UPN, laboratorio de química.

La correspondencia en los tiempos de retención entre el patrón y la muestra confirma la presencia de curcuminoides en el extracto obtenido mediante el sistema NADES.

Tabla 12.

Área y tiempo de retención del cromatograma de SynCurm

	Área	Área (%)	Tiempo de retención (min)
BDMC	464805	10.36	0.992
DMC	1878010	41.85	1.417
C	2045209	45.58	1.967

El análisis de los picos permitió establecer una aproximación relativa, evidenciando una disminución significativa en el porcentaje de curcumina en el extracto respecto al patrón. Este comportamiento puede atribuirse a la eficiencia del proceso de extracción, así como posibles interacciones entre los compuestos fenólicos y la matriz del solvente eutéctico natural.

Estos resultados son coherentes con lo reportado en la literatura, donde se establece qué la composición típica de los curcuminoides corresponde aproximadamente a un 77% de curcumina, 17% de demetoxicurcumina y 6% de bisdemetoxicurcumina (Sharifi et, al. 2020), lo cual coincide con la predominancia del pico de curcumina en el patrón analizado. Asimismo, el perfil cromatográfico obtenido es consistente con lo reportado por Setyaningsih, et. al. (2021), evidenciando una adecuada separación de los curcuminoides.

Finalmente, la correspondencia entre los tiempos de retención y la presencia de áreas definidas en el cromatograma permite confirmar de manera cualitativa la presencia de curcumina en el extracto NADE SynCurm. Asimismo, el análisis cromatográfico permitió establecer una base para la estimación de la concentración de curcumina en el extracto, lo cual será desarrollado en el siguiente apartado para calcular el rendimiento del proceso de extracción.

8.2.1.4.9 Rendimiento del Extracto SynCurm.

Con el fin de obtener el rendimiento del proceso de extracción, se determinó la concentración de curcumina en el extracto NADE SynCurm a partir del análisis cromatográfico obtenido por HPLC. Dado que no fue posible construir una curva de calibración con un estándar puro de curcumina, se realizó una estimación basada en la relación entre el área del pico correspondiente a la curcumina en la muestra y el área obtenida para el patrón de referencia.

En primer lugar, se tiene en cuenta que el patrón empleado corresponde a cúrcuma, la cual contiene una mezcla de curcuminoides. Por ello, fue necesario estimar la fracción correspondiente únicamente a la curcumina. Para la preparación del patrón se utilizaron 0.050 L de metanol, obteniendo una solución de 100 ppm, lo que equivale a:

$$100 \frac{mg}{L} * 0.050 L = 5 mg \text{ de curcuma}$$

Considerando que el contenido de curcuminoides en la cúrcuma puede variar entre el 2% y el 9% (Kotra, et, al. 2019), por ende, la media corresponde al 5.5%, esto con el fin de realizar la estimación representativa de la cantidad de curcuminoides presentes en la muestra. A partir de este valor, se estima una cantidad de:

$$5 mg * 0.055 = 0.275 mg \text{ de curcuminoides}$$

De acuerdo con lo reportado por Sharifi et, al. (2020), la cúrcuma representa el 77% de curcumina, por lo que la cantidad de curcumina en el patrón corresponde a:

$$0.275 mg * \frac{77}{100} = 0.212 mg$$

Esta cantidad disuelta en 0.050 L corresponde a una concentración de:

$$\frac{0.212 mg}{0.050 L} = 4.24 ppm \text{ de curcumina}$$

Posteriormente, se empleó la relación entre áreas cromatográficas para estimar la concentración de curcumina en el extracto. El área total correspondiente a la curcumina en el extracto fue de 2045209, mientras que el patrón preparado a una concentración de 100 ppm presentó un área de 992976, en el cual, se obtuvo:

$$\frac{4.24 mg/L}{992976} * 2045209 = 8.733 ppm$$

Este valor corresponde a una estimación de la concentración de curcumina en el extracto NADE SynCurm. A partir de la concentración de curcumina en el extracto se procedió a calcular la masa, considerando el volumen total del extracto (0.025 L).

$$8.733 \frac{mg}{L} * 0.025 L = 0.218 mg \text{ de curcumina en el extracto}$$

Finalmente, el rendimiento del proceso de extracción se determinó mediante la siguiente relación:

$$Rendimiento (\%) = \frac{0.218}{0.5} * 100 = 43.6\%$$

El rendimiento obtenido (43.6%) evidencia qué el sistema NADE Syn Curm presenta una adecuada capacidad de extracción de curcumina a partir de las matriz de cúrcuma. Así como Liu et, al. (2019) relata qué los compuestos de la curcum longa son más solubles en NADE con ácido cítrico-glucosa y un 15% de agua en comparación con solventes convencionales como el etanol o metanol, teniendo un mayor rendimiento de extracción. En este sentido, el rendimiento obtenido en el presente trabajo resulta coherente con la literatura, debido a qué, confirma la efectividad del NADE con sistemas de extracción de compuestos fenólicos.

El extracto obtenido, denominado SynCurm, corresponde a una formulación en base de miel enriquecida con curcumina. Esta presentación permite su incorporación como aditivo en alimentos o bebidas (tés, jugos, preparaciones culinarias), lo que facilita su consumo por parte de pacientes con Parkinson. Desde el concepto de alimento funcional, entendido como aquel que, además de su valor nutricional, ejerce efectos beneficiosos sobre una o más funciones del organismo, contribuyendo a la reducción del riesgo de enfermedad (Diplock et al., 1999), la miel con curcumina se posiciona como una alternativa promisoría. La miel al tener compuestos fenólicos (flavonoides, ácidos fenólicos) y la capacidad antioxidante pueden potenciar los efectos neuroprotectores de la curcumina mediante un posible efecto sinérgico (Liu et al., 2020; Santos Buelga & González Paramás, 2017). Además, el uso de miel como matriz evita el empleo de solventes sintéticos o aditivos artificiales, alineándose con los principios de la química verde y la preferencia de los pacientes por productos naturales (Kaur et al., 2023). De esta manera, SynCurm constituye un alimento funcional con potencial para ser utilizado como coadyuvante en el manejo del Parkinson, complementando las estrategias terapéuticas convencionales.

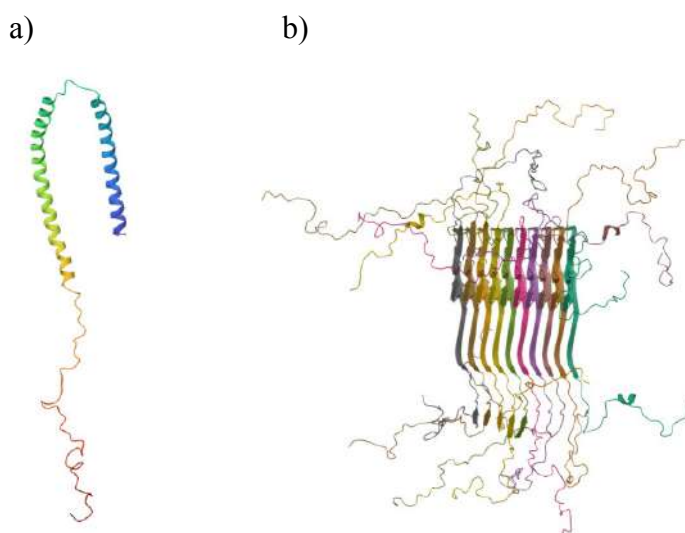
8.2.1.4.10 Ensayo *In Silico*.

Con el fin de evaluar el potencial de interacción de la curcumina con la proteína alfa-sinucleína, en este apartado se realizó un estudio *in silico* basada en herramientas bioinformáticas de modelo molecular y acoplamiento (molecular docking)

Para ello, se emplearon bases de datos como Protein Data Bank (PDB) y PubChem, a partir de los cuales se obtuvieron las estructuras tridimensionales de la proteína alfa-sinucleína en su forma nativa (PDB ID: 1XQ8) y en su forma mal plega (PDB ID: 2N0A) (**Figura 25**). La estructura de la curcumina fue obtenida desde PubChem y posteriormente optimizada para su uso en los estudios de acoplamiento.

Figura 25.

Proteína alfa sinucleína: a) 1XQ8 b) 2N0A



Nota: Software Protein Data Bank (PDB)

Se utilizó el software chimera, donde se llevaron a cabo procesos de limpieza estructural de las proteínas, eliminación de moléculas de agua y preparación para el acoplamiento molecular. Posteriormente, se empleó la plataforma PyRx para ejecutar los análisis de docking, permitiendo evaluar la afinidad de unión entre la curcumina y las proteínas de interés a partir de la energía de interacción.

El análisis se centró en identificar los posibles modos de unión de la curcumina, es decir, se centra en utilizar el docking molecular el cual se utiliza para predecir cómo una

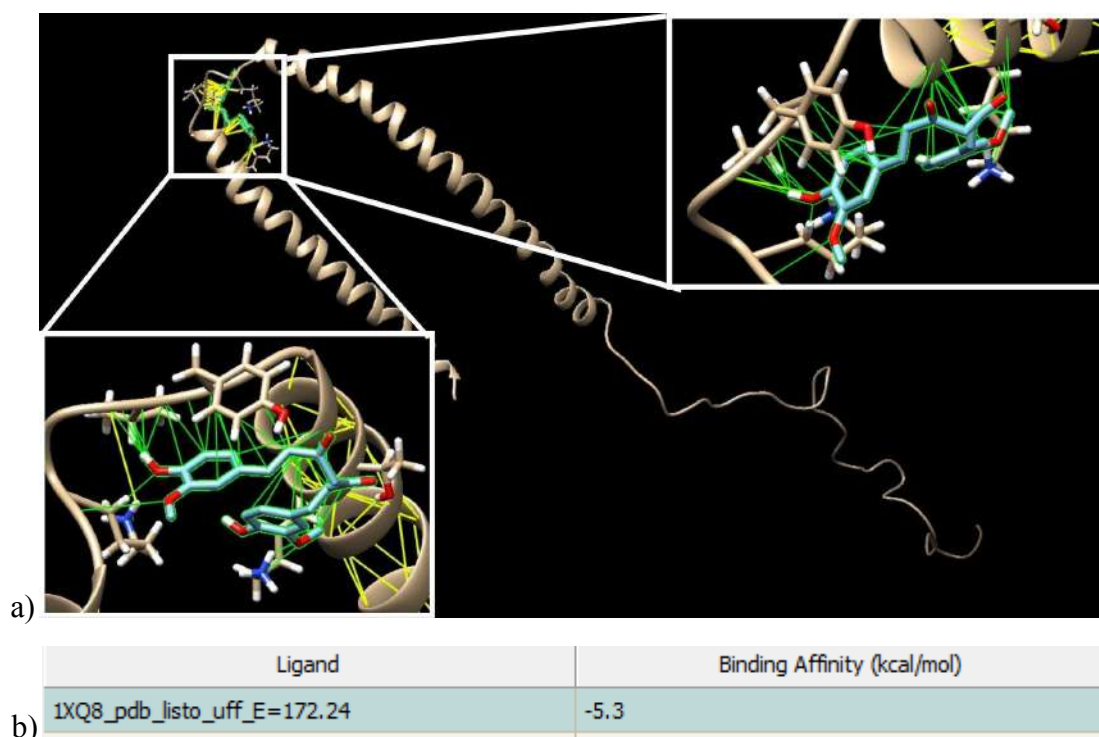
molécula pequeña puede interactuar como una proteína (Morris & Lim-wilby, 2008). Así como evidenciar las interacciones intermoleculares formadas, tales como enlaces de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y fuerzas de tipo Van der Waals, las cuales son determinantes en la estabilidad del complejo proteína-ligando.

El primer estudio de docking se realizó con la proteína alfa-sinucleína en su forma nativa (PDB ID: 1XQ8) y la curcumina como ligando (**Figura 26**). Los resultados evidencian que la curcumina se une a la proteína en una región comprendida entre los aminoácido 32 correspondiente a la lisina (Lys) y 44 correspondiente a la treonina (THR), interactuando a través de sus grupos metoxi (-OCH₃) ubicados en ambos extremos de la molécula, como también se generan interacciones π - π .

Figura 26.

a) Docking molecular de la curcumina con la proteína 1XQ8

b) Energía de afinidad



Nota: Elaboración propia con Chimera

El segundo estudio de docking se llevó a cabo con la proteína alfa-sinucleína en su forma mal plegada (PDB ID: 2N0A) y la curcumina como ligando (**Figura 27**). En este caso la curcumina se ubica en una región comprendida entre los aminoácido 88 correspondiente a

la isoleucina (ILE) y 101 correspondiente a la glicina (GLY), interactuando a través de sus grupos aromáticos, ubicados en ambos extremos de la molécula.

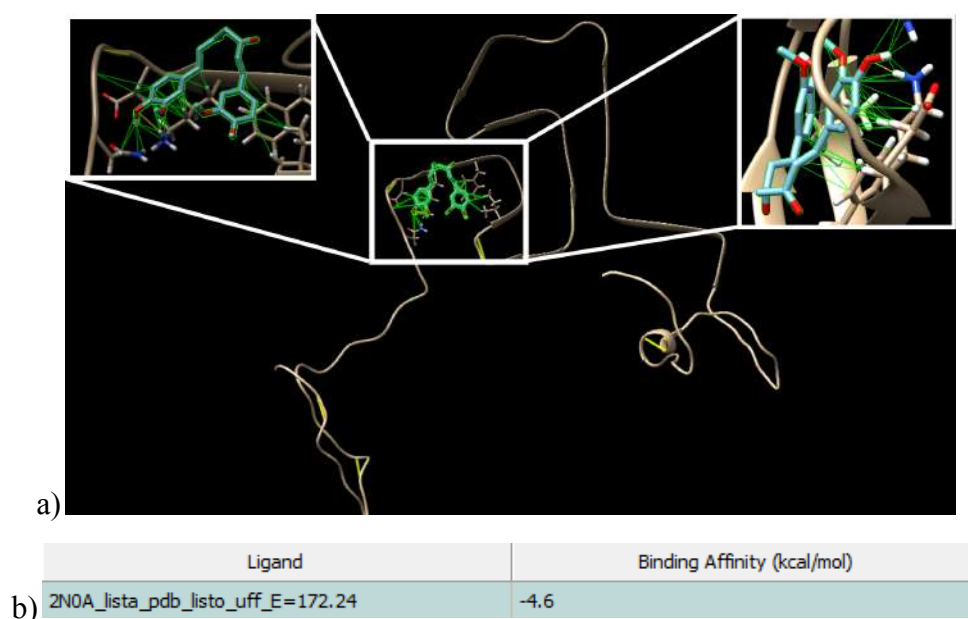
A lo largo de la unión del ligando-proteína se identificaron interacciones hidrofóbicas, puentes de hidrógeno y empaquetamiento de van der Waals, las cuales contribuyen a la estabilidad del complejo (Mobley y Dill, 2009). Adicionalmente, la estructura conjugada de la curcumina favorece la formación de interacciones π - π , con residuos aromáticos cercanos, lo cual se evidencia en la adecuada orientación de sus anillos aromáticos dentro del entorno proteico.

En términos energéticos, el acoplamiento de la curcumina con la proteína nativa (1XQ8) presentó una energía de afinidad de -5.3 Kcal/mol (**Figura 26**), Mientras que con la proteína mal plegada (2N0A) se obtuvo un valor de -4.6 Kcal/ mol (**Figura 27**). Estos resultados reflejan interacciones favorables en ambos casos, sin embargo, la curcumina presenta una mayor afinidad por la forma nativa de la proteína. De acuerdo con lo señalado por Siddareddi (2024), valores negativos de energía de afinidad indican una interacción más estable, lo qué sugiere una mayor afinidad de unión entre el ligando y la proteína.

Figura 27.

a) Docking molecular de la curcumina con la proteína 2N0A

b) Energía de afinidad



Nota: Elaboración propia con Chimera

Según Alberts, et al. (2002) el plegamiento proteico corresponde al estado en el cual la proteína alcanza un mínimo de energía libre, debido a que su desnaturalización de esta proteína particularmente está ligada a los factores genéticos, envejecimiento celular y fallas en los sistemas de degradación proteica, lo que conduce a la formación de agregados tóxicos que alteran las interacciones no covalentes responsables de mantener la conformación nativa.

En este contexto, los resultados obtenidos muestran qué la curcumina presenta una energía de afinidad de -5.3 Kcal/mol con la proteína en su forma nativa (1XQ8) y de -4.6 Kcal/mol con la proteína en su forma mal plegado (2N0A). Dado que los valores más negativos indican interacciones más estables, estos resultados sugieren qué la curcumina presenta una mayor afinidad por la forma nativa de la proteína.

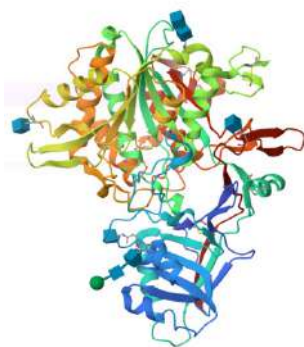
Las interacciones identificadas entre la curcumina y la alfa-sinucleína, tales como los enlaces de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas e interacciones π - π , son relevantes debido a que, contribuyen a la estabilidad del complejo proteína-ligando. En el contexto de proteínas intrínsecamente desordenadas como la alfa-sinucleína, interfieren con los procesos de autoensamblaje y agregación, los cuales están asociados a la formación de estructuras fibrilares tóxicas.

En general, la capacidad de la curcumina para interactuar con regiones específicas de la proteína sugiere un posible mecanismo de inhibición de la agregación, ya sea mediante la estabilización de conformaciones menos propensas a agregarse o bloqueando sitios claves involucrados en formación de fibrillas insolubles. De esta manera, las interacciones observadas no solo indican una afinidad de unión, sino que también un potencial efecto modulador sobre la estructura y comportamiento de la proteína.

Por otra parte, se realizó el docking molecular con la Gamma Secretasa (**Figura 29**), específicamente con la estructura cristalina de la nicastrina (PDB ID: 4R12), una de las subunidades que conforman el complejo proteico (**Figura 28**). La gamma secretasa es un complejo compuesto por cuatro componentes, la presenilinas, nicastrina, proteína 1 defectuosa de la faringe anterior y potenciados de la presenilina 2, el cual desempeña un papel fundamental en procesos de proteólisis intermembrana asociados a enfermedades neurodegenerativas (Zhang, X. et, al. 2014).

Figura 28.

Estructura de la proteína nicastrica de la gamma-secretasa



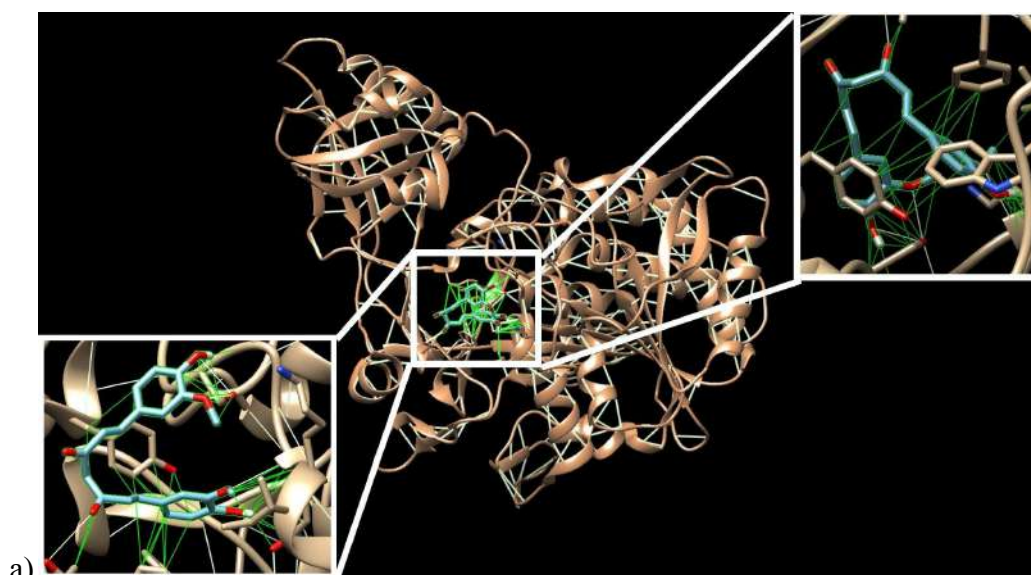
Nota: Software Protein Data Bank (PDB)

La inclusión de este estudio in silico se fundamenta en que a diferencia de la alfa-sinucleína, la gamma-secretasa presenta una estructura con un entorno de unión más específico, es decir, el análisis con la gamma-secretasa actúa como un modulador complementario que permite validar y contrastar las interacciones observadas con la curcumina en un sistema proteico con mayor estabilidad estructural.

Figura 29.

a) *Docking molecular de la curcumina con la proteína 4R12.*

b) *Energía de afinidad*



b)

Ligand	Binding Affinity (kcal/mol)
enzima_limpia_969516_uff_E=272.07	-7.3

Nota: Elaboración propia con Chimera

Los resultados obtenidos evidencian una energía de afinidad de -7.3 kcal/mol (**Figura 29**), valor más negativo en comparación con los obtenidos para la alfa-sinucleína, lo que sugiere una interacción más favorable y estable, atribuida a la presencia de un entorno de unión más definido que favorece las interacciones intermoleculares específicas, tales como: puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y fuerzas de Van der Waals.

Finalmente, desde el punto de vista funcional, este análisis permite inferir que la curcumina no solo presenta potencial para interactuar con proteínas desordenadas involucradas en procesos de agregación, sino también con sistemas enzimáticos organizados. Siendo la curcumina un posible efecto multifuncional en diferentes blancos moleculares asociados a las enfermedades neurodegenerativas.

8.2.1.4.11 Herramienta Bioinformática DruLito.

En este estudio, la molécula de curcumina fue analizada mediante la herramienta DruLito (Drug Likeness Tool) con el fin de evaluar las propiedades fisicoquímicas (**Figura 30**). Esta herramienta es fundamental, debido a que, permite predecir el comportamiento molecular antes de la realización de estudios experimentales más complejos. Asimismo, complementa los análisis fitoquímicos y bioquímicos del compuesto, facilitando la evaluación del potencial biológico de compuestos presentes en productos naturales como la curcumina. (Bhagavatula, D., et al. 2024)

Figura 30.

Resultados de DruLito.



SP No	TIPO	BBB	logP	HBA	HBD
1	MOLECULA	0.64	1.945	5	2

Nota: Resultados calculados por DruLito

los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Peso molecular (MW): 368.13
- LogP: 1.945
- Aceptores de hidrógeno (HBA): 5

- Donadores de hidrógeno (HBD): 2

Estos valores indican que la molécula cumple con los criterios establecidos en la regla de Lipinski, lo que sugiere que posee propiedades compatibles con compuestos bioactivos.

De acuerdo con Bhagavatula, D., et al. (2024), la regla de Lipinski aborda que una molécula presenta características favorables de biodisponibilidad cuando cumple con los siguientes criterios: peso molecular menor a 500 Da, LogP menor a cinco, máximo cinco donadores de hidrógeno y máximo diez aceptores de hidrógeno

En este contexto, la curcumina cumple con todos los parámetros establecidos por la regla Lipinski, lo que indica que presenta un perfil fisicoquímico compatible con compuestos con potencial actividad biológica. este cumplimiento no solo aborda la posible biodisponibilidad favorable, sino también una adecuada capacidad de interacción molecular derivada de su estructura química.

8.2.1.4.12 Elaboración del Kit SynCurm.

Como resultado del trabajo experimental desarrollado en el marco de las prácticas de laboratorio para la caracterización del extracto SynCurm, se identificó la pertinencia de diseñar un recurso didáctico portátil que facilitara la realización de la marcha fitoquímica por parte de los auxiliares de enfermería, sin necesidad de contar con un laboratorio completamente equipado. Este recurso, denominado kit SynCurm, fue elaborado por las investigadoras y utilizado durante la sesión presencial del Módulo 3 del OVA, mediante una práctica guiada y demostrativa en la que los participantes siguieron protocolos previamente establecidos para la ejecución de la marcha fitoquímica y el análisis de los resultados obtenidos.

Componentes del kit

El kit SynCurm se estructuró como un estuche portátil que contenía los siguientes elementos (**Tabla 13, Figura 31**):

Tabla 13.
Componentes del kit SynCurm para la marcha fitoquímica

Componente	Cantidad	Propósito
Extracto SynCurm	5 mL	Muestra a analizar

Reactivo de Dragendorff	5 mL	Detección de alcaloides
Reactivo de Mayer	5 mL	Detección de alcaloides
Cloruro férrico (FeCl_3)	5 mL	Detección de compuestos fenólicos
Ácido clorhídrico (HCl) concentrado (manipulado solamente por las tesisistas, con la respectiva protección)	3 gotas	Detección de compuestos flavonoides (Prueba de Shinoda)
Tubos de ensayo (13×100 mm)	5 unidades	Contener las reacciones
Goteros desechables	5 unidades	Adición de reactivos
Guantes de nitrilo	2 pares	Seguridad
Manual de uso (diagramas de flujo y fichas de seguridad)	1 libro	Guía paso a paso

Cada reactivo fue previamente etiquetado con su nombre, la prueba a la que correspondía (ver **Figura 31**) y las precauciones de seguridad (uso de guantes, evitar contacto con la piel). El ácido clorhídrico concentrado fue manipulado únicamente por las tesisistas con máscaras de gases para minimizar riesgos (por motivo de seguridad no se agregó al kit directamente).

Figura 31.

Kit experimental SynCurm



Fundamentación didáctica del kit

El diseño del kit SynCurm se fundamentó en los principios del aprendizaje experiencial (Kolb, 1984), según el cual los participantes construyen conocimiento a través de la experiencia directa, la observación y la reflexión. Al manipular los reactivos, observar los cambios de coloración y registrar sus observaciones, los auxiliares de enfermería aparte de aplicar los conceptos teóricos revisados en los módulos previos del OVA (**ver anexo 11**), también desarrollaron habilidades investigativas como la observación sistemática, el registro de datos y la interpretación de resultados (Martínez & Márquez, 2014).

Adicionalmente, el kit se concibió como una herramienta de pedagogía clínica (Pinilla, 2011), al simular un escenario de laboratorio accesible y seguro que permitió a los participantes experimentar con técnicas de caracterización fitoquímica sin los riesgos ni la complejidad de un laboratorio profesional. Esta aproximación es coherente con las condiciones logísticas del proyecto, ya que las sesiones presenciales se realizaron en una casa particular y no en un laboratorio institucional.

Seguridad y manejo de residuos

Dado que algunos reactivos (ácido clorhídrico concentrado, cloruro férrico) son corrosivos o irritantes, se proporcionan guantes de nitrilo a cada participante y se instruye sobre el manejo seguro. Al finalizar la actividad, todos los residuos generados (mezclas de reactivos, tubos usados, materiales contaminados) son recolectados en un recipiente designado para residuos peligrosos. Posteriormente, estos residuos son depositados en el laboratorio del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, siguiendo

los protocolos establecidos por la institución para la gestión de residuos químicos y biológicos. Este procedimiento se ajusta a las normas básicas de bioseguridad (Instituto Nacional de Salud, 2022).

8.2.2 Aplicación del OVA

El OVA SynCurm incorporó tres actividades interactivas diseñadas para evaluar los aprendizajes de los participantes en distintos momentos del proceso formativo y una actividad práctica de laboratorio para el cierre del módulo 3, centrada en el desarrollo de habilidades procedimentales desde el enfoque de Kolb (1984), las actividades analizadas en esta sección corresponden a estrategias de gamificación y autorregulación del aprendizaje, orientadas a la consolidación conceptual y la retroalimentación inmediata. A continuación se presentan los resultados de cada una, estructurados según el módulo de aplicación.

8.2.2.1 Actividad “Time to Climb” – Cierre Módulo 1 (Nearpod).

Al finalizar el Módulo 1, se implementó una actividad gamificada mediante la herramienta Nearpod en su modalidad Time to Climb. Esta dinámica presentó una serie de nueve preguntas de opción múltiple, con un tiempo límite de 30 segundos por cada una, que los participantes resolvieron de forma sincrónica durante la sesión presencial (**anexo 12**). El formato de “escalada virtual” recompensaba tanto la rapidez como la precisión, generando un ambiente lúdico y competitivo que, según Mayer (2009), favorece la consolidación de conceptos al reducir la carga cognitiva extrínseca y proporcionar retroalimentación inmediata.

Las preguntas evaluaron los contenidos centrales del módulo: fisiopatología del Parkinson, papel de la alfa-sinucleína, formación de cuerpos de Lewy y fundamentos del potencial inhibitorio de la curcumina. Cada acierto sumaba puntos para el avance individual, aunque el interés se centró en el porcentaje de respuestas correctas por participante, como indicador de la comprensión alcanzada.

Resultados obtenidos: Los cinco auxiliares de enfermería completaron la actividad en un tiempo promedio de 5 minutos. A continuación se muestra el número de aciertos y el porcentaje de corrección para cada participante.

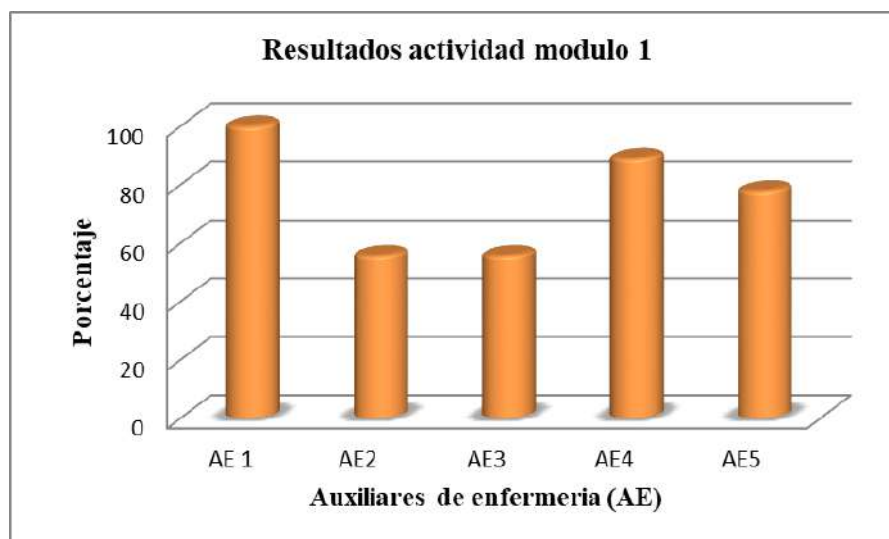
- AE1 9 aciertos de 9 (100 %)
- AE4 8 aciertos de 9 (88,9 %)

- AE5 7 aciertos de 9 (77,8 %)
- AE2 5 aciertos de 9 (55,6 %)
- AE3 5 aciertos de 9 (55,6 %)

Asimismo, se evidencia en los resultados en la **figura 32**.

Figura 32.

Resultados actividad modulo 1



El desempeño global del grupo arrojó una media de 6,8 aciertos (75,6 %), con una desviación estándar de 1,8 puntos. En la **Tabla 14**, se evidencia la recolección de datos del módulo 1, comparado con el puntaje obtenido en la prueba de entrada.

Tabla 14.

Recolección de datos módulo 1

Participante	Puntaje prueba de entrada	Actividad (aciertos)	%Actividad
AE 1	25	9	100 %
AE 2	29	5	55.6 %
AE 3	38	5	55.6 %
AE 4	34	8	88.9 %
AE 5	22	7	77.8 %

El participante con mejor desempeño en el módulo 1 y con un puntaje no tan satisfactorio en la prueba de entrada (AE1, con 25 puntos en el diagnóstico) lideró la actividad con un acierto perfecto, lo que evidencia una alta consistencia en su comprensión de los fundamentos bioquímicos. AE4 quien había obtenido 34 puntos en la prueba de entrada, alcanzó el segundo lugar con 8 aciertos (88,9 %). AE5 a pesar de haber obtenido el puntaje más bajo en el diagnóstico (22/40), logró un 77,8 % de aciertos (7/9) y se ubicó en el tercer lugar del podio, lo que sugiere que el Módulo 1 le permitió nivelar conceptos básicos que previamente no dominaba.

En el extremo opuesto, AE2 y AE3 empataron en el último lugar con 5 aciertos cada uno (55,6 %). Este empate resulta llamativo, ya que en la prueba de entrada AE3 había obtenido el puntaje más alto del grupo (38 puntos), mientras que AE2 había obtenido 29 puntos. La diferencia de 9 puntos en el diagnóstico se diluyó completamente en la actividad gamificada, donde ambos presentaron el mismo número de aciertos. Una posible explicación es que AE3, pese a su sólido conocimiento declarativo, haya experimentado mayor presión por el tiempo o menor familiaridad con el formato digital, aspectos que no inciden en una prueba escrita tradicional (García-Carmona et al., 2015).

Finalmente, los resultados muestran que AE1 y AE4, quienes ya tenían un buen desempeño basal, consolidaron sus aprendizajes con aciertos cercanos o iguales al 100 %. AE5 pese a haber obtenido el puntaje más bajo en la prueba de entrada (22/40), alcanzó el tercer lugar (77,8 %), lo que evidencia que el Módulo 1 le permitió nivelar conceptos fundamentales (Rojas et al., 2019).

El hallazgo más llamativo es el empate en el último lugar entre AE2 y AE3. Mientras que en la prueba de entrada AE3 había obtenido el puntaje más alto del grupo (38/40) y AE2 un puntaje intermedio (29/40), en esta actividad ambos obtuvieron el mismo número de aciertos (5/9). Esto sugiere que el formato gamificado (rapidez, presión temporal, familiaridad digital) puede penalizar a participantes con alto conocimiento declarativo pero menor velocidad de respuesta o mayor ansiedad ante entornos competitivos (García-Carmona et al., 2015). Por el contrario, puede beneficiar a quienes, como AE5, responden mejor a estímulos lúdicos e inmediatos.

En conjunto, la actividad cumplió su función como diagnóstico formativo al cierre del Módulo 1, identificando fortalezas individuales en la comprensión de los fundamentos

bioquímicos. Los resultados evidencian que el desempeño en contextos gamificados (con presión temporal y formato digital) no es directamente equivalente al de pruebas escritas tradicionales, ya que involucran habilidades diferenciadas (García-Carmona et al., 2015). La retroalimentación inmediata de Nearpod permitió a cada participante identificar sus errores al instante, promoviendo la autorregulación del aprendizaje (Pinilla, 2011).

8.2.2.2 Actividad Tipo Semáforo – Módulo 2 (Wordwall).

La segunda actividad del Módulo 2 se diseñó en la plataforma Wordwall bajo un formato interactivo tipo “semáforo”, con el propósito de evaluar la capacidad de los participantes para discriminar el nivel de solidez metodológica de diferentes afirmaciones científicas relacionadas con la cúrcuma y sus compuestos bioactivos. Esta dinámica presentó ocho enunciados (**Anexo 13**), cada uno de los cuales debía ser arrastrado por el participante a una de tres zonas cromáticas: rojo (falso o sin respaldo científico), amarillo (dudoso o evidencia insuficiente) o verde (verdadero con respaldo metodológico riguroso). Desde la teoría de la autorregulación del aprendizaje (Pinilla, 2011) y el enfoque del profesional reflexivo (Schön, 1983), este tipo de actividad exige al estudiante no solo recordar información, sino también evaluar su propia certeza y someter a juicio crítico la calidad de las fuentes.

Cada enunciado representaba un nivel diferente en la jerarquía de la evidencia científica, desde estudios in vitro (nivel bajo) hasta ensayos clínicos controlados y replicados (nivel alto). La clasificación correcta esperada era la siguiente: los enunciados 1 y 6 correspondían a evidencia precíclica (rojo o amarillo, según su solidez real); los enunciados 2, 3 y 4 representaban estudios preclínicos o clínicos preliminares sin grupo control (amarillo); los enunciados 5 y 8 constituían evidencia sólida (verde); y el enunciado 7 era una propuesta hipotética sin validación empírica (rojo).

Resultados obtenidos: Los cinco participantes completaron la actividad de forma individual y sin tiempo límite. Los puntajes obtenidos fueron los siguientes:

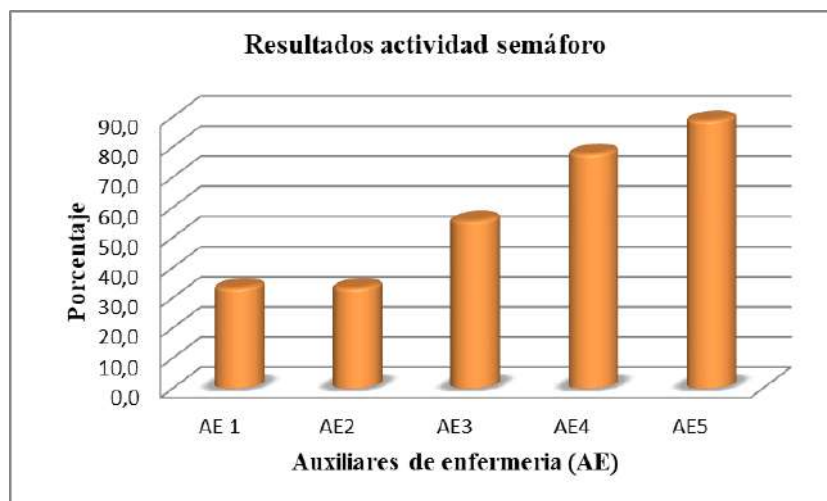
- AE5: 8 aciertos de 9 (88,9 %)
- AE4: 7 aciertos de 9 (77,8 %)
- AE3: 5 aciertos de 9 (55,6 %)
- AE1: 3 aciertos de 9 (33,3 %)

- AE2: 3 aciertos de 9 (33,3 %)

Asimismo, se evidencia en los resultados en la **figura 33**.

Figura 33

Resultados actividad semáforo



La media grupal fue de 5,2 aciertos, lo que corresponde a un 57,7 % de precisión global. Se observó una dispersión considerable: dos participantes (AE5 y AE4) superan el 77 % de aciertos, mientras que dos participantes (AE1 y AE2) no superaron el 33 %. El análisis por enunciado (realizado a partir de los registros de la plataforma) mostró que los ítems con mayor tasa de error fueron aquellos que requerían distinguir entre un estudio piloto sin grupo control (enunciado 3, clasificado incorrectamente como verde por el 60 % de los participantes) y una propuesta hipotética sin respaldo experimental (enunciado 7, clasificado como amarillo o verde por el 80 %).

Asimismo, la alta variabilidad observada evidencia diferencias significativas en la capacidad de pensamiento crítico y alfabetización científica entre los participantes (García-Carmona et al., 2015). El desempeño sobresaliente de AE5 (8 aciertos) es llamativo, pues esta participante obtuvo el puntaje más bajo en la prueba de entrada (22/50). Esto sugiere que la actividad tipo semáforo activa competencias de juicio crítico que no son adecuadamente reflejadas por las pruebas tradicionales de opción múltiple (Rojas et al., 2019). Por el contrario, el bajo desempeño de AE1 y AE2 (3 aciertos cada una) evidencia una brecha en la capacidad de discriminar la solidez de la evidencia científica, un problema especialmente relevante en carreras del área de la salud (Martínez & Valencia, 2019). El

desempeño intermedio de AE3 (5 aciertos), a pesar de ser la participante con mejores puntajes en las pruebas de entrada y la prueba de salida, confirma la diferencia entre el conocimiento declarativo (“saber”) y la capacidad de aplicarlo en contextos complejos (“saber cómo”), tal como lo describe Miller (1990). En conjunto, los resultados justifican la inclusión de este tipo de actividades en el OVA SynCurm como herramientas formativas para promover la reflexión epistemológica.

8.2.2.3 Actividad “Time to Climb” – Cierre del Módulo 2 (Nearpod).

La tercera actividad correspondió a un segundo Time to Climb, aplicado al finalizar el Módulo 2 como evaluación sumativa formativa. A diferencia del primero (enfocado en extracción), este incluyó preguntas sobre reactivos de la marcha fitoquímica, interpretación de resultados cualitativos y aplicaciones farmacológicas de los compuestos identificados. Se utilizó nuevamente la plataforma Nearpod. El informe exportado (**Anexo 14**) muestra los resultados desagregados.

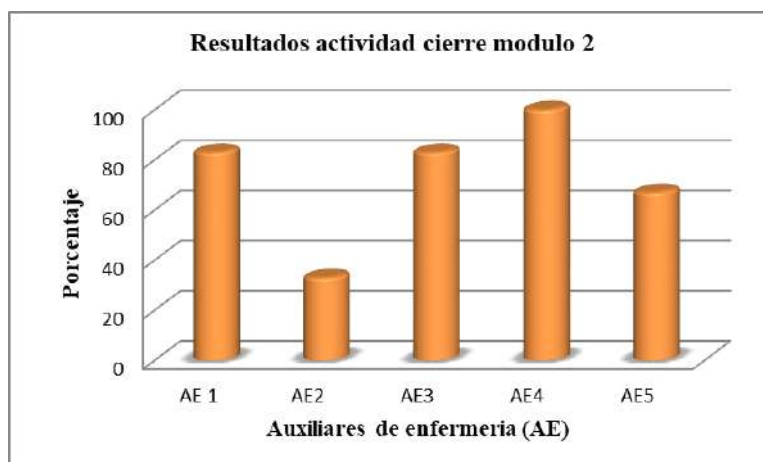
Resultados obtenidos: Según el informe de Nearpod, la actividad fue realizada el 10 de marzo de 2026 a las 4:49 p. m., con una duración de 23 minutos (hasta las 5:12 p. m.). Los puntajes de participación y precisión por estudiante fueron los siguientes:

- AE1: 100 % de participación, 83 % de precisión (5 de 6 preguntas correctas, según se infiere del esquema de puntuación de Nearpod).
- AE3: 100 % participación, 83 % precisión.
- AE5: 83 % participación, 67 % precisión.
- AE4: 100 % participación, 100 % precisión.
- AE2: 83 % participación, 33 % precisión.

Asimismo, se evidencia en los resultados en la **figura 34**.

Figura 34

Resultados de la actividad de cierre del módulo 2



La media de precisión grupal fue del 73,2 % (excluyendo el efecto de la participación parcial). El participante AE4 alcanzó el desempeño perfecto (100 %), mientras que AE2 obtuvo el más bajo (33 %).

El desempeño perfecto de AE4 en el cierre del Módulo 2 es consistente con su evolución en la prueba de salida (pasó de 34 a 35, el segundo puntaje más alto). Por el contrario, la caída de AE2 (de 29 en entrada a 31 en salida, pero con solo 33 % de precisión en esta actividad) sugiere que su aprendizaje pudo haber sido más superficial o dependiente de la memoria a corto plazo. Este patrón ha sido descrito por Martínez & Márquez (2014) como propio de estudiantes que se desempeñan adecuadamente en pruebas escritas de opción múltiple pero enfrentan dificultades en entornos gamificados que exigen rapidez y precisión simultáneas. La percepción cualitativa recogida al finalizar la actividad (no sistematizada en instrumento) indicó que los participantes valoraron positivamente la retroalimentación inmediata, elemento que Nelson et al. (2017) asocian con mejores tasas de retención.

Una vez finalizadas las actividades gamificadas de los módulos 1 y 2, las cuales permiten consolidar los fundamentos bioquímicos y el análisis crítico de la evidencia, se procede a la actividad práctica del Módulo 3. Esta fase experimental, centrada en la marcha fitoquímica del extracto SynCurm, busca que los participantes apliquen los conceptos revisados en un contexto de laboratorio simulado, fortaleciendo así habilidades de observación, registro e interpretación de resultados.

8.2.3 Actividad Práctica de Laboratorio

La actividad práctica del Módulo 3 consiste en la ejecución de una marcha fitoquímica simplificada utilizando el kit SynCurm descrito en el apartado 8.2.1.5.12. Los participantes se organizan en dos grupos de trabajo: el Grupo 1 conformado por AE1 y AE2, y el Grupo 2 conformado por AE3, AE4 y AE5. Cada grupo recibe un kit, un diagrama de flujo y un formato de informe de laboratorio (**anexo 16**). Al finalizar, se realiza una puesta en común para comparar resultados y discutir las interpretaciones.

8.2.3.1 Procedimiento Experimental Guiado.

El procedimiento para la marcha fitoquímica fue organizado en diagramas de flujo (**Anexo 15**) que se entregó a cada grupo junto con el kit. Las instrucciones indican:

1. Preparación de los tubos: tomar e identificar cada tubo con el nombre de la prueba (fenoles, alcaloides Dragendorff, alcaloides Mayer, flavonoides, saponinas).
2. Adición del extracto: agregar 2-3 gotas del extracto SynCurm en cada tubo.
3. Adición de reactivos: añadir 2-3 gotas del reactivo correspondiente (excepto en la prueba de saponinas, que solo requiere agitación vigorosa con agua).
4. Observación y registro: esperar el tiempo indicado (30 segundos a 2 minutos) y registrar color, precipitado o formación de espuma.
5. Interpretación: comparar las observaciones con los resultados esperados (positivo/negativo) y justificar brevemente.

El tiempo total estimado para la actividad es de 30 minutos, incluyendo la discusión grupal y el diligenciamiento del informe. El ácido clorhídrico concentrado es manipulado únicamente por las tesoristas con máscaras de gases para minimizar riesgos (por motivo de seguridad no se agrega al kit directamente).

Una vez finalizada la actividad práctica, los dos grupos de trabajo entregan un informe de laboratorio (**Anexos 16 y 17**) en el que registran sus observaciones, interpretaciones y respuestas a preguntas orientadoras. Para analizar cualitativamente estos informes y evaluar el desarrollo de habilidades investigativas, se emplea el software Atlas.ti. Se realiza una codificación inductiva de los fragmentos de respuesta y se construyen redes semánticas para cada grupo, así como una red comparativa que pone en contraste los

hallazgos. A continuación se presentan los resultados de cada grupo y el análisis correspondiente.

8.2.3.2 Resultados obtenidos por el grupo 1.

El informe del Grupo 1 presentó los resultados consignados en el **Anexo 17**.

En sus conclusiones, el Grupo 1 señaló que la prueba de fenoles evidencia la formación de complejos de coordinación coloreados, actuando el hierro como ácido de Lewis. Asimismo, destacaron que los flavonoides dan positivo al reducirse con magnesio metálico en medio ácido, produciendo colores característicos (naranja, rojo, rosa o púrpura). En respuesta a la pregunta sobre la relación de estos metabolitos con la actividad biológica, el grupo escribió:

“Los fenoles y flavonoides suelen tener propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, mientras que los alcaloides pueden presentar actividad farmacológica. Por ello, estos compuestos ayudan al estudio farmacológico y en el desarrollo del medicamento SynCurm.”

Esta respuesta demuestra una comprensión adecuada de la relevancia de los metabolitos secundarios en el contexto del potencial terapéutico de la curcumina para la enfermedad de Parkinson (Genchi et al., 2024; Priyadarsini, 2014).

Figura 35.

Red semántica del análisis cualitativo - grupo 1



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de respuesta del grupo 1 de laboratorio.

Realizada en ATLAS.ti

La red del Grupo 1 muestra una estructura lineal y simple; el nodo central "Identificación correcta de metabolitos" se asocia directamente con "Interpretación detallada (mecanismo químico)". Esta relación indica que los participantes no solo reconocen los compuestos presentes (fenoles, alcaloides, flavonoides), sino que también explican el fundamento químico de las pruebas: mencionan la formación de complejos de coordinación, el papel del hierro como ácido de Lewis, y la reducción del grupo carbonilo en flavonoides con magnesio metálico y ácido clorhídrico concentrado. A su vez, la "Interpretación detallada" es causa de una "Relación con actividad biológica (conceptual)", donde los participantes asocian los metabolitos detectados con propiedades funcionales y defensivas.

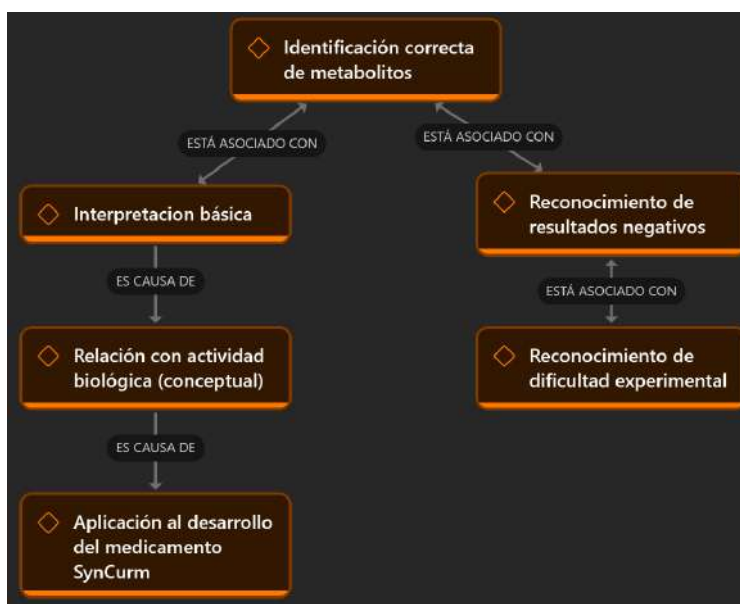
Sin embargo, la red no registra ningún nodo relacionado con resultados negativos (como la prueba de saponinas) ni con dificultades experimentales. El Grupo 1 se concentra en el acierto y en la profundidad mecanicista, pero omite la reflexión sobre las limitaciones del método. Tampoco explicitan una aplicación concreta del extracto, limitándose a una asociación general con la actividad biológica.

8.2.3.3 Resultados obtenidos por el Grupo 2.

El informe del Grupo 2 presentó los resultados consignados en el **Anexo 18**. Se puede analizar que el Grupo 2 también identificó correctamente la presencia de fenoles, alcaloides y flavonoides, y reportó la ausencia de saponinas, resultado esperado ya que la cúrcuma no es rica en estos compuestos (Nelson et al., 2017). En sus respuestas a las preguntas orientadoras, el grupo señaló que la prueba que presentó el cambio más evidente fue la "*identificación de alcaloides*". Adicionalmente, mencionaron que la prueba de saponinas fue la más difícil de interpretar "*porque fue más difícil de interpretar por la formación de espuma*" (en realidad, la ausencia de espuma indica resultado negativo, por lo que su dificultad pudo deberse a la falta de un control positivo para comparar). En cuanto a la relación con la actividad biológica, el grupo respondió de manera idéntica al Grupo 1, lo que sugiere que ambos grupos llegaron a conclusiones similares después de la discusión en la puesta en común.

Figura 36 .

Red semántica del análisis cualitativo - grupo 2



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de respuesta del grupo 2 de laboratorio.

Realizada en [ATLAS.ti](https://atlas.ti)

La red del Grupo 2 es más ramificada y compleja; el nodo "Identificación correcta de metabolitos" se asocia con dos rutas. Por un lado, se conecta con "Interpretación básica", donde los participantes explican que "el reactivo reacciona con" los compuestos, pero sin profundizar en el mecanismo electrónico o de coordinación. Esta interpretación básica es causa de una "Relación con actividad biológica (conceptual)", y esta a su vez causa la "Aplicación al desarrollo del medicamento SynCurm". Aunque el Grupo 2 no alcanza el nivel de detalle mecanístico del Grupo 1, logra vincular explícitamente los hallazgos con el potencial terapéutico del extracto.

Por otro lado, el nodo "Identificación correcta de metabolitos" también se asocia con "Reconocimiento de resultados negativos" (la prueba de saponinas da negativo, sin espuma). Este reconocimiento se asocia a su vez con "Reconocimiento de dificultad experimental", expresado en la respuesta citada. Esta rama de la red evidencia una habilidad de pensamiento crítico que está ausente en el Grupo 1: la capacidad de identificar limitaciones del procedimiento y de cuestionar el propio proceso experimental.

Para identificar las principales diferencias en las habilidades investigativas entre ambos grupos, se construye una red comparativa. La **Figura 37** contrasta las dos lógicas de trabajo, evidenciando cómo el Grupo 1 privilegia la profundidad mecanística mientras que el

Grupo 2 destaca por la reflexión metodológica y la aplicación al desarrollo del medicamento y en el **anexo 19** se evidencian los códigos que se utilizaron en Atlas ti para su elaboración..

Figura 37.

Red semántica del análisis cualitativo - comparación de los dos grupos



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de las respuestas de los dos grupos de laboratorio. Realizada en [ATLAS.ti](https://atlas.ti.com/)

El nodo "Diferencias entre grupos" se asocia con "Interpretación detallada (mecanismo químico)" por parte del Grupo 1 y con "Interpretación básica" por parte del Grupo 2. Esto refleja que ambos grupos alcanzan el objetivo de identificar metabolitos, pero con distinto nivel de profundidad conceptual. Adicionalmente, la red comparativa muestra una ruta diferenciada: en el Grupo 2, la "Interpretación básica" conduce a "Relación con actividad biológica" y luego a "Aplicación al desarrollo del medicamento SynCurm", mientras que el Grupo 1, a pesar de su mayor detalle mecanístico, no explicita esa aplicación concreta al medicamento. Tampoco el Grupo 1 reporta dificultades, mientras que el Grupo 2 sí lo hace.

El análisis con Atlas.ti revela que los dos grupos complementan sus fortalezas; ya que el Grupo 1 demuestra una comprensión más profunda de los principios químicos que sustentan la marcha fitoquímica, lo que corresponde a las habilidades de percepción y construcción metodológica definidas por Martínez y Márquez (2014). El Grupo 2, aunque

con interpretaciones más básicas, evidencia un pensamiento crítico más desarrollado al reportar resultados negativos y reflexionar sobre las dificultades experimentales. Además, solo el Grupo 2 vincula explícitamente los hallazgos con el desarrollo del medicamento SynCurm, lo que muestra una mayor conciencia de la aplicabilidad clínica.

Esta complementariedad sugiere que, en entornos colaborativos, los distintos niveles de habilidad pueden enriquecerse mutuamente. La discusión posterior a la práctica, en la que ambos grupos comparten sus resultados y dificultades, permite que el Grupo 1 aporte rigor mecanístico y que el Grupo 2 aporte reflexión metodológica y orientación aplicada. De esta manera, la actividad práctica de laboratorio no solo fortalece habilidades investigativas individuales, sino que también fomenta el aprendizaje colaborativo y la construcción colectiva del conocimiento, elementos centrales en la formación de auxiliares de enfermería basados en evidencia.

8.2.3.4 Discusión de la Actividad Práctica.

Ambos grupos lograron identificar correctamente los metabolitos secundarios presentes en el extracto SynCurm (fenoles, alcaloides y flavonoides), y reportaron la ausencia de saponinas. Las observaciones cualitativas (coloraciones naranja rojizo, precipitados blancos) son consistentes con los resultados esperados según los protocolos estándar de marcha fitoquímica (Martínez & Valencia, 2019; Domínguez, 2019) y por los resultados obtenidos por las investigadoras explicado en el apartado 8.2.1.5.6.

La coloración naranja rojizo en la prueba de fenoles con cloruro férrico difiere ligeramente del color marrón intenso reportado por las investigadoras en la caracterización del extracto (apartado 8.2.1.6.3). Esta variación puede atribuirse a diferencias en la concentración del extracto utilizado por los participantes, al tiempo de reacción o a la percepción subjetiva del color, pero no invalida el resultado positivo (Priyadarsini, 2014). La prueba de Shinoda para flavonoides produjo una coloración naranja, que es una de las tonalidades aceptables (junto con rojo, rosa o púrpura) para considerar un resultado positivo (Mahato & Chaudhary, 2019).

La detección de alcaloides, aunque no es el objetivo principal de la extracción (pues la curcumina no es un alcaloide), es consistente con lo reportado en la literatura, ya que el rizoma de *Cúrcuma Longa* contiene pequeñas cantidades de compuestos nitrogenados como la piperina y otros alcaloides pirrolidinícos (Kumar et al., 2017; Meng et al., 2018). La

positividad de ambas pruebas (Dragendorff y Mayer) refuerza la presencia de estos metabolitos.

La ausencia de saponinas era esperable, pues la cúrcuma no se caracteriza por acumular estos compuestos en concentraciones significativas (Nelson et al., 2017). El Grupo 2 reportó dificultad en la interpretación de esta prueba, lo que sugiere que para futuras implementaciones sería útil incluir un control positivo (por ejemplo, una solución de saponina comercial) para comparar la formación de espuma.

8.2.4 Certificación de Participación y Cierre del Proceso Formativo

Al finalizar la implementación del OVA SynCurm y como parte del cierre del proceso formativo, se hizo entrega a cada uno de los cinco auxiliares de enfermería participantes de un certificado de participación (**Anexo 20**).

El certificado acredita la finalización del curso "*Fortalecimiento de habilidades investigativas en el estudio de las enfermedades neurodegenerativas*", con una intensidad de 6 horas teórico-prácticas, desarrollado en el marco del proyecto de investigación para optar por el título de Licenciadas en Química.

La entrega de este reconocimiento tuvo dos propósitos fundamentales:

1. Valorar el compromiso y la disposición de los auxiliares de enfermería, quienes participaron activamente en las tres sesiones presenciales (con una duración total de 6 horas), así como en las actividades asincrónicas de refuerzo.
2. Cerrar formalmente el ciclo de formación, otorgando un respaldo institucional que los participantes pueden incorporar en su hoja de vida como evidencia de su formación continua en habilidades investigativas aplicadas al contexto de enfermedades neurodegenerativas.

Este acto de certificación refuerza el carácter ético y colaborativo de la investigación, al reconocer explícitamente el aporte de los participantes y al establecer un vínculo de reciprocidad entre la universidad y el personal del sector de la salud (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2020; Asociación Médica Mundial, 2017). Asimismo, constituye una evidencia más del cierre exitoso de la fase de implementación del OVA, previa a la aplicación de la prueba de salida.

8.2.5 Análisis del Potencial Didáctico del OVA

8.2.5.1 Desempeño Global en la Prueba de Salida (Tendencias en la Muestra).

La **Figura 38** presenta los puntajes individuales obtenidos en la prueba de salida.

Figura 38.

Puntajes individuales en la prueba de salida (máximo 40 puntos)



Nota: El gráfico muestra una variabilidad importante en los desempeños, con un rango de 8 puntos entre el puntaje más bajo (AE2, 31) y el más alto (AE3, 39).

Estadísticas descriptivas:

- Media: $\bar{x} = 33.8$ puntos
- Mediana: 32 puntos
- Desviación estándar: $s = 3.27$ puntos
- Mínimo: 31 puntos (PE2)
- Máximo: 39 puntos (PE3)

El puntaje promedio del grupo se ubica en un nivel avanzado. La desviación estándar de 3,27 indica una dispersión baja, especialmente en comparación con la prueba de entrada (Desviación Estándar = 6,4). El rango de 8 puntos muestra que las diferencias entre los participantes se redujeron notablemente (en la entrada el rango era de 16 puntos). Tres participantes (AE1, AE2 y AE5) obtienen puntajes muy cercanos entre sí (31-32 puntos), mientras que AE4 alcanza 35 puntos y AE3 obtiene el puntaje más alto con 39. Ningún

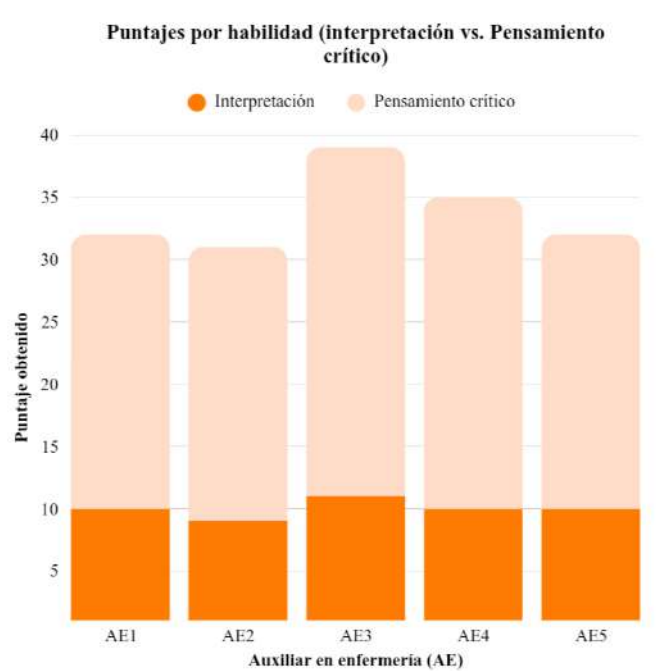
participante desciende por debajo de 31 puntos, lo que indica que todos logran un nivel mínimo de desempeño considerado aceptable.

8.2.5.2 Análisis por Habilidad de la Prueba de Salida.

Para profundizar en el desempeño, se agrupan las preguntas según la habilidad evaluada, siguiendo la misma distribución que en la prueba de entrada. La interpretación comprende las preguntas 1, 2, 5, 6, 10, 18 (máximo 12 puntos). Pensamiento Crítico comprende las preguntas 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20 (máximo 28 puntos). La **Figura 39** presenta los puntajes individuales desagregados por habilidad.

Figura 39 .

Puntajes individuales en la prueba de salida (máximo 40 puntos)



El análisis de la **Figura 39** muestra que el desempeño en ambas habilidades es ahora más homogéneo que en la prueba de entrada. La media de Interpretación asciende a 10,0 puntos (83,3 %) con una variabilidad baja, y la media de pensamiento crítico asciende a 23,8 puntos (85,0 %) con una desviación estándar de 2,6 puntos (en la entrada era de 4,8). Todos los participantes mejoran en pensamiento crítico, especialmente AE5 (de 15 a 22 puntos) y AE1 (de 17 a 22 puntos). AE3 alcanza el máximo posible (28/28). Este comportamiento

indica que el OVA logra fortalecer ambas habilidades, con un impacto particularmente positivo en el pensamiento crítico, que era la dimensión más deficitaria en el diagnóstico.

Para complementar el análisis cuantitativo, se someten las respuestas a las tres preguntas abiertas a un análisis cualitativo con el software Atlas.ti (versión de prueba). Se sigue el mismo procedimiento que en la prueba de entrada: codificación inductiva de fragmentos, definición de relaciones y construcción de redes semánticas. A continuación se presentan por separado cada pregunta, incluyendo las respuestas textuales de los auxiliares, la red semántica correspondiente y su interpretación.

Pregunta 1: Comprensión del proceso de extracción

La **Tabla 15** presenta las respuestas textuales de los auxiliares a la pregunta 1 de la prueba de salida.

Tabla 15.

Respuestas de la prueba de salida de la pregunta 1

Auxiliar de enfermería (AE)	Respuesta
AE1	No el ácido cítrico es un complemento necesario.
AE2	Yo creo que no tendrá el mismo efecto porque la preparación no será la misma.
AE3	No, ya que no tendrá el compuesto activo de la cúrcuma (curcumina).
AE4	No, tal vez la cantidad de curcumina no está tanta.
AE5	No, porque el estudio habla sobre la extracción del compuesto activo, usando un solvente especial de miel y ácido cítrico, al mezclar cúrcuma en polvo con miel puede obtener resultados pero no iguales al estudio.

La **Figura 40** presenta la red semántica construida a partir de estas respuestas y en el **anexo 21** se encuentran los códigos correspondientes.

Figura 40.

Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 1 de la prueba de salida



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de respuestas de los auxiliares en enfermería.

Realizada en ATLAS.ti

La red de la pregunta 1 muestra que todos los auxiliares responden correctamente que la preparación casera no produce los mismos efectos que el extracto purificado. Sin embargo, la calidad de las justificaciones varía según las variables que reconocen. Los nodos “Reconoce la variable de ácido cítrico” y “Reconoce la variable del método de extracción” se asocian con “Respuesta correcta sin efecto”, y luego se conectan con distintos niveles de justificación.

AE5 es el único que reconoce ambas variables (ácido cítrico y método de extracción) y, por lo tanto, alcanza una “Justificación completa”. AE1 y AE3 reconocen una variable cada uno (ácido cítrico o método de extracción) y se ubican en “Justificación parcial”. AE2, con una explicación vaga (“la preparación no será la misma”), también se sitúa en justificación parcial. AE4, quien solo afirma que “la cantidad de curcumina no está tanta”, cae en “Justificación simplificada”. En comparación con la prueba de entrada (donde solo AE1 respondió correctamente), la mejora es notable: ahora todos los auxiliares aciertan, y AE5 alcanza el nivel más alto de argumentación.

Pregunta 11: Evaluación crítica para recomendar

La **Tabla 16** presenta las respuestas textuales de los auxiliares a la pregunta 11.

Tabla 16.

Respuestas de la prueba de salida de la pregunta 11

Auxiliar de enfermería (AE)	Respuesta
AE1	Lo recomendaría en pacientes que les acaban de detectar parkinson y no está tan avanzado.
AE2	Es recomendable que cuando el paciente tenga síntomas recomendarle el curcuman así evitar causas más adelante.
AE3	Considerar más análisis de estudio que comprueben su efectividad y efectos secundarios. Recomendarla como terapia complementaria.
AE4	Se recomendaría pero como un tratamiento complementario o alternativo ya que no hay evidencia científica suficiente de que sea un tratamiento completamente efectivo y verificado. Se evaluarían las posibles contraindicaciones ya que no sabemos de qué forma reaccionaria al interactuar con otros medicamentos
AE5	Haría un poco más de investigación acerca de los efectos adversos que esto puede traer. Me basaría en estudios reales para tener más seguridad acerca del producto a recomendar.

En la **Figura 41** se presenta la red semántica correspondiente.

Figura 41.

Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 11 de la prueba de salida



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de respuestas de los auxiliares en enfermería.

Realizada en [ATLAS.ti](https://atlas.ti.com/)

La red de la pregunta 11 presenta una estructura secuencial. El nodo “Recomienda con matices” se asocia directamente con “Reconoce falta de evidencia”, y este a su vez con “Propone evaluar interacciones”. Esta cadena representa el pensamiento crítico aplicado a la toma de decisiones clínicas.

AE3, AE4 y AE5 se ubican en esta ruta. AE4 y AE5, además, proponen explícitamente evaluar interacciones y efectos secundarios. En contraste, AE1 y AE2 no aparecen en esta red porque sus respuestas carecen de matices: recomiendan la curcumina sin mencionar limitaciones ni evaluar riesgos. En comparación con la prueba de entrada (donde solo AE4 y AE5 reconocían la falta de evidencia), hay un avance importante: ahora AE3 también lo hace, y AE5 añade la propuesta de investigar efectos adversos. La persistencia de AE1 y AE2 en el nivel de simplificación indica que, para estos participantes, el OVA no logró modificar su tendencia a recomendar sin matices.

Pregunta 20: Síntesis y comunicación al paciente

La **Tabla 17** presenta las respuestas textuales de los auxiliares a la pregunta 20.

Tabla 17.

Respuestas de la prueba de salida de la pregunta 20

Auxiliar de enfermería (AE)	Respuesta
AE1	Es algo natural. No deja que se degenere más. Tiene propiedades antioxidantes.
AE2	Puede mejorar los síntomas del Parkinson al reducir la inflamación cerebral y proteger las neuronas dopaminérgicas.
AE3	Por sus propiedades ayuda a inhibir la proteína alfa sinucleína que es la causante del Párkinson. Se encuentra en análisis de estudios sobre sus efectos y efectividad. La curcumina tiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes generales.
AE4	1. El estudio efecto de la curcumina sobre el parkinson ha revelado que sus proteínas actúan sobre las que producen el parkinson, disminuyendo sus efectos pero no de forma significativa para que sea un tratamiento totalmente recomendable. 2. Se debe evaluar individualmente sus efectos sobre su caso específico.

	3. Observar los efectos positivos en su caso y vigilar si no genera efectos secundarios que sean contraproducentes.
AE5	Es medicina alternativa. Sus resultados son estadísticamente favorables. La curcumina puede traer efectos adversos aún no conocidos.

La **Figura 42** presenta la red semántica correspondiente.

Figura 42 .

Red semántica del análisis cualitativo - pregunta 20 de la prueba de salida



Nota: Elaboración propia a partir del análisis de respuestas de los auxiliares en enfermería.

Realizada en [ATLAS.ti](https://atlas.ti.com/)

La red de la pregunta 20 refleja los niveles de integración de la evidencia. El nodo “Menciona limitaciones de evidencia” y el nodo “Menciona mecanismo” son componentes parciales que, al combinarse, conducen a “Emite juicio clínico prudente”, y este a su vez a “Respuesta completa”. También se identifica una ruta intermedia donde solo se integran mecanismo y limitaciones sin juicio clínico (“Respuesta parcial”), y una ruta básica donde solo se menciona el mecanismo o se dan afirmaciones generales (“Respuesta básica”).

AE4 logra la “Respuesta completa”: incluye mecanismo, limitaciones (el efecto no es significativo para ser un tratamiento totalmente recomendable) y juicio clínico prudente. AE3 alcanza la “Respuesta parcial”: menciona mecanismo y limitaciones, pero no explicita un juicio clínico final. AE2 se ubica en “Respuesta básica” (solo mecanismo), mientras que AE1 y AE5 también caen en respuesta básica (AE1 con afirmaciones muy generales, AE5 con una postura que no desarrolla un mecanismo claro). En comparación con la prueba de entrada, donde ninguna respuesta alcanzaba el nivel completo y AE5 negaba rotundamente cualquier

efecto, la evolución es significativa: ahora AE4 ofrece una respuesta ejemplar, y AE3 se acerca a ese nivel.

8.2.6 Comparación de los Resultados Pre-Test y Post-Test (Análisis de Tendencias)

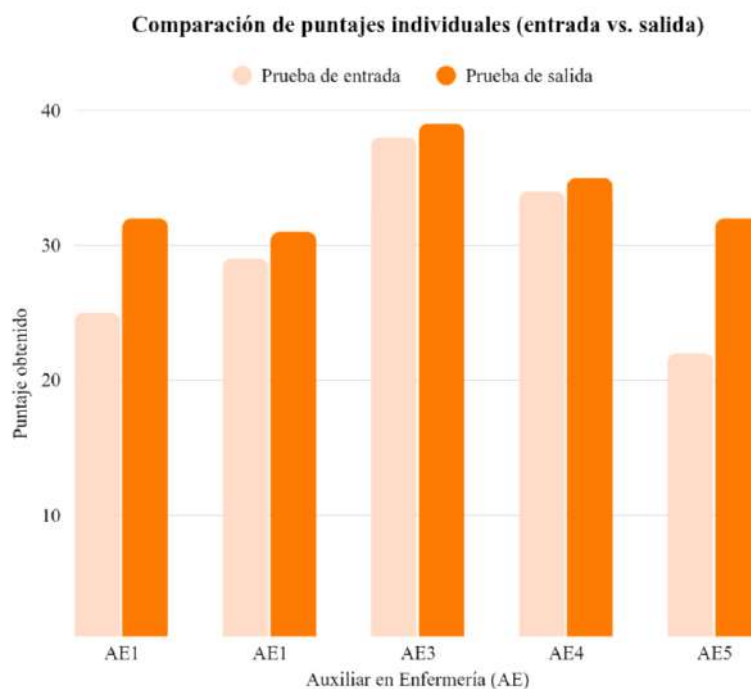
Para analizar los cambios inmediatos asociados a la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) SynCumm en el fortalecimiento de las habilidades investigativas (pensamiento crítico e interpretación), se comparan los puntajes obtenidos por los cinco auxiliares de enfermería en la prueba de entrada (diagnóstico) y la prueba de salida (post-intervención). Dado el carácter exploratorio del estudio y el tamaño reducido de la muestra ($n=5$), no se pretende evaluar el impacto en sentido estricto (lo que implicaría sostenibilidad, transferencia, persistencia temporal y efectos más amplios), sino identificar tendencias de cambio, diferencias descriptivas e indicios de fortalecimiento en esta muestra específica. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, utilizando el software SPSS (IBM Corp., 2023). Esta prueba es pertinente para comparar los resultados de entrada y salida en muestras pequeñas; sin embargo, sus resultados no miden impacto en sentido estricto, sino que permiten identificar tendencias de cambio, diferencias descriptivas e indicios de fortalecimiento en la muestra estudiada.

8.2.6.1 Puntajes Individuales y Mejora por Participante.

La **Figura 43** presenta la comparación de los puntajes individuales de entrada y salida.

Figura 43.

Comparación de puntajes individuales (Prueba de entrada vs. Prueba de salida)



Los cinco participantes mejoran su puntaje, aunque en diferente magnitud. AE5 presenta el avance más significativo con +10 puntos, pasando de ser la de menor rendimiento en la entrada (22) a ubicarse en el promedio grupal (32). AE1 también muestra una mejora notable de 7 puntos. AE3 y AE4, quienes ya tenían puntajes altos en la entrada (38 y 34 respectivamente), mejoran solo 1 punto cada uno, lo que puede atribuirse a un efecto techo (cercanía al máximo de 40 puntos). AE2 mejora 2 puntos.

8.2.6.2 Prueba de Rangos con Signo de Wilcoxon para Muestras Relacionadas.

Para determinar si las diferencias observadas entre la prueba de entrada y la prueba de salida eran estadísticamente significativas, se aplicó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Esta prueba fue seleccionada debido al tamaño reducido de la muestra ($n=5$) y a que los datos no cumplían con el supuesto de normalidad requerido para una prueba paramétrica (t de Student para muestras relacionadas). La prueba de Wilcoxon compara las medianas de dos variables apareadas y es ampliamente utilizada en investigaciones educativas con muestras pequeñas (Gómez et al., 2003). Los resultados obtenidos en SPSS se presentan en la **Tabla 16** y en la **Tabla 17**.

Tabla 16.

Resumen de contrastes de hipótesis – Prueba de Wilcoxon

Hipótesis nula		Prueba	Sig ^{a.b.}	Decisión
1	La mediana de diferencias entre Prueba de entrada y Prueba de salida es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	0,042	Rechaza la hipótesis nula
a. El nivel de significación es de 0,050 b. Se muestra la significancia asimétrica				

Nota: Elaboración propia con software SPSS (IBM Corp., 2023).

Tabla 17.

Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas

N° total	5
Estadístico de prueba	15,000
Error estándar	3,691
Estadístico de prueba estandarizado (Z)	2,032
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0,042

Nota: Elaboración propia con software SPSS (IBM Corp., 2023).

El valor de significancia asintótica (Sig. = 0,042) es menor que el nivel de significación establecido ($\alpha = 0,05$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Esto confirma que la diferencia entre los puntajes de la prueba de entrada y la prueba de salida es estadísticamente significativa, lo que sugiere que los cambios observados estuvieron relacionados a la implementación del OVA SynCurm.

El estadístico de prueba estandarizado ($Z = 2,032$) indica que la diferencia positiva entre ambas mediciones es consistente y no es producto de la variabilidad muestral. Este resultado se alinea con lo reportado en la literatura especializada, donde la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es ampliamente utilizada en investigaciones educativas con muestras reducidas ($n < 10$), demostrando ser sensible para detectar cambios significativos en diseños pre-experimentales de pre-test y post-test (Gómez et al., 2003; García-Carmona et al., 2015).

Siguiendo los criterios de Cohen (1988), un efecto se considera pequeño si $r = 0,10$, mediano si $r = 0,30$ y grande si $r = 0,50$. El valor obtenido ($r = 0,909$) corresponde, en términos puramente matemáticos, a un tamaño de efecto grande. Sin embargo, esta

interpretación debe ser extremadamente cautelosa debido al tamaño reducido de la muestra ($n=5$), lo que limita la estabilidad y generalización de este estimador. Por lo tanto, no se puede afirmar que el OVA tenga un "efecto grande" en sentido robusto, sino que este cálculo sugiere una tendencia favorable asociada a la implementación del OVA en esta muestra específica. En coherencia con el carácter exploratorio del estudio, se prefiere hablar de mejoras observadas, indicios de fortalecimiento y potencial didáctico del OVA SynCurm (Pallant, 2020).

El estadístico de prueba (15,000) corresponde a la suma de rangos positivos (W^+). Dado que el estadístico de prueba es igual a 15,00 y que el máximo valor posible para $n = 5$ es 15 (cuando todas las diferencias son positivas y no hay empates), se confirma que los cinco participantes obtuvieron rangos positivos y ninguno tuvo rangos negativos. Este comportamiento es consistente con la observación de que todos los auxiliares mejoraron su puntaje, sin excepciones. La invariabilidad de las diferencias (todas positivas) refuerza la conclusión de que el OVA tuvo un efecto uniformemente beneficioso sobre el grupo, más allá de la magnitud individual de la mejora.

A modo de triangulación entre los hallazgos cuantitativos y cualitativos, el análisis con Atlas.ti permite confirmar y matizar las tendencias observadas en los puntajes. En la pregunta 1, todos los auxiliares pasan de respuestas incorrectas o muy pobres en la entrada (excepto AE1) a respuestas correctas en la salida. El avance más notable es el de AE5, que pasa de una respuesta incorrecta ("La curcumina es significativamente mejor que el placebo") a una justificación completa que integra incluso los detalles del método de extracción.

En la pregunta 11, AE3, AE4 y AE5 incorporan matices y reconocen la falta de evidencia, mientras que AE1 y AE2 persisten en recomendaciones sin análisis crítico. Esto indica que el OVA logra desarrollar el pensamiento crítico en quienes ya tenían cierta disposición a la reflexión, pero no modifica sustancialmente la tendencia a la simplificación en los participantes más reacios.

En la pregunta 20, AE4 alcanza el nivel de respuesta completa (mecanismo, limitaciones y juicio clínico), AE3 se acerca, y AE5 pasa de una negación rotunda en la entrada ("no tiene ningún efecto comprobando") a una postura más equilibrada ("es medicina alternativa, sus resultados son estadísticamente favorables, puede traer efectos adversos"). AE1 y AE2 se mantienen en niveles básicos.

Esta triangulación muestra que el OVA SynCurm tiene un potencial didáctico favorable para mejorar las habilidades investigativas, especialmente en los participantes con menor nivel basal (AE5). Los resultados muestran avances no solo en la adquisición de conocimientos bioquímicos relacionados con la inhibición de la proteína alfa-sinucleína en la enfermedad de Parkinson, sino también en el desarrollo de competencias de pensamiento crítico e interpretación de evidencia científica, fundamentales para una adecuada toma de decisiones y abordaje más integral del paciente.

Sin embargo, el impacto es desigual: quienes manejan una tendencia muy marcada a la simplificación (AE1 y AE2) mejoran en aspectos factuales (pregunta 1) pero no logran desarrollar plenamente el pensamiento crítico en escenarios de evaluación de evidencia y comunicación de la información al paciente. Estos hallazgos reflejan como la integración entre pedagogía clínica y bioquímica, mediada por el OVA, favorece la comprensión de procesos moleculares complejos, mientras promueve capacidades investigativas aplicadas al contexto asistencial. Esto sugiere que el aprendizaje de fundamentos bioquímicos puede convertirse en una herramienta para fortalecer la interpretación clínica y el pensamiento crítico, desde una estrategia didáctica.

9. Conclusiones

La implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) SynCurm demuestra ser una estrategia didáctica que tiene un potencial didáctico favorable para el fortalecimiento de habilidades investigativas (pensamiento crítico e interpretación) en auxiliares de enfermería en el contexto de las enfermedades neurodegenerativas. El análisis cuantitativo, mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas ($p = 0,042 < 0,05$), permitió rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis verdadera (H_1), confirmando que la intervención fundamentada en la extracción y caracterización de compuestos bioactivos de *Cúrcuma Longa* mediante NADES contribuye significativamente al desarrollo de dichas competencias.

El estado inicial de las habilidades investigativas, evaluado mediante una prueba de entrada diseñada a partir de la adaptación del test PENCRISAL, instrumento ampliamente utilizado para la evaluación del pensamiento crítico, mostró un desempeño heterogéneo en el grupo (media = 29,6/40, DE = 6,4), con dificultades particulares en pensamiento crítico, especialmente en tareas de evaluación de fuentes, identificación de sesgos y resolución de contradicciones. La prueba de salida, aplicada tras la intervención, evidenció una mejora significativa en el desempeño grupal: la media se incrementó a 33,8 puntos (84,5 %), la mediana pasó de 29 a 32 puntos, y la desviación estándar se redujo a 3,27, lo que indica un aumento en los puntajes y a su vez una unificación del grupo. Todos los participantes mejoraron sus puntajes, destacando el caso de PE5 con un avance de +10 puntos, pasando del puntaje más bajo en la entrada (22) a ubicarse en el promedio grupal (32). Este hallazgo es especialmente relevante, ya que PE5 contaba con más de cinco años de experiencia clínica, lo que demuestra que las habilidades investigativas no se adquieren espontáneamente con la práctica, sino que requieren una formación explícita y sistemática.

El diseño e implementación del OVA SynCurm, estructurado en tres módulos progresivos (bioquímica de la enfermedad, interpretación crítica de evidencia y laboratorio fitoquímico), logró integrar contenidos teóricos y prácticos en un entorno de pedagogía clínica. La caracterización del extracto NADES SynCurm confirmó la presencia de curcumina y otros metabolitos secundarios (fenoles, flavonoides, alcaloides) con potencial neuroprotector, lo que fundamentó científicamente las actividades experimentales del Módulo 3. Por otra parte, el kit SynCurm, diseñado como recurso portátil para la marcha fitoquímica, permitió a los auxiliares de enfermería realizar prácticas de laboratorio en un entorno

controlado y seguro, fortaleciendo habilidades de observación sistemática, registro de datos e interpretación de resultados, incluso sin contar con un laboratorio completamente equipado.

La efectividad de la estrategia didáctica se evidenció también a través de las actividades interactivas y colaborativas. La actividad Time to Climb del Módulo 1 mostró que AE1 y AE4 consolidaron sus aprendizajes con aciertos cercanos o iguales al 100 %, mientras que AE5 alcanzó el tercer lugar (77,8 %) a pesar de su bajo puntaje inicial, lo que indica que el formato lúdico puede beneficiar particularmente a participantes con menor nivel basal. Por otra parte, el empate entre AE2 y AE3 (ambos con 5 aciertos de 9) reveló que el conocimiento declarativo no siempre se traduce en un desempeño adecuado en entornos de presión temporal o familiaridad digital limitada, un hallazgo que refuerza la necesidad de diversificar los instrumentos de evaluación. La actividad tipo semáforo (Módulo 2) evidenció una alta variabilidad en la capacidad de discriminar la calidad de la evidencia científica, con aciertos que oscilaron entre el 33,3 % y el 88,9 %. Sin embargo, el desempeño sobresaliente de AE5 en esta actividad (88,9 %) sugiere que la metodología activó competencias de juicio crítico que no fueron adecuadamente reflejadas en las pruebas tradicionales de opción múltiple.

La reducción de la brecha entre los participantes y la mejora diferencial (mayor en quienes tenían puntajes más bajos) indican que el OVA tiene un potencial alto para nivelar conocimientos y habilidades en grupos heterogéneos. Esto tiene implicaciones importantes para la formación continua en entornos hospitalarios, donde las diferencias en la formación de base suelen ser un obstáculo para la estandarización de la práctica basada en evidencia.

Asimismo, el sistema NADE empleado demuestra ser una alternativa eficaz para la extracción de compuestos bioactivos, evidenciando ventajas frente a solventes convencionales en términos de eficiencia, sostenibilidad y preservación de metabolitos de interés. Su uso permite obtener un extracto con características adecuadas para su posterior análisis, confirmando su potencial como herramienta innovadora en procesos de extracción verde.

En este contexto, el desarrollo del producto SynCurm se posiciona como un aporte relevante en el campo de los alimentos funcionales; al integrar compuestos bioactivos derivados de la cúrcuma (principalmente curcumina) en una base de miel, este extracto ofrece una alternativa natural que puede ser incorporada como aditivo en preparaciones cotidianas (tés, jugos, alimentos). La miel aporta sus propios compuestos fenólicos con actividad

antioxidante, lo que puede potenciar los efectos neuroprotectores de la curcumina. De esta manera, SynCurm contribuye al desarrollo de alternativas terapéuticas complementarias para el manejo de la enfermedad de Parkinson, al tiempo que abre nuevas perspectivas en la formulación de alimentos funcionales orientados a la prevención y el acompañamiento de enfermedades neurodegenerativas.

Dado el carácter exploratorio y el tamaño reducido de la muestra ($n=5$), los hallazgos de este estudio deben interpretarse como tendencias observadas en esta muestra específica, no como resultados generalizables a toda la población de auxiliares de enfermería. No obstante, los productos generados (OVA, kit didáctico, cuestionario adaptado) y las tendencias favorables observadas sientan las bases para futuras investigaciones con muestras más amplias y diseños experimentales que permitan profundizar en su efectividad.

10. Recomendaciones

A partir del presente estudio, se sugieren las siguientes recomendaciones. En primer lugar, se recomienda ampliar el tamaño de la muestra en futuras aplicaciones del OVA SynCurm, con el fin de generalizar los resultados con mayor robustez estadística. Asimismo, se sugiere incorporar un grupo control en diseños experimentales futuros, lo que permitiría aislar el efecto del OVA de otras variables contextuales.

En cuanto al kit experimental SynCurm, se recomienda incluir controles positivos (por ejemplo, soluciones de flavonoides o saponinas de referencia) para facilitar la interpretación de los resultados cualitativos, especialmente en pruebas como la de saponinas, donde los participantes reportaron dificultades. Adicionalmente, se sugiere extender el uso del kit a otros contextos formativos en ciencias de la salud, dada su portabilidad, bajo costo y facilidad de implementación.

Desde la perspectiva metodológica, se recomienda diseñar rúbricas específicas para evaluar de manera desagregada cada sub-habilidad del pensamiento crítico (identificación de sesgos, jerarquización de evidencia, argumentación), lo que permitiría ajustar el OVA con mayor precisión a las necesidades formativas de los participantes. Finalmente, se sugiere establecer alianzas con instituciones de salud para escalar la implementación del OVA SynCurm a nivel local, contribuyendo así a la estandarización de la práctica basada en evidencia en el manejo de enfermedades neurodegenerativas.

11. Bibliografía

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., et al. (2002). *Biología molecular de la célula* (4.^a ed.). Garland Science. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/>
- Allen, S., Meade, R., White Stenner, L., & Mason, M. (2023). Peptide-based approaches to directly target alpha-synuclein in Parkinson's disease. *Molecular neurodegeneration*, 18(1), 80. <https://doi.org/10.1186/s13024-023-00675-8>
- Asociación Médica Mundial. (2017). *Declaración de Helsinki de la AMM: Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento*. Paidós.
- Ballesteros-Vivas, D., Álvarez-Rivera, G., Ibáñez, E., Parada-Alfonso, F., & Cifuentes, A. (2019). Integrated strategy for the extraction and profiling of bioactive metabolites from *Passiflora mollissima* seeds combining pressurized-liquid extraction and gas/liquid chromatography-high resolution mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1595, 144–157. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.02.050>
- Bhagavatula, D., Hasan, T., Vohra, H., Khorami, S., & Hussain, A. (2024). *Delineating the Antiapoptotic Property of Apigenin as an Antitumor Agent: A Computational and In Vitro Study on HeLa Cells*. *ACS omega*, 9(23), 24751–24760. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c01300>
- Cabero, J., & Llorente, M. C. (2023). Objetos de aprendizaje: Una revisión de su concepto, tipos y usos en la educación superior. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (73). <https://revistas.um.es/red>
- Caicedo, L. (2023). *Potencialidades didácticas del uso de herramientas bioinformáticas en el fortalecimiento de competencias tecnológicas con enfoque investigativo* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/18997>

- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products: Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540-560. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2021). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research* (6th ed.). Pearson.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Crooks, S., Stark, P., Carlisle, S., McMullan, J., Copeland, S., Wong, W. Y. A., Blake, D., Lyons, E., Campbell, N., Carter, G., Wilson, C. B., & Mitchell, G. (2023). Evaluation of a co-designed Parkinson's awareness audio podcast for undergraduate nursing students in Northern Ireland. *BMC Nursing*, 22(1), 370.
- Conway, K., Lee, S., Rochet, J., Ding, T., Williamson, R., & Lansbury, P. (2000). *Acceleration of oligomerization, not fibrillization, is a shared property of both alpha-synuclein mutations linked to early-onset Parkinson's disease: implications for pathogenesis and therapy*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(2), 571–576. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.2.571>
- De Souza, J. L., & da Silva, A. B. (2022). Research skills in nursing: A framework for evidence-based practice. *Journal of Nursing Education and Practice*, 12(5), 45–52. <https://doi.org/10.5430/jnep.v12n5p45>
- Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., & Roberfroid, M. B. (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus document. *British Journal of Nutrition*, 81(4), S1-S27.
- Domínguez, X. A. (2019). *Métodos de investigación fitoquímica*. Editorial Limusa.
- Dosoky, N., & Setzer, N. (2018). *Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils of Curcuma Species*. *Nutrients*, 10(9), 1196. <https://doi.org/10.3390/nu10091196>

- Dugger, B. N., & Dickson, D. W. (2023). Pathology of neurodegenerative diseases. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 15(1), a041001. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a041001>
- Ehrnhoefer, D., Bieschke, J., Boeddrich, A., Herbst, M., Masino, L., Lurz, R., Engemann, S., Pastore, A., & Wanker, E. E. (2008). EGCG redirects amyloidogenic polypeptides into unstructured, off-pathway oligomers. *Nature structural & molecular biology*, 15(6), 558–566. <https://doi.org/10.1038/nsmb.1437>
- Escobar, J., & Cuervo, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6(1), 27–36.
- Espinar, Á., & Vigueras, M. (2020). El aprendizaje experiencial y su impacto en la educación actual. *Revista Cubana de Educación Superior*, 39(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142020000300012
- Ezyanie, S. Ahmad, N. Sukor, M. Hisgam, N. Sepeai, S. Adib, M. (2015). Preliminary study of natural pigments photochemical properties of curcuma longa L. and lawsonia inermis L. As TiO₂ photoelectrode sensitizer. *Malaysian Journal of analytical sciences*. Vol 19 N°6.
- Fallon, M., Ward, S., & Brown, S. C. (2023). *E-learning in Health Sciences: Design that Engages*. Springer.
- Fetters, M. D. (2020). *The mixed methods research workbook*. SAGE Publications.
- García-Carmona, A., Criado, A. M., & Cañada, F. (2015). PENCRI SAL: Una prueba para evaluar el pensamiento crítico en ciencias. *Revista de Educación*, 368, 132-162. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2015-368-294>
- García, N. M., Paca, N. K., Arista, S. M., Valdez, B. B., & Gómez, I. I. (2018). Investigación formativa en el desarrollo de habilidades comunicativas e investigativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 125–136. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.336>

- Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*, 7(2), 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.02.001>
- Genchi, G., Lauria, G., Catalano, A., Carocci, A., & Sinicropi, M. S. (2024). Neuroprotective effects of curcumin in neurodegenerative diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3), 1421. <https://doi.org/10.3390/ijms25031421>
- Gray, J. R., Grove, S. K., & Sutherland, S. (2023). *Burns and Grove's the practice of nursing research: Appraisal, synthesis, and generation of evidence* (9th ed.). Elsevier.
- Gómez-Benito, M., Granado, N., García-Sanz, P., Michel, A., Dumoulin, M., & Moratalla, R. (2020). *Modeling Parkinson's Disease With the Alpha-Synuclein Protein*. *Frontiers in pharmacology*, 11, 356. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00356>
- Gupta, S. C., Patchva, S., & Aggarwal, B. B. (2013). Therapeutic roles of curcumin: Lessons learned from clinical trials. *The AAPS Journal*, 15(1), 195–218. <https://doi.org/10.1208/s12248-012-9432-8>
- Halpern, D. F. (2010). Halpern Critical Thinking Assessment. Austria: Schuhfried, Vienna Test System.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Education. mheducation.com.mx
- Hornedo, I., Urbina, O., Martell, L., & Hernandez, L. (2022), *Habilidades investigativas de los licenciados en enfermería en el instituto de hematología e inmunología*. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 38(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892022000400005
- Instituto Nacional de Salud. (2022). Manual de bioseguridad y biocustodia del Instituto Nacional de Salud. Ministerio de Salud. <https://hdl.handle.net/20.500.14196/1512>
- Kalia, L. V., & Lang, A. E. (2022). Parkinson's disease. *The Lancet*, 399(10324), 804–818. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00210-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00210-X)

- Kaur, H., Singh, S., Kumar, V., & Thakur, V. (2023). Deep eutectic solvents toward the detection and extraction of neurotransmitters: An emerging paradigm for biomedical applications. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 62(45), 18906–18917. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.3c00410>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Kotra, V. S. R., Satyabanta, L., & Goswami, T. K. (2019). A critical review of analytical methods for determination of curcuminoids in turmeric. *Journal of food science and technology*, 56(12), 5153–5166. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03986-1>
- Kumar, A., Dora, J., Singh, A., & Tripathi, R. (2017). A review on *Curcuma longa* L. with special reference to its phytochemical constituents and pharmacological activities. *The Pharma Innovation Journal*, 6(5), 156–161.
- Lan Yi, Xiaoqin Wu, Li Guo, Jialing Chen, Mario Gauthier, Wen-Ying Li. (2024). Applications of ionic liquids and deep eutectic solvents for the extraction of phenolic compounds from coal-based crude oils, *Separation and Purification Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.126383>.
- Lennaerts-Kats, H., Ebenau, A., Kanters, S., Bloem, B. R., Vissers, K. C. P., Dijkstra, B. W., Meinders, M. J., & Groot, M. M. (2022). The effect of a multidisciplinary blended learning program on palliative care knowledge for health care professionals involved in the care for people with Parkinson's disease. *Journal of Parkinson's Disease*, 12(8), 2575-2584. <https://doi.org/10.3233/JPD-223539>
- Liu, Q., Peng, W., Zhang, F., Hu, R., Li, Y., & Yan, W. (2016). The effectiveness of blended learning in health professions: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 18(1), e2. <https://doi.org/10.2196/jmir.4807>
- Liu, Y. Li, J. Fu, R. Zhang, L. Wang, D. & Wang, S. (2019) Enhanced extraction of natural pigments from *Curcuma longa* L. using natural deep eutectic solvents, *Industrial Crops and Products*, Volume <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111620>.

- Liu, Y., Friesen, J. B., McAlpine, J. B., Lankin, D. C., Chen, S. N., & Pauli, G. F. (2020). Natural deep eutectic solvents: Properties, applications, and perspectives. *Journal of Natural Products*, 81(3), 679–690. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.7b00945>
- Mackay Castro, R., Franco Cortazar, D. E., & Villacis Pérez, P. W. (2018). El pensamiento crítico aplicado a la investigación. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(1), 336–342.
- Maiti, P., & Dunbar, G. L. (2022). Use of curcumin for targeting molecular pathways in neurodegenerative diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1321. <https://doi.org/10.3390/ijms23031321>
- Mao, P. (2013). *Oxidative Stress and Its Clinical Applications in Dementia*. Journal of neurodegenerative diseases, 2013, 319898. <https://doi.org/10.1155/2013/319898>
- Martínez, A., & Valencia, G. (2019). *Manual de prácticas de fitoquímica*. Universidad del Cauca.
- Martínez, D., & Marquez, D. (2014). *Las habilidades investigativas como eje transversal de la formación para la investigación*. Tendencias Pedagógicas 24. Universidad de Pinar del Río.
- Martínez, Jimena Hebe. (2016). *Rol de alfa-sinucleína en la función y dinámica mitocondrial en modelos experimentales de la Enfermedad de Parkinson*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Mayo Clinic. (2025). Demencia con cuerpo de Lewy - síntomas y causas. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/lewy-body-dementia/symptoms-causes/syc-20352025>
- Mehra, S., Sahay, S., & Maji, S. (2019). α -Synuclein misfolding and aggregation: Implications in Parkinson's disease pathogenesis. *Biochimica et biophysica acta. Proteins and proteomics*, 1867(10), 890–908. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2019.03.001>

- Meng, F. C., Zhou, Y. Q., Ren, D., Wang, R. Y., Wang, C., Lin, L. G., & Zhang, Q. W. (2018). Turmeric: A review of its chemical composition, quality control, and bioactivity. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(3), 1071–1085. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.05.002>
- Ministerio de Educación Nacional. (2017). Objetos virtuales de aprendizaje (OVA). <https://www.mineducacion.gov.co/portal/secciones/Glosario/82739:OBJETOS-VIRTUALES-DE-APRENDIZAJE-OVA>
- Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine*, 65(9), S63–S67. <https://doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045>
- Miyazaki, Y., Kato, R., & Suzuki, M. (2025). Evaluation of a blended learning program designed to improve clinical practice skills in novice healthcare professionals caring for patients with Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*, 100367.
- Mobley, D. L., & Dill, K. A. (2009). Binding of small-molecule ligands to proteins. *Structure*, 17(4), 489–498. <https://doi.org/10.1016/j.str.2009.02.010>
- Morales, L. Y., Gutiérrez, L., & Ariza, L. M. (2016). Guía para el diseño de objetos virtuales de aprendizaje (OVA). Aplicación al proceso enseñanza-aprendizaje del área bajo la curva de cálculo integral. *Revista Científica General José María Córdova*, 14(18), 127-147. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-65862016000200008
- Morgan, D. L. (2022). *Integrating qualitative and quantitative methods: A pragmatic approach*. SAGE Publications.
- Morris, G. M., & Lim-Wilby, M. (2008). Molecular docking. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 443, 365–382. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-177-2_19.
- Nagaki, K., Matsushita, W., & Takahashi, M. (2025). Evaluation of a blended learning program designed to improve clinical practice skills in novice healthcare professionals caring for patients with Parkinson's disease. *Clinical Parkinsonism & Related Disorders*, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.prdoa.2025.100367>

- National Institute of standards and technology (NITS). (2026). Citric acid. NITS Chemistry WebBook. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C77929&Mask=80#Refs>
- Nearpod. (2023). *Time to Climb: Game-based learning*. <https://nearpod.com/time-to-climb>
- Nelson, K. M., Dahlin, J. L., Bisson, J., Graham, J., Pauli, G. F., & Walters, M. A. (2017). The essential medicinal chemistry of curcumin. *Journal of Medicinal Chemistry*, 60(5), 1620–1637. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.6b00975>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud. Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/49cb8c52-7daa-4cc2-8fb9-f5220d5e4f39/content>
- Pérez, F. (2020). *Alfa-sinucleína: relevancia biológica, formación de fibras y compuestos inhibidores* [Tesis de maestría, Universitat de les Illes Balears]. <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/157173>
- Pinilla, A. (2011). Modelos pedagógicos y formación de profesionales en el área de la salud. *Acta Médica Colombiana*, 36(4), 204–218. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-24482011000400008
- Predesalud. (2022). *Auxiliar en Enfermería*. <https://predesalud.edu.co/auxiliar-enfermeria/>
- Poewe, W., Seppi, K., Tanner, C. M., Halliday, G. M., Brundin, P., Volkman, J., & Lang, A. E. (2022). Parkinson disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.1038/s41572-022-00347-9>
- Priyadarsini, K. I. (2014). The chemistry of curcumin: From extraction to therapeutic agent. *Molecules*, 19(12), 20091–20112. <https://doi.org/10.3390/molecules191220091>
- RCSB Protein Data Bank. (2005). Human micelle-bound alpha-synuclein (PDB ID: 1XQ8). <https://www.rcsb.org/structure/1XQ8>

- Rivas, S. & Saiz, C. (2012). *Validación y propiedades psicométricas de la prueba de pensamiento crítico PENCRISAL*. Revista electrónica de metodología aplicada 17(1), 18-34. <https://reunido.uniovi.es/index.php/Rema/article/view/9801/9540>
- Rivas, S., Saiz, C., & Morales, P. (2014). *Prueba de pensamiento crítico pencrisal*. Universidad de salamanca y Pontifica Universidad Católica de Peru.
- Sahlan, M. Luthfiyah, N. Agus, A. Sabir, A. Kartika, D, (2022). Identification and authentication of honey using chemometric analysis based on ATR-FTIR and raman spectroscopy. Department of chemical engineering, faculty of engineering.
- Santos Buelga, Celestino & Gonzalez-paramas, Ana M. (2017). Chemical Composition of Honey.
https://www.researchgate.net/publication/319488146_Chemical_Composition_of_Honey
- Sarmiento, O. (2019). Capítulo 6: Análisis e interpretación de espectros infrarrojos FTIR-ATR. Recuperado de: www.studocu.com/co/document/canadian-college-sede-unal/cultivo-ciclo-medio/cap-6-analisis-de-los-espectros-de-infrarrojo/124470854
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
- Seidl, S. E., & Potashkin, J. A. (2023). The promise of neuroprotective agents in Parkinson's disease. *Frontiers in Neurology*, 14, 1114858. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1114858>.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2024). Observatorio Laboral y Ocupacional: Boletín Técnico Sector Salud. Servicio Nacional de Aprendizaje. <https://observatorio.sena.edu.co/>
- Setyaningsih, D. Agund, Y. Sri, Y. Yosi, M. Lj, W. & Petramurti, C. (2021). Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) isocrática para la cuantificación simultánea de curcumina y piperina en una formulación de micropartículas que contiene *Curcuma longa* y *Piper nigrum*. Recuperado de:

[https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(21\)00644-7?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844021006447%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(21)00644-7?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844021006447%3Fshowall%3Dtrue)

Sharifi-Rad J, Rayess YE, Rizk AA, Sadaka C, Zgheib R, Zam W, Sestito S, Rapposelli S, Neffe-Skocińska K, Zielińska D, Salehi B, Setzer WN, Dosoky NS, Taheri Y, El Beyrouthy M, Martorell M, Ostrander EA, Suleria HAR, Cho WC, Maroyi A and Martins N (2020) Turmeric and Its Major Compound Curcumin on Health: Bioactive Effects and Safety Profiles for Food, Pharmaceutical, Biotechnological and Medicinal Applications. *Front. Pharmacol.* 11:1021. doi: 10.3389/fphar.2020.01021

Siddareddi, A. (2024). Predicting Protein-Ligand Binding Affinities with Machine Learning. Medium. <https://medium.com/@alpanasid/predicting-protein-ligand-binding-affinities-with-machine-learning-ae7bf2a6aca8>

Stefanis, L. (2022). α -Synuclein in Parkinson's disease. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 12(5), a039388. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a039388>

Tsioptsias, C., Panagiotou, A., & Mitlianga, P. (2024). Thermal Behavior and Infrared Absorbance Bands of Citric Acid. *Applied Sciences*, 14(18), 8406. <https://doi.org/10.3390/app14188406>

Universidad Pedagógica Nacional. (2022). *Chimeía (Χημεία) Student Chapter UPN-ACS*. <https://cienciaytecnologia.upn.edu.co/chimeia-%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CE%B1-student-chapter-upn-ac/>

Vallée, A., Blacher, J., Cariou, A., & Sorbets, E. (2020). Blended learning compared to traditional learning in medical education: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 22(8), e16504. <https://doi.org/10.2196/16504>

Vázquez, E., Trujillo, M., Padilla, F., Palomero, M., Gómez, C., Soto, L., & Guerra, C. (2025). Mecanismos patológicos de alfa-sinucleína y tau y el tratamiento temprano de la enfermedad de Parkinson. *Universidad autónoma del estado de Morelos*. 21(54). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10498856>

- Vega, J., & Amezquita, S. (2024). Habilidades investigativas en educación formal. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–20. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-877>
- Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory. http://opencontent.org/docs/lo_do.pdf
- Zhang, X., Li, Y., Xu, H., & Zhang, Y. W. (2014). The γ -secretase complex: from structure to function. *Frontiers in cellular neuroscience*, 8, 427. <https://doi.org/10.3389/fncel.2014.00427>

12. Anexos

Anexo 1. Página Web SynCurm

<https://syncurm.my.canva.site/>



SynCurm

Un Objeto Virtual de Aprendizaje para fortalecer habilidades investigativas en auxiliares de enfermería

En un entorno clínico donde la evidencia evoluciona constantemente, la capacidad de analizar, interpretar y aplicar información científica es esencial.

Este curso le permitirá comprender el potencial bioactivo de la curcumina, evaluar críticamente la evidencia disponible y reflexionar sobre su aplicación responsable en la práctica clínica.

[Iniciar recorrido](#)

¿POR QUÉ ESTE CURSO ES IMPORTANTE?

En la práctica clínica, constantemente surgen nuevas propuestas terapéuticas y alimentos funcionales que prometen beneficios para enfermedades como el Parkinson. Sin embargo, no toda la información tiene el mismo nivel de evidencia ni la misma relevancia clínica.

Este curso le permitirá fortalecer su capacidad para analizar críticamente la evidencia científica y tomar decisiones responsables, basadas en fundamentos sólidos y aplicables a su práctica profesional.

[Continúa](#)

¿CÓMO SE DESARROLLA EL CURSO

Este curso se desarrolla bajo una metodología **b-learning** (*blended learning*), la cual combina el aprendizaje virtual mediante el OVA con actividades prácticas y de análisis orientadas al fortalecimiento de habilidades investigativas (pensamiento crítico e interpretación).

b-learning = Aprendizaje virtual + actividades presenciales

¿CÓMO FUNCIONA?

- 1 El curso está organizado en **3 módulos** secuenciales. Cada módulo incluye contenidos y actividades interactivas.
- 2 Para avanzar al siguiente módulo, deberá completar satisfactoriamente todas las actividades propuestas en el módulo actual.
- 3 Al final del curso, quienes completen los 3 módulos y todas las actividades, recibirán su **certificado de reconocimiento de participación**.

[Continúa](#)

ESTRUCTURA DEL CURSO

Este recorrido formativo está organizado en módulos progresivos que integran fundamentos bioquímicos, análisis de evidencia científica y aplicación clínica.

Cada sección está diseñada para fortalecer su pensamiento crítico y facilitar la transferencia del conocimiento a su práctica profesional, mediante actividades breves, interactivas y contextualizadas.

- MÓDULO 1**
De la bioquímica a la clínica
- MÓDULO 2**
Interpretación crítica de la evidencia científica
- MÓDULO 3**
Laboratorio SynCurm (Marcha bioquímica)

¿QUIÉNES SOMOS Y QUÉ ES SYNCURM?

Este OVA fue desarrollado en el marco del proyecto de investigación de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, con el propósito de fortalecer habilidades investigativas en auxiliares de enfermería del contexto clínico.

El OVA **SYNCURM** es un proyecto educativo y científico enfocado en el estudio de compuestos bioactivos de la curcumina. Su nombre surge de la unión de "Syn", en referencia a la α -sinucleína y "Curm", derivado de la curcumina principal compuesto activo de la curcumina.

SynCurm
Syn = α -sinucleína
Curm = curcumina

Dentro de este proyecto se desarrolló **SynCurm**, un prototipo de alimento funcional desarrollado mediante un sistema NADES, diseñado para la extracción de compuestos bioactivos de la Curcuma Longo seca.

[Continúa](#)

Pensamiento crítico clínico	Interpretación de estudios científicos	Evaluación de alimentos funcionales	Aplicación responsable en consulta
Desarrollará la capacidad de cuestionar afirmaciones terapéuticas, identificar conclusiones apresuradas y analizar si la evidencia realmente respalda una recomendación clínica.	Aprenderá a comprender conceptos como significación estadística, relevancia clínica, tamaño del efecto y posibles sesgos, diferenciando resultados prometedores de conclusiones sólidas.	Reflexionará sobre la diferencia entre identificar compuestos bioactivos en laboratorio y demostrar posible eficacia en pacientes, comprendiendo los límites de la evidencia preclínica.	Fortalecerá su capacidad para integrar información científica en la atención al paciente, considerando interacciones, riesgos, beneficios y comunicación clara basada en evidencia.

[Continúa](#)

Bienvenido a tu primer reto

Antes de profundizar en la bioquímica de la curcumina con la proteína α -sinucleína, queremos poner a prueba tu capacidad de análisis.

Esta no es una evaluación de conceptos memorísticos, sino un espacio para activar tus habilidades investigativas, de interpretación y de pensamiento crítico.

PRUEBA DE ENTRADA

[Continúa](#)

MÓDULO 1 – DE LA BIOQUÍMICA A LA CLÍNICA

Comprendiendo la base neurobiológica antes de evaluar cualquier intervención.

Antes de analizar estudios clínicos o evaluar alimentos funcionales, es fundamental comprender los mecanismos biológicos que sustentan las hipótesis terapéuticas. En este módulo exploraremos el papel de la α -sinucleína en la enfermedad de Parkinson y el fundamento molecular que ha posicionado a la curcumina como compuesto de interés científico.

¡Empecemos!

Proteína α -sinucleína tomada de PDB: 3IGR

ENFERMEDAD DE PARKINSON: BASES FISIOPATOLÓGICAS

La enfermedad de Parkinson: más allá de los síntomas motores

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo progresivo caracterizado por la pérdida selectiva de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra pars compacta. Esta degeneración produce una disminución significativa de dopamina en los ganglios basales, lo que origina los síntomas motores clásicos: bradicinesia, rigidez, temblor en reposo e inestabilidad postural (Kalia & Lang, 2022).



Imagen 1. Sustancia negra pars compacta (SNpc) y cuerpo estriado (STN). La pérdida de neuronas dopaminérgicas en la SNpc conduce a la pérdida de dopamina en el STN, lo que resulta en los síntomas motores de la enfermedad de Parkinson.

No obstante, el Parkinson es una condición multisistémica que también incluye síntomas no motores como alteraciones cognitivas, trastornos del sueño y disfunción autonómica, los cuales pueden preceder las manifestaciones motoras por varios años (Poewe et al., 2022).

Continúa

ALFA-SINUCLEÍNA: PROTEÍNA CENTRAL EN LA PATOGENÉISIS

Alfa-sinucleína y agregación proteica

La alfa-sinucleína es una proteína presináptica compuesta por 140 aminoácidos, clasificada como intrínsecamente desordenada debido a su estructura flexible en condiciones fisiológicas. En la enfermedad de Parkinson, esta proteína puede adoptar conformaciones aberrantes que favorecen su agregación en estructuras beta-plegadas (Stefanis, 2022).

El proceso de agregación progresa desde oligómeros solubles hasta fibrillas amiloides insolubles que se acumulan intracelularmente formando los cuerpos de Lewy, considerados un marcador patognomónico de la enfermedad (Kalia & Lang, 2022).

Estos agregados interfieren con procesos celulares esenciales, incluyendo la función mitocondrial y los mecanismos de degradación proteica, contribuyendo a la muerte neuronal.

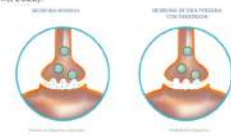
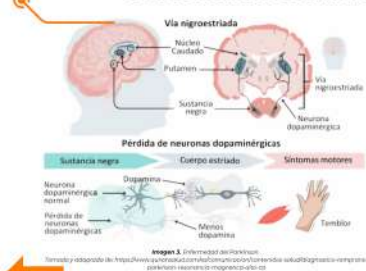


Imagen 2. Estructura molecular de la alfa-sinucleína. La proteína puede adoptar conformaciones solubles o agregadas, lo que contribuye a la patogénesis de la enfermedad de Parkinson.

Continúa

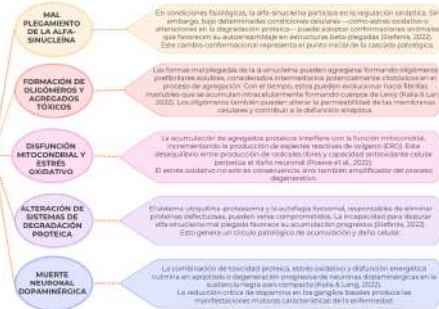
SECUENCIA FISIOPATOLÓGICA



La enfermedad de Parkinson no aparece de manera súbita, es el resultado de una progresión biológica compleja que inicia a nivel molecular y culmina en manifestaciones clínicas evidentes.

¿Quieres saber más?

SECUENCIA FISIOPATOLÓGICA



Valor

Continúa

Continúa

Fundamento molecular de interés científico

La curcumina es un polifenol derivado de *Curcuma longa* que ha sido ampliamente estudiado por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. En modelos experimentales, se ha observado que puede interactuar con intermediarios oligoméricos de alfa-sinucleína y potencialmente influir en su proceso de agregación, lo que podría contribuir a disminuir su toxicidad celular (Maiti & Dunbar, 2022).



Diagrama de curcumina
Tóxico de Publicación: KIMBER

Además, la curcumina puede influir en vías celulares asociadas a la respuesta antioxidante, como la activación del sistema Nrf2-ARE y la modulación del factor nuclear kappa B (NF- κ B), lo que podría contribuir a efectos neuroprotectores en modelos preclínicos (Genchi et al., 2024).

Valor

Continúa

Valor

BIODISPONIBILIDAD Y LIMITACIONES

Desafíos en la aplicación clínica

A pesar de su potencial bioactivo, la curcumina presenta limitaciones importantes relacionadas con su baja solubilidad acuosa, rápida metabolización y limitada capacidad para atravesar la barrera hematoencefálica (Genchi et al., 2024).

Reflexiona:
¿La plausibilidad bioquímica equivale a eficacia clínica?

Estas características implican que la presencia de actividad molecular in vitro no garantiza automáticamente un efecto clínico significativo en pacientes.

Valor

Continúa

Valor

DE LA PLAUSIBILIDAD A LA EVIDENCIA CLÍNICA

Del mecanismo molecular a la decisión en consulta

La comprensión de los mecanismos moleculares involucrados en la enfermedad de Parkinson constituye un punto de partida esencial en la investigación biomédica. Identificar procesos como el mal plegamiento de la alfa-sinucleína, la agregación proteica y el estrés oxidativo permite formular hipótesis terapéuticas con sustento biológico.

Sin embargo, la plausibilidad bioquímica no equivale automáticamente a eficacia clínica. Un compuesto puede demostrar capacidad para modular agregación proteica en modelos in vitro o en estudios preclínicos, pero esto no garantiza un beneficio clínico significativo en pacientes. La transición desde el laboratorio hacia la práctica asistencial requiere estudios controlados, evaluación de seguridad, análisis de biodisponibilidad y demostración de impacto clínico medible (Kalia & Lang, 2022; Poewe et al., 2022).

En el caso de compuestos como la curcumina, si bien existe evidencia experimental que sugiere interacción con procesos relacionados con la agregación de alfa-sinucleína, persisten desafíos asociados a su absorción, metabolismo y concentración efectiva en tejido nervioso (Stefanis, 2022). Por ello, la recomendación de un alimento funcional debe sustentarse no solo en su fundamento molecular, sino en un análisis crítico de la calidad de la evidencia disponible, la seguridad del paciente y el contexto clínico particular.

SYNCURM Y NADES

SynCurm: extracción mediante sistema NADES

Los disolventes eutécticos profundos naturales (NADES) han emergido como alternativas sostenibles para la extracción de compuestos bioactivos. Estos sistemas combinan componentes naturales que, al interactuar, generan una fase líquida con capacidad extractiva eficiente (Kaur et al., 2023).



Imagen 4. SynCurm: alimento funcional

En este proyecto, SynCurm representa un prototipo de alimento funcional obtenido mediante un sistema compuesto por ácido cítrico, miel y agua, utilizado para extraer compuestos fenólicos de la curcumina seca. Este modelo permite analizar la plausibilidad bioquímica del extracto, sin asumir de manera automática su eficacia clínica.

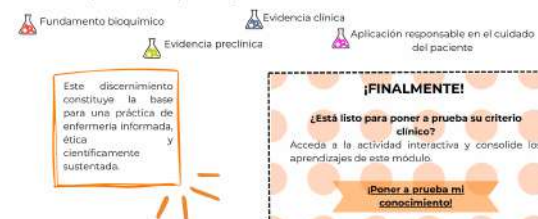
Valor

Continúa

Valor

CIERRE DEL MÓDULO 1

Este módulo no busca establecer conclusiones definitivas sobre una intervención específica, sino fortalecer la capacidad analítica para distinguir entre:



Valor

Continúa

Valor

REFLEXIÓN PROFESIONAL

El rol del profesional de enfermería no consiste únicamente en ejecutar intervenciones, sino en interpretar críticamente la información científica que respalda dichas intervenciones.

Antes de recomendar o apoyar el uso de un alimento funcional como SynCurm, es necesario preguntarse:



El pensamiento crítico es la herramienta que permite transitar del entusiasmo científico hacia una práctica basada en evidencia.

Por ello, las respuestas a estas preguntas requieren el desarrollo y la aplicación de este tipo de pensamiento.

Valor

Continúa

MÓDULO 2 – INTERPRETACIÓN CRÍTICA DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA

Cómo analizar estudios sobre curcumina y Parkinson sin perder el rigor científico

En el ámbito de la salud, la toma de decisiones clínicas debe basarse en la mejor evidencia científica disponible. Sin embargo, la creciente cantidad de publicaciones relacionadas con compuestos naturales y alimentos funcionales puede generar interpretaciones erróneas cuando no se analizan adecuadamente los niveles de evidencia y la calidad metodológica de los estudios.

Este módulo busca fortalecer la capacidad del profesional de enfermería para analizar críticamente la información científica y reconocer los alcances y limitaciones de cada tipo de evidencia.



Empecemos

¿QUÉ ENTENDEMOS POR EVIDENCIA CIENTÍFICA?

La investigación biomédica sigue un proceso progresivo en el cual el conocimiento se genera desde etapas experimentales iniciales hasta estudios clínicos en pacientes.

Etapas de generación de evidencia



Volver

Continúa

DIFERENCIA ENTRE PLAUSIBILIDAD Y EFICACIA CLÍNICA

En investigación biomédica es frecuente encontrar compuestos que muestran efectos prometedores en estudios experimentales. Esto se conoce como plausibilidad biológica.

¿Qué significa plausibilidad biológica?

Se refiere a que un mecanismo propuesto es coherente con el conocimiento fisiopatológico de la enfermedad.

Por ejemplo:

- Un compuesto que reduce estrés oxidativo.
- Una molécula que interfiere con agregación proteica.

En el caso de la enfermedad de Parkinson, diversos estudios han explorado compuestos capaces de interactuar con la agregación de alfa-sinucleína, proceso central en la fisiopatología de la enfermedad (Kalia & Lang, 2022).

Pero...

La plausibilidad biológica no garantiza eficacia clínica.

Para demostrar beneficio en pacientes se requieren:



Actividad Interactiva
Semáforo de evidencia

¡Vamos!

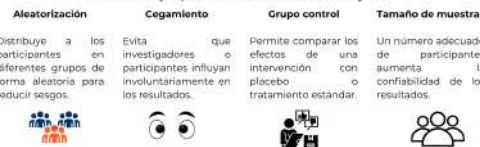
Volver

Continúa

EVALUANDO LA CALIDAD DE UN ESTUDIO CIENTÍFICO

Cuando se analiza un artículo científico es importante revisar cómo fue diseñado el estudio, no solo sus resultados.

Elementos que fortalecen la calidad metodológica



Estudios con muestras muy pequeñas o sin grupo control pueden ofrecer información preliminar, pero sus conclusiones deben interpretarse con cautela (Poewe et al., 2022).

Volver

Continúa

BIODISPONIBILIDAD Y RELEVANCIA CLÍNICA

Un compuesto bioactivo puede mostrar actividad significativa en laboratorio y, sin embargo, no producir el mismo efecto en el organismo. Esto ocurre porque su acción depende de varios factores farmacocinéticos.

Factores que influyen en la biodisponibilidad



En el caso de la curcumina, diferentes investigaciones han señalado que su biodisponibilidad es limitada debido a su rápida metabolización y baja absorción, lo que puede reducir su concentración efectiva en tejidos (Genchi et al., 2024).

Estas características explican por qué un compuesto puede mostrar actividad biológica significativa en sistemas experimentales, pero no generar efectos comparables en contextos clínicos.

Volver

Continúa

APLICACIÓN CLÍNICA RESPONSABLE

El profesional de enfermería desempeña un papel importante en la orientación de pacientes que buscan información sobre terapias complementarias o alimentos funcionales. Para realizar recomendaciones responsables es necesario considerar:



El pensamiento crítico permite integrar la información científica con el contexto clínico, evitando conclusiones precipitadas o recomendaciones basadas únicamente en tendencias o percepciones generales.

Reflexión final

Una práctica clínica basada en evidencia implica evaluar cuidadosamente la información disponible antes de adoptar nuevas intervenciones terapéuticas.

Volver

Continúa

CIERRE DEL MÓDULO 2

En síntesis, en este módulo aprendimos que:

- La evidencia científica se genera a través de diferentes niveles de investigación.
- Los resultados experimentales no siempre se traducen directamente en beneficios clínicos.
- La calidad metodológica de los estudios influye en la confiabilidad de sus conclusiones.
- La biodisponibilidad y otros factores farmacocinéticos pueden modificar el efecto de un compuesto en el organismo.

Preguntas para reflexionar

Antes de recomendar un alimento funcional o un compuesto bioactivo, es importante preguntarse:

¿Qué tipo de evidencia respalda realmente su uso en pacientes?

¡FINALMENTE!

¿Está listo para analizar situaciones clínicas y aplicar los conceptos revisados sobre interpretación de evidencia científica?

Acceda a la actividad interactiva y consolide los aprendizajes de este módulo.

¡Poner a prueba mi conocimiento!

Volver

Continúa

MÓDULO 3 – CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA Y ANÁLISIS MOLECULAR DEL NADE SYNCUM



De acuerdo con lo abordado en el módulo anterior, compuestos naturales como la curcumina presente en la curcuma (*Curcuma longa*) han sido estudiados por su posible papel modulador en procesos asociados a la enfermedad de Parkinson.

En este módulo se aplicarán herramientas experimentales y bioinformáticas para analizar las propiedades del NADE Syncum, mediante una marcha fitoquímica simplificada que permitirá identificar metabolitos presentes en esta matriz natural y comprender su posible relevancia en el contexto de la salud.

Empecemos

ENSAYO INSILICO: HERRAMIENTAS BIOINFORMÁTICAS

¿Qué es el docking molecular?

Es una herramienta bioinformática utilizada para predecir cómo una molécula pequeña puede interactuar con una proteína. (Morris & Lim-Wilby, 2008)

¿Por qué es importante?



Volver

Continúa

OBJETIVO DEL LABORATORIO

Identificar cualitativamente algunos grupos de metabolitos presentes en el NADE Syncum mediante pruebas fitoquímicas colorimétricas.

COMPONENTES DEL NADE

Curcuma Longa seca

Contiene curcuminoides, compuestos fenólicos con actividad antioxidante y antiinflamatoria. La curcumina es el principal metabolito bioactivo asociado a posibles efectos neuroprotectores.

Miel

Actúa como medio natural rico en azúcares y compuestos antioxidantes, que favorecen la estabilidad del sistema eutéctico.

Ácido cítrico

Funciona como donador de enlaces de hidrógeno, permitiendo la formación del solvente eutéctico natural que facilita la solubilización de metabolitos.

Volver

Continúa

DOCKING MOLECULAR

Interacción curcumina - alfa-sinucleína

En este estudio se realizó un análisis de docking molecular para observar la posible interacción entre la curcumina y la proteína alfa-sinucleína, proteína implicada en procesos neurodegenerativos. Los resultados muestran que la curcumina puede establecer interacciones con la proteína mediante:

Interacciones hidrofóbicas

Puentes de hidrógeno

Interacciones $\pi-\pi$

No se detectó

Estas interacciones podrían contribuir a modular procesos de agregación proteica, fenómeno asociado a enfermedades neurodegenerativas. (Zhou et al., 2016)

[Volver](#) [Continúa](#)

EVALUACIÓN BIOINFORMÁTICA CON DRULITO

¿Qué es Drulito?

Drulito (Drug Likeness Tool) es una herramienta bioinformática utilizada para evaluar si una molécula posee propiedades fisicoquímicas compatibles con compuestos potencialmente bioactivos o farmacológicamente activos. Estas evaluaciones permiten estimar si un compuesto tiene características compatibles con una posible biodisponibilidad en sistemas biológicos.

¿Por qué es importante?

Predicción temprana

Permite evaluar propiedades moleculares antes de estudios experimentales más complejos.

Apoyo a la investigación

Complementa los análisis fitoquímicos y bioinformáticos del compuesto.

Comprensión molecular

Facilita el análisis del potencial biológico de compuestos presentes en productos naturales como la curcumina.

[Volver](#) [Continúa](#)

DRULITO

Evaluación de la curcumina

En este estudio, la molécula curcumina fue analizada mediante Drulito para evaluar sus propiedades fisicoquímicas. Resultados obtenidos:

- Peso molecular (MW): 368.13
- LogP: 1.945

Interpretación de los resultados

Según la regla de Lipinski, una molécula presenta características favorables de biodisponibilidad cuando cumple con los siguientes criterios:

- Peso molecular menor a 500 Da
- LogP menor a 5

• Aceptores de hidrógeno (HBA): 5
• Donadores de hidrógeno (HBD): 2

Estos valores indican que la molécula cumple con los criterios establecidos en la regla de Lipinski, lo que sugiere que posee propiedades fisicoquímicas compatibles con compuestos potencialmente activos en sistemas biológicos.

[Volver](#) [Continúa](#)

MARCHA FITOQUÍMICA DEL NADE

La marcha fitoquímica es un conjunto de pruebas químicas cualitativas que permiten detectar la presencia de metabolitos secundarios en extractos naturales mediante reacciones específicas que producen cambios visibles. Estas pruebas son ampliamente utilizadas en farmacognosia y química de productos naturales para realizar caracterizaciones preliminares de compuestos bioactivos. (Harborne, 1998; Sofowora, 2008)

En el siguiente recurso encontrarás el protocolo completo de la marcha fitoquímica, junto con la ficha de seguridad y las indicaciones para el uso adecuado del kit SynCurm.

[Haz clic aquí para acceder al laboratorio](#)

[Volver](#) [Continúa](#)

CIERRE DEL MÓDULO 3

La caracterización fitoquímica del NADE permite identificar la presencia de compuestos bioactivos provenientes de la curcumina (Curcuma Longa), los cuales pueden presentar propiedades biológicas de interés en el estudio de enfermedades neurodegenerativas.

A través de la marcha fitoquímica y el análisis bioinformático mediante docking molecular, es posible comprender cómo ciertas moléculas pueden interactuar con proteínas asociadas a procesos patológicos, como la alfa-sinucleína en la enfermedad de Parkinson.

Estas herramientas experimentales y computacionales contribuyen a fortalecer la comprensión científica sobre el potencial de compuestos naturales y su estudio dentro de un enfoque investigativo responsable.

Reflexiona para interpretar

¿De qué manera la combinación entre análisis experimental y herramientas bioinformáticas puede aportar a la comprensión de posibles estrategias terapéuticas para enfermedades neurodegenerativas?

[Volver](#) [Continúa](#)

RECONOCIMIENTO DE PARTICIPACIÓN

Has finalizado el Objeto Virtual de Aprendizaje diseñado para fortalecer el pensamiento crítico y la interpretación de evidencia científica en el contexto del estudio de compuestos bioactivos asociados a enfermedades neurodegenerativas. Tu participación en este proceso contribuye al desarrollo de habilidades analíticas necesarias para evaluar información científica y tomar decisiones informadas en la práctica profesional.

Este recurso fue desarrollado en el marco de proyecto de grado, del Student Chapter de la ACS - Universidad Pedagógica Nacional. Orientado a la comprensión del potencial de compuestos naturales y su estudio mediante herramientas experimentales y bioinformáticas.

Reconocimiento de participación

[Volver](#) [Continúa](#)

¡LLEGASTE AL FINAL DEL RECORRIDO!

A lo largo de este OVA exploraste los fundamentos bioquímicos relacionados con la proteína alfa-sinucleína, analizaste la evidencia científica disponible y participaste en la caracterización fitoquímica del NADE desarrollada en esta investigación.

Ahora es momento de reflexionar sobre lo aprendido y poner en práctica tus habilidades de análisis e interpretación científica.

Esta prueba final no busca evaluar memoria, sino identificar cómo aplicas el conocimiento adquirido para analizar información, interpretar resultados experimentales y reflexionar sobre su posible aplicación en el contexto clínico.

Los resultados permitirán comparar los conocimientos previos y los adquiridos después de la implementación del OVA.

PRUEBA DE SALIDA

[Volver](#) [Finalizar módulo](#)

¡GRACIAS POR SER PARTE DE ESTE PROCESO!

Tu participación en este OVA aporta al fortalecimiento del conocimiento científico aplicado al cuidado de la salud y a la construcción de prácticas clínicas basadas en evidencia. El desarrollo de este recurso forma parte de un proyecto de investigación que busca explorar nuevas aproximaciones para el estudio de compuestos bioactivos y su posible relación con enfermedades neurodegenerativas.

Agradecemos tu disposición para participar en este proceso formativo.

"La ciencia avanza cuando el conocimiento se analiza, se cuestiona y se comparte"

[Ver referencias](#)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Genchi, G., Lauria, C., Catalano, A., Caracci, A., & Sinicropi, M. S. (2024). Neuroprotective effects of curcumin in neurodegenerative diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3), 1421. <https://doi.org/10.3390/ijms25031421>
- Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis* (3rd ed.). Springer.
- Khalil, L. V., & Lang, A. E. (2022). Parkinson's disease. *The Lancet*, 399(10324), 804-818. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)00210-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)00210-X)
- Kaur, H., Singh, S., Kumar, V., & Thakur, V. (2023). Deep eutectic solvents toward the detection and extraction of neurotransmitters: An emerging paradigm for biomedical applications. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 62(46), 18106-18117. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.3c00410>
- Matti, P., & Dunbar, G. L. (2022). Use of curcumin for targeting molecular pathways in neurodegenerative diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1321. <https://doi.org/10.3390/ijms23031321>
- Moritz, C. M., & Lim-Wilby, M. (2008). Molecular docking. En A. Kokol (Ed.), *Molecular modeling of proteins* (pp. 365-382). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-177-2_9
- Poewe, W., Seppi, K., Tanner, C. M., Halliday, G. M., Brundin, P., Volkmar, J., & Lang, A. E. (2022). Parkinson disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.1038/s41572-022-00347-9>
- Sofowora, A. (2008). *Medicinal plants and traditional medicine in Africa* (3rd ed.). Spectrum Books.
- Stefanis, L. (2022). α-Synuclein in Parkinson's disease. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 12(5), a039388. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a039388>
- Zhou, Y., Lu, S., & Zhao, J. (2016). Curcumin interaction with α-synuclein: Molecular mechanisms and implications for Parkinson's disease. *Biochemistry*, 55(1), 423-432. <https://doi.org/10.1021/acs.biochem.5c00946>

Anexo 2. Formato del consentimiento informado.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Formación para la vida</i>	FORMATO		
	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 1 de 3

**Vicerrectoría de Gestión Universitaria
Subdirección de Gestión de Proyectos – Centro de
Investigaciones CIUP Comité de Ética en la Investigación**

En el marco de la Constitución Política Nacional de Colombia, la Ley Estatutaria 1581 de 2012 “Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales” y la Resolución 1642 del 18 de diciembre de 2018 “Por la cual se derogan las Resoluciones N°0546 de 2015 y N° 1804 de 2016, y se reglamenta el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Pedagógica Nacional y demás normatividad aplicable vigente, se ha definido el siguiente formato de consentimiento informado para proyectos de investigación realizados por miembros de la comunidad académica considerando el principio de autonomía de las comunidades y de las personas que participan en los estudios adelantados por miembros de la comunidad académica.

Lo invitamos a que lea detenidamente el Consentimiento informado, y si está de acuerdo con su contenido exprese su aprobación firmando el siguiente documento:

PARTE UNO: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del proyecto de investigación	Objeto Virtual de Aprendizaje para fortalecer habilidades investigativas en auxiliar de enfermería en el contexto de las enfermedades neurodegenerativas.
Resumen de la investigación	La presente investigación tiene como objetivo fortalecer habilidades investigativas en auxiliares de enfermería mediante el diseño e implementación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) enfocado en el contexto de las enfermedades neurodegenerativas, específicamente la enfermedad de Parkinson y la relación de la alfa-sinucleína con compuestos neuroprotectores como la curcumina. La investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, integrando estrategias de aprendizaje experiencial, análisis de casos y actividades prácticas de laboratorio orientadas al reconocimiento de metabolitos y comprensión de evidencia científica. Asimismo, se evaluarán habilidades de interpretación, pensamiento crítico y transferencia del conocimiento científico en contextos clínicos y formativos.
Descriptor claves del proyecto de investigación	Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), habilidades investigativas, auxiliares de enfermería, enfermedad de Parkinson, alfa-sinucleína, curcumina, neuroprotección, aprendizaje experiencial, pensamiento crítico, educación en salud.
Descripción de los posibles beneficios de participar en el estudio	Los participantes podrán fortalecer habilidades investigativas, pensamiento crítico y capacidades de interpretación científica relacionadas con enfermedades neurodegenerativas y procesos de investigación en salud. Además, tendrán acceso a estrategias didácticas innovadoras apoyadas en herramientas digitales y actividades prácticas

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL — FOMENTO A LA INVESTIGACIÓN —	FORMATO		
	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 2 de 3
	que contribuyen a su formación académica y profesional. Como reconocimiento a su participación voluntaria en el proceso formativo e investigativo, los participantes recibirán un certificado de participación avalado por el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.		
Mencione la forma en que se socializarán los resultados de la investigación	Los resultados de la investigación serán socializados mediante el trabajo de grado presentado ante la Universidad Pedagógica Nacional, así como en espacios académicos, sustentaciones y posibles eventos científicos o educativos relacionados con la formación en salud y educación científica. En todos los casos se garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes.		
Explicite la forma en que mantendrá la reserva de la información	La información recolectada será utilizada exclusivamente con fines académicos e investigativos. Los datos personales de los participantes serán tratados de manera confidencial y anónima, asignando códigos de identificación para proteger su identidad. Los documentos y registros digitales serán almacenados en archivos protegidos y únicamente los investigadores tendrán acceso a dicha información, conforme a la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales.		
Datos generales del investigador principal	Nombre(s) y Apellido(s): Angélica Tatiana Ibáñez Martínez		
	N° de Identificación: 1000726407	Teléfono	3057787009
	Correo electrónico: atibanez@upn.edu.co		
	Dirección: Carrera 72 a # 62 f 22 Sur		

62

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL Formación en valores	FORMATO		
	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 3 de 3

PARTE DOS: CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo: _____

Identificado con Cédula de Ciudadanía _____, en representación de _____ con número de identificación _____.

Declaro que:

1. He sido invitado a participar en la investigación y de manera voluntaria he decidido hacer parte de este estudio.
2. He sido informado sobre los temas en que se desarrollará el estudio, han sido resueltas todas mis inquietudes y entiendo que puedo dejar de participar en cualquier momento si así lo deseo.
3. Sobre esta investigación me asisten los derechos de acceso, rectificación y oposición que podré ejercer mediante solicitud ante el investigador responsable, en la dirección de contacto que figura en este documento.
4. Conozco el mecanismo mediante el cual los investigadores garantizan la custodia y confidencialidad de mis datos.
5. La información obtenida de mi participación será parte del estudio y mi anonimato se garantizará. Sin embargo, si así lo deseo, autorizaré de manera escrita que la información personal o institucional se mencione en el estudio.
6. Autorizo a los investigadores para que divulguen la información y las grabaciones de audio, video o imágenes que se generen en el marco del proyecto y que no comprometan lo enunciado en el punto 4D.

En constancia, manifiesto que he leído y entendido el presente documento.

Firma,

Firma del participante (si aplica),

Nombre: _____

Identificación: _____

Fecha: _____

Con domicilio en la ciudad de: _____

Dirección: _____

Teléfono y N° de celular: _____

Correo electrónico: _____

La Universidad Pedagógica Nacional agradece sus aportes y su decidida participación

Documento Oficial Universidad Pedagógica Nacional.

Nota: Documento tomado de la Universidad Pedagógica Nacional

Anexo 3. Prueba de entrada**Prueba de entrada pensamiento crítico e interpretación de datos en contexto de la enfermedad de Parkinson****SECCIÓN 1: DATOS DE CONTEXTO**

Institución: IPS PROSEGUIR CHAPINERO

Fecha: _____

Años de experiencia en enfermería: _____

Instrucciones: Esta prueba evalúa habilidades para analizar información científica aplicada al cuidado de pacientes con enfermedad de Parkinson. Lea cada situación cuidadosamente. Para preguntas de opción múltiple, seleccione UNA respuesta. Para preguntas abiertas, responda de manera clara y concisa.

Tiempo estimado: 30 minutos.

SECCIÓN 2: ESCENARIOS CLÍNICOS CON PREGUNTAS ABIERTAS Y DE OPCIÓN MÚLTIPLE CON ÚNICA RESPUESTA***ESCENARIO 1: EVALUACIÓN DE EVIDENCIA PRECLÍNICA***

Contexto: La abuela Miryam usa un remedio tradicional: cúrcuma con miel para la "rigidez". Su nieto le comenta que leyó sobre un estudio donde extrajeron curcumina (el compuesto activo de la cúrcuma) usando un solvente especial de miel y ácido cítrico, y que está curcumina purificada mostró efectos en modelos de Parkinson.

1. Pregunta abierta.

Si la abuela Miryam solo mezcla cúrcuma en polvo con miel (sin ácido cítrico ni métodos de laboratorio específicos), ¿su preparación casera contendrá suficiente curcumina como para esperar los mismos efectos reportados en el estudio? Justifique brevemente su respuesta.

2. Ordene lógicamente los siguientes eventos en el desarrollo de la enfermedad de Parkinson:

Respuesta:

- A. C,D,B,A
- B. A,B,C,D
- C. B,D,C,A
- D. D,C,A,B

3. Se sabe que:

- 1. La curcumina puede interferir con la formación de agrupamientos dañinos de alfa-sinucleína (proteína clave en Parkinson).
- 2. En la enfermedad de Alzheimer, las proteínas que se acumulan son principalmente beta-amiloide y tau.
- 3. La curcumina tiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes generales.

Si un paciente con Alzheimer toma curcumina, ¿qué podría esperarse razonablemente?

- A. Los mismos efectos que en Parkinson, porque ambas son enfermedades neurodegenerativas
- B. Efectos diferentes, porque actúa sobre proteínas distintas
- C. Posibles beneficios por sus propiedades generales, pero no específicamente sobre las proteínas del Alzheimer
- D. No hay suficiente información para predecir su efecto
- E. No tendría ningún efecto beneficioso

4. En pacientes con Parkinson se observa que:

- 1. La alfa-sinucleína mal plegada forma agregados tóxicos (acumulaciones dañinas).
- 2. Estos agregados dañan las neuronas dopaminérgicas.
- 3. La curcumina puede unirse a la alfa-sinucleína e impedir que se pliegue mal.

Considerando esta información, ¿se puede afirmar con certeza que la curcumina previene el daño neuronal en el Parkinson?

- A. Sí, definitivamente, porque si evita el mal plegamiento, previene todo el proceso
- B. Probablemente sí, pero podrían existir otros factores de daño neuronal no relacionados con la alfa-sinucleína
- C. Solo en parte, porque podría prevenir algunos tipos de daño pero no otro
- D. No hay suficiente evidencia para hacer tal afirmación
- E. No, porque los estudios solo se han hecho en laboratorio, no en pacientes

ESCENARIO 2: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Contexto: Contexto: Usted lee un resumen de investigación que reporta: "En un estudio con 120 pacientes con Parkinson, aquellos que recibieron curcumina (500 mg/día) durante 6 meses mostraron una mejoría promedio de 3.2 puntos en la escala motora UPDRS (que va de 0 a 108 puntos), mientras que el grupo que recibió placebo (tratamiento sin efecto) mejoró 1.8 puntos en promedio. La probabilidad de que esta diferencia sea producto del azar es del 4% ($p=0.04$)."

Nota: En investigación, "p" representa la probabilidad de que los resultados sean casualidad. Generalmente, si p es menor a 0.05 (5%), se considera que la diferencia probablemente es real y no casual.

5. Según estos resultados, ¿qué puede concluirse estadísticamente?

- A. La curcumina es significativamente mejor que el placebo
- B. No hay diferencia real entre curcumina y placebo
- C. Los resultados no son confiables
- D. Todos los pacientes mejoraron igualmente

6. Expertos consideran que en la escala UPDRS, una mejoría de menos de 3 puntos probablemente no sea notada por el paciente en su vida diaria, mientras que una mejoría de 5 puntos o más sí sería clínicamente relevante.

Considerando que la diferencia entre grupos fue de 1.4 puntos (3.2 - 1.8), ¿cómo interpreta estos resultados?

- A. El efecto es estadísticamente significativo pero de importancia clínica cuestionable
- B. Cualquier diferencia estadística implica relevancia clínica
- C. Los resultados no son válidos
- D. Todos los pacientes mejoraron sustancialmente

7. Un paciente con Parkinson temprano pregunta sobre tomar curcumina. Considerando este estudio, ¿qué respondería?

- A. "La evidencia muestra beneficio claro, debe tomarla"
- B. "No hay beneficio demostrado"
- C. "Podría considerar probarla, pero los beneficios son modestos y hay que considerar posibles efectos secundarios"
- D. "Solo es útil en pacientes mayores"

8. Para incorporar estos hallazgos a su práctica profesional, ¿qué acción sería más apropiada inicialmente?

- A. Actualizar protocolos para incluir curcumina como tratamiento estándar
- B. Documentar la evidencia para discusión en reunión de equipo sobre terapias complementarias
- C. Descartar la información por ser solo un estudio
- D. Recomendar curcumina sólo a pacientes jóvenes

ESCENARIO 3: EVALUACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS EN INVESTIGACIÓN

Contexto: Al revisar un análisis que combinó resultados de 8 estudios sobre curcumina en enfermedades neurodegenerativas (620 pacientes en total), usted nota que: 5 de los 8 estudios recibieron financiación de compañías que venden suplementos de curcumina, mientras que 3 estudios fueron financiados con fondos públicos. El análisis general mostró un beneficio moderado de la curcumina.

9. Estudios previos han encontrado que investigaciones financiadas por la industria tienden a reportar resultados un 30% más favorables en promedio para el producto de la compañía financiadora.

Considerando esto, ¿cómo evaluaría los resultados del análisis?

- A. Los resultados podrían estar sobreestimados debido a posible influencia de los financiadores
- B. Los resultados son definitivamente falsos
- C. El financiamiento no influye en los resultados científicos
- D. Solo los estudios con financiación pública son válidos
- E. No hay suficiente información para evaluar

10. Al comparar sólo los estudios con financiación industrial versus los con financiación pública, se observa que los primeros reportaron efectos más beneficiosos que los segundos.

¿Qué interpretación es más razonable de esta observación?

- A. Posible tendencia a resultados más favorables en estudios con financiación industrial
- B. No hay diferencia real entre los grupos de estudios
- C. Los estudios con financiación pública son de menor calidad
- D. El tamaño del efecto no importa en estos casos

11. Pregunta abierta:

Como profesional de enfermería, ¿cómo consideraría este análisis al evaluar si recomendar o no curcumina a pacientes con Parkinson? Mencione al menos dos aspectos que tendría en cuenta.

ESCENARIO 4: ANÁLISIS DE ESTUDIOS CON DISEÑOS DIFERENTES

Contexto: Usted encuentra tres tipos de investigaciones sobre curcumina en Parkinson:

1. Estudio observacional (2022): Siguió por 2 años a 200 pacientes que ya tomaban o no curcumina por su cuenta. Los 45 que reportaron tomar curcumina mostraron progresión más lenta de síntomas.
2. Estudio controlado (2023): Asignó aleatoriamente a 80 pacientes a recibir curcumina o placebo por 6 meses. No encontró diferencias significativas entre grupos.
3. Revisión sistemática (2024): Analizó múltiples estudios y concluyó que hay "evidencia limitada y de baja calidad para recomendar curcumina en Parkinson".

12. En jerarquía de evidencia científica, los estudios controlados aleatorizados (como el #2) proporcionan evidencia más robusta que los estudios observacionales (como el #1).

Considerando esto, ¿a cuál estudio le daría más peso al formar su opinión?

- A. Al estudio observacional, porque incluyó más pacientes por más tiempo
- B. Al estudio controlado, aunque no mostró beneficio significativo
- C. A la revisión sistemática, porque resume muchos estudios
- D. Todos tienen igual valor como evidencia

13. ¿Cómo explicaría la discrepancia entre el estudio observacional (que mostró beneficio) y el estudio controlado (que no lo mostró)?

- A. El estudio observacional podría estar influenciado por otros factores (ej: personas que toman curcumina podrían tener estilos de vida más saludables)

- B. El estudio controlado tiene deficiencias en su diseño
- C. La curcumina solo funciona en condiciones de vida real, no en estudios controlados
- D. Los estudios no son comparables
- E. No se puede explicar esta discrepancia

14. Para resolver esta contradicción en la evidencia, ¿qué tipo de nueva investigación sería más útil?

- A. Un estudio controlado más grande y de mayor duración
- B. Repetir exactamente el estudio observacional
- C. Hacer una encuesta a más pacientes
- D. Estudiar solo casos individuales

ESCENARIO 5: APLICACIÓN EN PRÁCTICA CLÍNICA

Contexto: Usted atiende a Carlos, 68 años, con diagnóstico de Parkinson hace 4 años. Su tratamiento actual con levodopa/carbidopa controla adecuadamente sus síntomas. Carlos expresa preocupación porque su padre con Parkinson desarrolló demencia. Ha leído en internet que la curcumina "protege las neuronas" y pregunta si debería tomarla. Carlos también tiene diabetes tipo 2 controlada con metformina. Actualmente no toma otros suplementos.

15. ¿Cuál sería su primera acción al abordar esta consulta?

- A. Desaconsejar completamente la curcumina por falta de evidencia
- B. Recomendarle una marca específica de suplemento
- C. Evaluar la evidencia disponible y considerar posibles interacciones con sus condiciones de salud
- D. Derivarlo inmediatamente al neurólogo sin dar recomendaciones

16. Considerando que Carlos tiene diabetes y toma metformina, ¿qué aspecto sería más importante investigar sobre la curcumina antes de hacer alguna recomendación?

- A. Posibles interacciones con la metformina y efectos sobre sus niveles de glucosa
- B. El costo del suplemento en el mercado
- C. La marca más publicitada en medios
- D. El sabor de las cápsulas disponibles

17. Carlos insiste en probar la curcumina. ¿Qué plan de acción sería más adecuado?

- A. Desaconsejarla completamente
- B. Permitir que la tome sin ningún seguimiento
- C. Sugerir comenzar con dosis baja, monitorear efectos y programar seguimiento
- D. Recomendar dosis alta para obtener máximo efecto

18. Algunos estudios sugieren que la curcumina puede disminuir ligeramente los niveles de glucosa en sangre. Considerando que Carlos toma metformina (que también baja la glucosa), ¿qué riesgo potencial existe?

- A. Hipoglucemia (baja de azúcar en sangre), especialmente si no se monitoriza
- B. Hiperglucemia (aumento de azúcar en sangre) por interacción
- C. Ninguno, ambos son productos naturales
- D. Solo podría interactuar con la levodopa, no con la metformina

19. Basado en la evidencia científica actual sobre curcumina en Parkinson, ¿cuál es la posición más balanceada?

- A. Evidencia promisorio pero insuficiente para recomendación rutinaria; decisión individual considerando riesgos y beneficios
- B. Debe prescribirse a todos los pacientes con Parkinson
- C. No tiene ningún efecto demostrado
- D. Solo es útil para prevenir el Parkinson, no para tratarlo

20. Pregunta abierta:

¿Cómo le explicaría a Carlos, de manera clara y basada en evidencia, lo que se sabe actualmente sobre la curcumina en el Parkinson? Incluya al menos 3 puntos clave en su explicación.

Anexo 4. Rúbrica y diagnóstico de validación para expertos.

GUÍA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

Prueba de Entrada: Pensamiento crítico e interpretación en contexto de la enfermedad de Parkinson

PROPÓSITO GENERAL DEL INSTRUMENTO

Esta prueba de entrada tiene como objetivo principal evaluar habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en profesionales de enfermería del contexto clínico de enfermedades neurodegenerativas, específicamente en relación con la enfermedad de Parkinson y el potencial uso terapéutico de la curcumina.

Objetivo del proyecto al que contribuye: Fortalecer habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación mediante un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), midiendo el cambio pre-post intervención.

RÚBRICA DE VALIDACIÓN PARA EVALUADORES

Instrucciones: Para cada pregunta, evalúe los siguientes criterios y asigne una calificación según la escala:

ESCALA DE VALORACIÓN POR ÍTEM:

Cumple (3 puntos): El ítem cumple EXCELENTEMENTE con el criterio, no requiere modificaciones.

Cumple parcialmente (2 puntos): El ítem cumple ADECUADAMENTE pero podría mejorarse con ajustes menores.

No cumple (1 punto): El ítem NO CUMPLE con el criterio y requiere reformulación significativa o eliminación.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN POR ÍTEM:

Para cada pregunta, evalúe:

PERTINENCIA (Relación con objetivos de investigación)

¿El ítem evalúa específicamente pensamiento crítico o interpretación?

¿El contenido se relaciona con Parkinson/curcumina/investigación científica?

¿Es relevante para la práctica de enfermería en IPS Proseguir Chapinero?

CLARIDAD Y COMPRENSIBILIDAD

¿El enunciado es claro y sin ambigüedades?

¿El lenguaje es apropiado para profesionales de enfermería?

¿Las instrucciones son comprensibles?

ADECUACIÓN DEL FORMATO DE RESPUESTA

Para preguntas cerradas:

¿Las opciones son mutuamente excluyentes?

¿Hay una sola respuesta correcta claramente identificable?

Para preguntas abiertas: ¿Permite evaluar razonamiento y justificación?

VALIDEZ DE CONSTRUCCIÓN

¿El ítem mide efectivamente la habilidad que pretende medir?

¿El nivel de dificultad es apropiado para la población objetivo?

¿Discrimina entre diferentes niveles de habilidad?

CONTEXTUALIZACIÓN REALISTA

¿El escenario es creíble y relevante para la práctica clínica?

¿La información proporcionada es suficiente pero no excesiva?

¿Estimula el razonamiento en lugar de solo recordar información?

IV. HOJA DE EVALUACIÓN PARA EL VALIDADOR

Evaluator: _____

Fecha de evaluación: ____/____/____.

Institución: _____

PREGUNTA	Pertinencia (1-3)	Claridad (1-3)	Adecuación Formato (1-3)	Validación (1-3)	Contextualización (1-3)	OBSERVACIONES ESPECÍFICAS
1						
2						
3						
4						
5						

6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Preguntas clave para el validador:

¿Este instrumento discriminaría entre un enfermero con habilidades investigativas desarrolladas y uno sin ellas?

¿Las preguntas estimulan realmente el pensamiento crítico o solo evalúan conocimiento?

¿El instrumento es sensible para medir cambios después de la intervención educativa (OVA)?

Documento creado para la validación del instrumento de evaluación del proyecto de grado:
"Objeto Virtual de Aprendizaje para fortalecer habilidades investigativas a enfermeros en el contexto de las enfermedades neurodegenerativas"

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química

2026

Anexo 5. Comentarios del experto 1

Me permito presentar mi agradecimiento por haberme tenido en cuenta para la validación del instrumento cuyo objetivo principal es *“evaluar habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en profesionales de enfermería del contexto clínico de enfermedades neurodegenerativas, específicamente en relación con la enfermedad de Parkinson y el potencial uso terapéutico de la curcumina”*.

En primer lugar, extendiendo mi felicitación por la elección del estudio, y en concreto por la estructura y rigurosidad con que se elaboró la guía de validación del instrumento de evaluación y la prueba de entrada pensamiento crítico e interpretación de datos en contexto de la enfermedad de Parkinson.

En lo relacionado con la rúbrica, la cual corresponde a una valoración sobre el dominio habilidades investigativas de pensamiento crítico e interpretación en profesionales de enfermería en el contexto clínico de enfermedades neurodegenerativas, deja entrever la intencionalidad de evidenciar las fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en los diferentes escenarios. La Guía de Validación del instrumento la cual fue evaluada, cumple con los procesos de elaboración porque: (i) establece el objetivo general de aprendizaje, (ii) relaciona los aspectos a valorar, lo cuales se identifican coherentemente entre las habilidades que serán valoradas y los objetivos específicos de investigación, (iii) define descriptores y su escala, (iv) establece criterios de evaluación por descriptor y asigna valor y (v) presenta tabla que ayuda a la organización de la información.

En este sentido el instrumento no sólo ayuda identificar la capacidad de analizar, evaluar y cuestionar información de manera objetiva (características del Pensamiento Crítico) sino establecer el grado de habilidades investigativas para el caso del enfermero. Como recomendación, si lo consideras viable sería muy interesante motivar una entrevista abierta que permita corroborar algunas de las habilidades que se quieren identificar.

En lo relacionado con la “*Prueba de entrada pensamiento crítico e interpretación de datos en contexto de la enfermedad de Parkinson*” en general las preguntas están muy bien formuladas, sin embargo, adjunto algunas observaciones para que las revise y consideres si es necesario ajustarlas.

En el ítem **12. En jerarquía de evidencia científica, los estudios controlados aleatorizados (como el #2) proporcionan evidencia más robusta que los estudios observacionales (como el #1).**

Los estudios secundarios están jerárquicamente por encima de los ensayos clínicos teniendo en cuenta que una revisión sistemática suma pacientes y el tamaño de muestra es superior y podría ser más representativos comparado con un solo estudio. Se recomienda revisar si hay una revisión Cochrane. Considero que de acuerdo con la calidad de la revisión (igual para el ensayo) se debe tener en cuenta primero la revisión por encima del estudio controlado.

En el ítem, **13. ¿Cómo explicaría la discrepancia entre el estudio observacional (que mostró beneficio) y el estudio controlado (que no lo mostró)?**

Los estudios controlados como su nombre lo indica controla las variables para reducir el azar o variables modificadoras del efecto, sin embargo, los estudios observacionales son más parecidos a la vida real.

En el ítem, **14. Para resolver esta contradicción en la evidencia, ¿qué tipo de nueva investigación sería más útil?**

Una revisión sistemática de estudios controlados. No un solo estudio así sea un estudio controlado.

En el ítem, **15. ¿Cuál sería su primera acción al abordar esta consulta?**

Para esto se denomina mejor la calidad de evidencia y para cada diseño o tipo de estudio hay lista de chequeo que permiten evaluar la calidad de los estudios para la toma de decisiones

En el ítem, **17. Carlos insiste en probar la curcumina. ¿Qué plan de acción sería más adecuado?**

La recomendación de tomar la curcumina sin conocer si hay efectos cruzados o interacciones medicamentosas o que puedan empeorar la condición de salud de base, no se debería hacer. Con respecto a la dosis si es baja no cumpliría los objetivos terapéuticos. Es mejor conocer las posibles interacciones y recomendar la toma a las dosis que son.

Una vez más mis felicitaciones por la preocupación que han tenido en realizar estudios de alto grado de interés por parte de la comunidad científica.

Sin otro particular

Atentamente,

Luis Alberto Castro Pineda

*Director Departamento de Química
Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad Pedagógica Nacional*

Anexo 6. Comentarios del experto 2.

Buenos días Ángela y Tatiana

Cómo están. Perdón por la demora en responder, he estado en varias visitas de verificación a IPS esta semana. Ya revisé el instrumento que me enviaron. A continuación mis comentarios.

Evaluación general: El instrumento está bien estructurado. Los 20 ítems cubren habilidades de interpretación de información científica y pensamiento crítico, que son exactamente las competencias que más se requieren en la práctica diaria de los auxiliares de enfermería, especialmente cuando tienen que leer estudios, evaluar recomendaciones de pacientes y comunicar evidencia de manera clara.

Los escenarios clínicos son realistas y apropiados para el nivel de atención primaria. Me parecieron muy acertados los casos de la abuela Miryam (remedios caseros vs evidencia científica), el paciente Carlos con diabetes (porque introduce interacciones medicamentosas) y el análisis de estudios con financiamiento industrial (eso sí es pensamiento crítico puro).

Fortalezas del instrumento:

- La pregunta 1 es un buen ejemplo de cómo evaluar si el auxiliar distingue una preparación casera de un proceso de extracción controlado. Esto es muy útil porque en la consulta diaria los pacientes siempre preguntan por remedios caseros.
- La pregunta 11 aborda un tema del que poco se habla en la formación de auxiliares. Me alegra que lo incluyeran.

- La pregunta 20 exige síntesis y comunicación. Eso es fundamental en la práctica clínica.

Observaciones y sugerencias (menores):

- Pregunta 12 (jerarquía de evidencia): La redacción actual está bien, pero podría ser aún más clara si destacan que una revisión sistemática (como el estudio #3) está jerárquicamente por encima de un estudio controlado aleatorizado. Como lo tienen planteado está correcto, pero no estaría de más enfatizar en la explicación del instrumento.
- Pregunta 13 (discrepancia entre estudios): Excelente pregunta. Solo sugiero revisar que el enunciado no induzca a pensar que una de las dos opciones (observacional o controlado) es la única válida. La explicación correcta es la que considera factores de confusión, pero los estudiantes a veces se quedan en "uno es observacional y el otro controlado". Eso está bien, pero la pregunta logra discriminar entre quien profundiza y quien se queda en lo superficial.
- Pregunta 18 (metformina): Muy pertinente. En la IPS vemos muchos pacientes diabéticos que toman suplementos sin control. La pregunta evalúa correctamente el riesgo de hipoglucemia.

Considero que el instrumento es válido para ser aplicado a auxiliares de enfermería en el contexto de la enfermedad de Parkinson. Mide adecuadamente las habilidades de pensamiento crítico e interpretación, los escenarios son realistas y el nivel de dificultad es apropiado. Pueden usar mi nombre como validadora.

Les deseo mucho éxito con la implementación e investigación. Quedo atenta si necesitan algo más.

Saludos cordiales,

Dra. Luz Ángela Garzón Castro
Médica general
Asesora de verificación de IPS y EPS
Superintendencia Nacional de Salud (Supersalud)

Anexo 7. Código atlas ti para preguntas abiertas prueba de entrada



Nota: Elaboración propia en Atlas ti.

Anexo 8. Procedimiento de extracción por el método Soxhlet, espectro IR y rendimiento.

Procedimiento de extracción de la curcumina a partir de la *Cúrcuma Longa*.

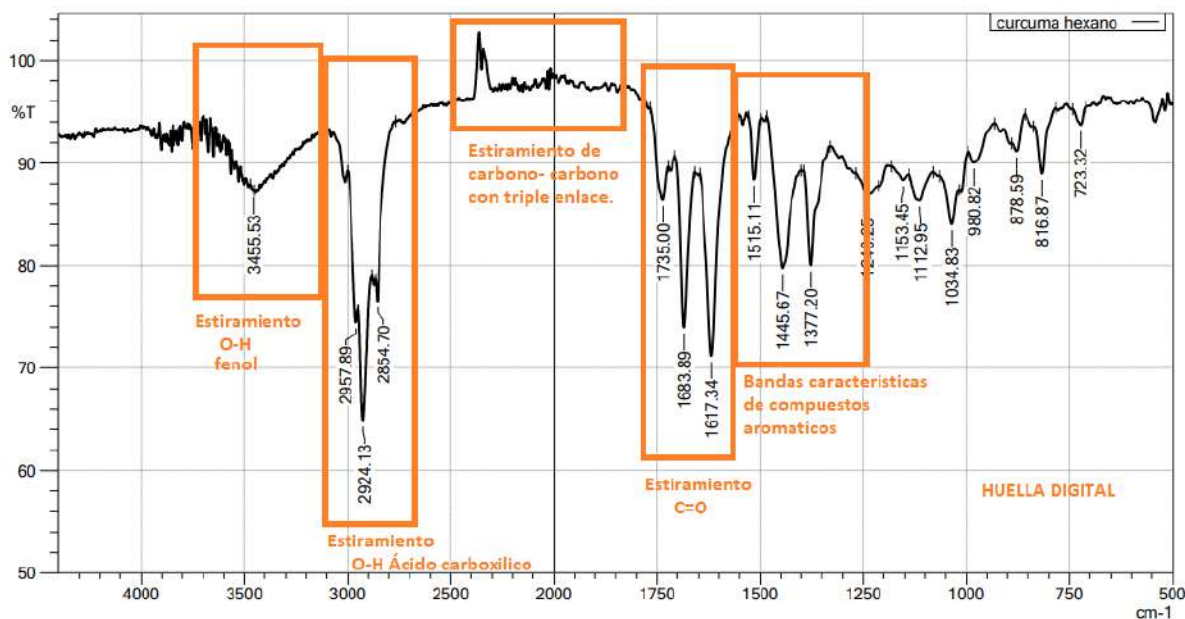
1. Triturar la cúrcuma 	2. Secar la cúrcuma hasta que tenga peso constante 	3. Pesar 5g de cúrcuma 	4. Poner en el dedal de extracción papel filtro con la cúrcuma 
5. Añadir hexano hasta la mitad de los balones. 	6. Realizar montaje y prender plancha de calentamiento  Hacer triplicado para obtener mejores resultados	7. Esperar 8 horas hasta que el solvente este transparente 	8. Retirar el hexano y el extracto final queda en el balón 

Espectro infrarrojo del extracto de cúrcuma por el método soxhlet.

Se realizó el análisis por espectroscopia infrarroja del extracto de la curcuma obtenido mediante extracción soxhlet con hexano, con el fin de identificar la presencia de curcumina en el extracto.

En el espectro obtenido se evidencian algunas bandas características asociadas a los grupos funcionales de la curcumina, tales como señales atribuidas a estiramientos de grupos hidroxilo (-OH), enlaces C=O y estructuras aromáticas. No obstante, estas bandas se presentan con baja intensidad y menor definición en comparación con el espectro de referencias de la curcumina (Figura N°11), lo que sugiere una baja concentración del compuesto en el extracto.

Espectro IR del extracto de la curcumina en hexano



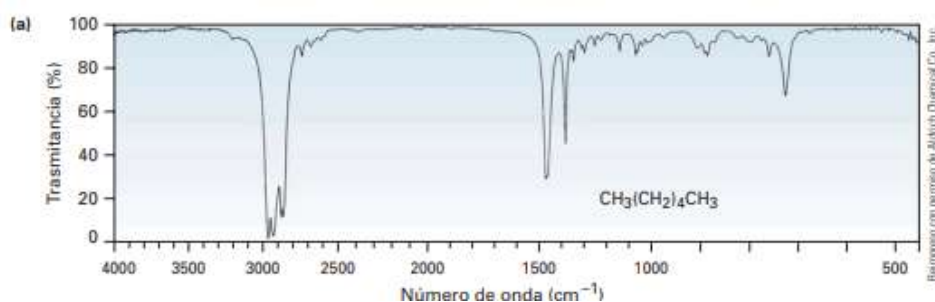
Nota: Departamento de química UPN, laboratorio de química.

Este comportamiento puede explicarse por la naturaleza del solvente empleado. El hexano es un solvente apolar, por lo que presenta una mayor afinidad por compuestos lipofílicos. En este sentido, según Barrantes, et al. (2025), el hexano es más eficiente en la extracción de

fracciones lipídicas presentes en la curcumina, como aceites esenciales y resinas, en lugar de compuestos fenólicos de mayor polaridad como la curcumina.

Adicionalmente, al comparar el espectro obtenido con el espectro característico del hexano reportado en el libro McMurry, J. (2008). Se observa una mayor correspondencia con las bandas propias del solvente, evidenciando qué gran parte de las señales detectadas están asociadas al hexano y no a la curcumina.

Espectro IR del hexano



Nota: Libro química orgánica McMurry, J. (2008)

En conjunto, estos resultados indican que aunque el método soxhlet con hexano permite la extracción de ciertos componentes de la cúrcuma, no es eficiente para la obtención de la curcumina, lo cual se refleja en la baja intensidad en sus señales características en el espectro IR.

Rendimiento del extracto de curcuma por el método Soxhlet.

El rendimiento del proceso de extracción mediante Soxhlet se determinó a partir de la diferencia de masa antes y después del proceso, considerando el sistema compuesto por papel filtro, curcuma y algodón.

Inicialmente, se registró un peso de 2.075 g correspondientes al sistema compuesto por papel filtro, cúrcuma y algodón, antes del proceso de extracción. Posteriormente, tras la extracción con hexano, se determinó el peso final del mismo sistema, obteniendo un valor de 1.981g, evidenciando una pérdida de masa atribuida a la remoción de compuestos extraíbles.

A partir de la diferencia entre el peso final y el peso inicial, se estimó la masa de extracto recuperado:

$$2.075\text{ g} - 1.981\text{ g} = 0.094\text{ g}$$

El rendimiento de extracción se calculó en función a la masa inicial empleada (5.009 g) mediante la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{0.094\text{ g}}{5.009\text{ g}} * 100 = 1.8\%$$

El proceso de extracción duró 8 horas y 5 minutos. El bajo rendimiento obtenido indica que la extracción con hexano presenta una limitada eficiencia para la recuperación de compuestos como la curcumina, lo cual es consistente con la naturaleza apolar del solvente, que favorece principalmente la extracción de compuestos lipofílicos presentes en la matriz vegetal.

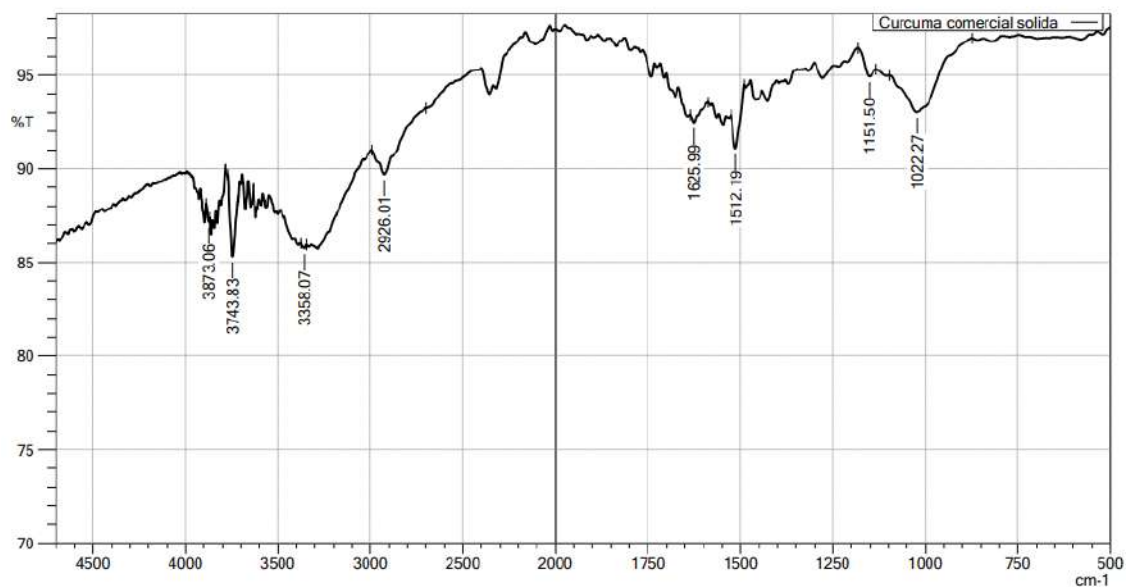
Anexo 9. Procedimiento secado de la cúrcuma.

1. Pelar y triturar la cúrcuma hasta fragmentos de tamaño reducido 	2. Pesar la cúrcuma 	3. Secar la cúrcuma a 70°C por 4 horas 
4. Pesar la cúrcuma 	5. Secar la cúrcuma 30 minutos 	6. Pesar la cúrcuma 

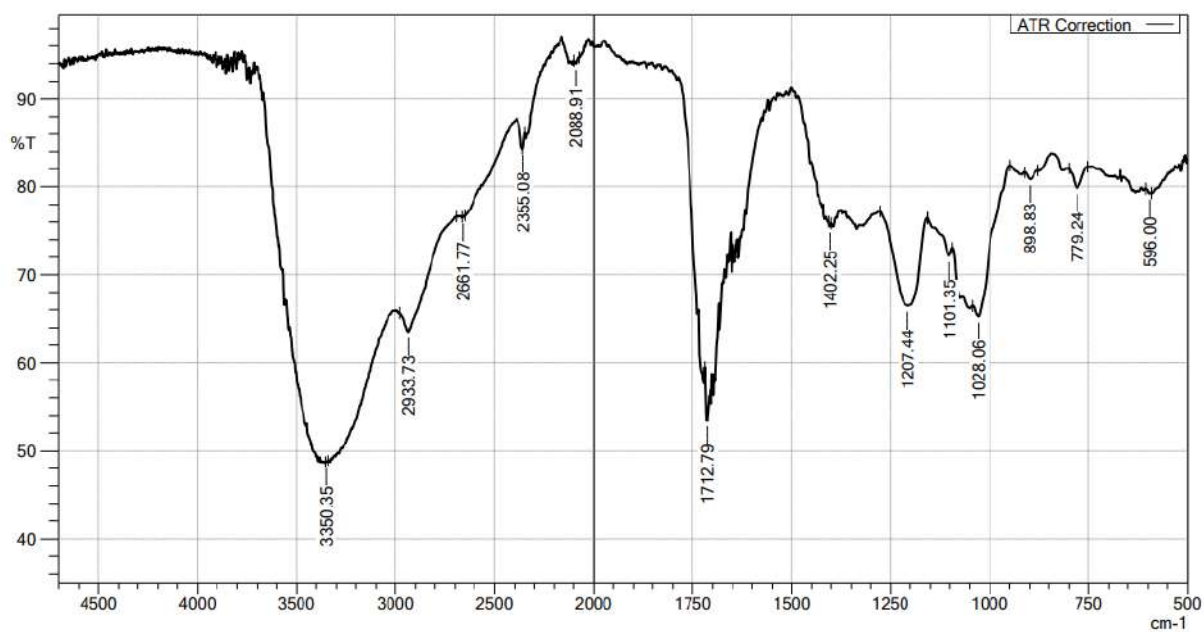
Se repite el procedimiento hasta que tenga peso constante

Anexo 10. Espectro IR de diversas cúrcumas.

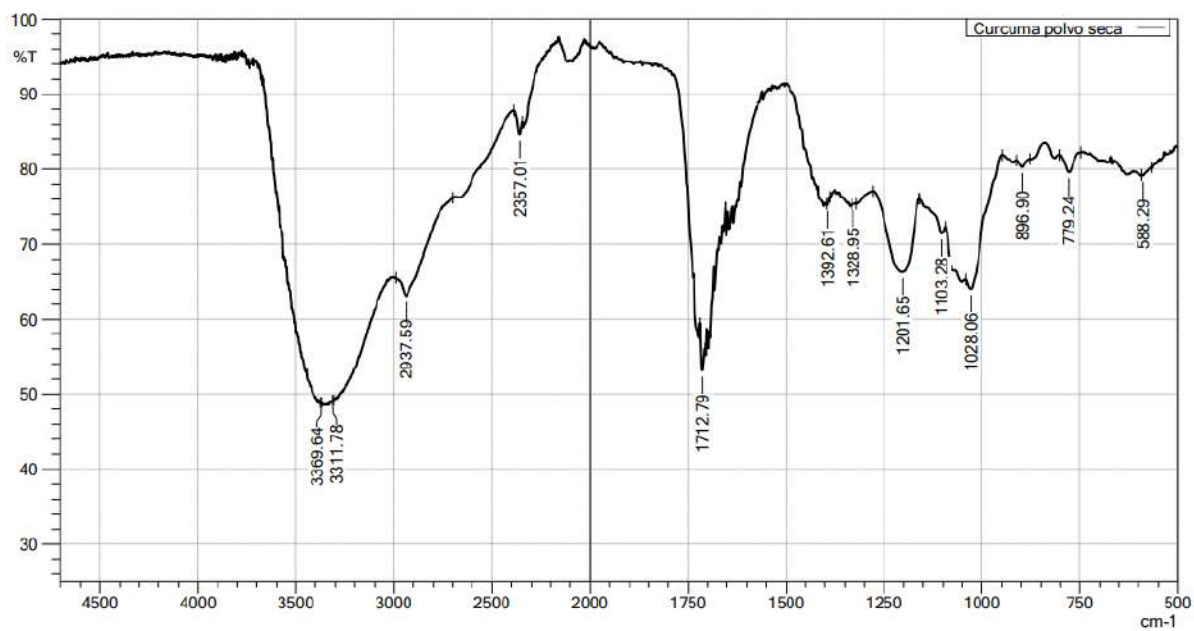
Espectro IR de la cúrcuma comercial sólida



Espectro IR de la cúrcuma comercial en polvo



Espectro IR de la cúrcuma granular en polvo



Anexo 11. Auxiliar en enfermería realizado el laboratorio.



Anexo 12. actividad modulo 1- Time to climb

<https://app.nearpod.com/?pin=9QG3L>



Time To Climb
BY nearpod

Slide 1: Un paciente de 65 años consulta por lentitud en reposo, rigidez muscular y lentitud en los movimientos. El médico sospecha enfermedad de Parkinson por pérdida de neuronas dopaminérgicas.
¿En qué estructura cerebral ocurre principalmente esta degeneración?

- Sustancia negra pars compacta
- Tálamo
- Hipocampo
- Cerebelo

Slide 2: La enfermedad de Parkinson es exclusivamente un trastorno motor que no presenta otros síntomas sistémicos.

- Verdadero
- Falso

Slide 3: Un investigador observa en neuronas de pacientes con Parkinson la presencia de cuerpos de Lewy. Estos agregados se originan principalmente por:

- Acumulación de dopamina
- Destrucción de neurotransmisores
- Agregación de alfa-sinucleína mal plegada
- Exceso de proteínas mitocondriales

Slide 4: La disfunción mitocondrial en el Parkinson puede aumentar la producción de especies reactivas de oxígeno, contribuyendo al daño neuronal.

- Verdadero
- Falso

Slide 5: La disfunción mitocondrial en el Parkinson puede aumentar la producción de especies reactivas de oxígeno, contribuyendo al daño neuronal.

- Verdadero
- Falso

Nota: Elaboración propia en Nearpod.

Anexo 13. Actividad semáforo - módulo 2.

<https://wordwall.net/resource/108927474>

0:03

Investigadores realizan experimentos en ratones con modelo de enfermedad de Parkinson y observan que los animales tratados con curcumina presentan menor daño neuronal.

Un artículo científico reporta que una molécula bloquea la agregación de proteínas en tubos de ensayo, pero no se han realizado estudios en animales ni humanos.

La curcumina reduce agregados proteicos en cultivo celular

Un medicamento muestra resultados positivos en ensayos clínicos multicéntricos realizados en diferentes países, con miles de pacientes.

Un grupo de científicos propone que un compuesto natural podría reducir el estrés oxidativo en neuronas basándose en su estructura química y en modelos bioquímicos.

Un ensayo clínico aleatorizado con 500 pacientes demuestra que un tratamiento reduce significativamente la progresión de los síntomas motores en comparación con placebo.

Un estudio con 40 pacientes muestra que quienes consumieron un suplemento durante tres meses presentaron una leve mejoría en síntomas motores, pero sin grupo control.

Un pequeño ensayo clínico piloto con 15 pacientes sugiere que un compuesto podría mejorar la calidad del sueño en personas con Parkinson.

Varias investigaciones independientes en diferentes países replican los resultados de un tratamiento en ensayos clínicos controlados, confirmando su eficacia y seguridad.

Evidencia clínica sólida

Evidencia preliminar

Plausibilidad experimental

Submit Answers

Nota: Elaboración propia en Wordwall

Anexo 14. Informe actividad cierre módulo 2.

Lección: Actividad de cierre - Módulo 2

nearpod Postsección Informe

Lección	Diapositiva	Autor	Profeesor	Fecha	Tiempo
Actividad de cierre - Módulo 2	2	Luz Ángela Román Poveda	Luz Ángela Román Pov	03/10	17:49

N.º de estudiantes: 5

Participación del estudiante: 93%

Actividades de opción múltiple: Respuestas correctas: 0%

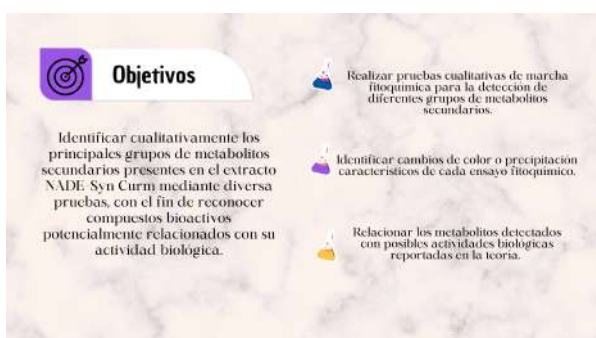
Listado de estudiantes

#	Nombre	Otra	#	Nombre	Otra
1	JULIAN		2	Milena Florez	
3	Natalia	Natalia	4	Samuel Patiño	
5	Sofia Rondon	Sofi			

Nota: Informe Tomado de nearpod

Anexo 15. Práctica de laboratorio y Diagrama de flujo del procedimiento de marcha fitoquímica.

<https://canva.link/95ypwpqqx216ir1>



Ácido clorhídrico

Identificación de sustancias		Identificación de peligros		Pictogramas de riesgo	
Nombre químico	Ácido clorhídrico	H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves		
Fórmula química	HCl	H331	Puede irritar las vías respiratorias		
Concentración	12%	Exposición Evitar respirar aerosol pulverizado de protección. EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Si el dolor persiste inmediatamente lavar la zona afectada. Enjuagar la piel con agua y jabón. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico. EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que facilite la respiración.			
P101 + P102					
P103					
P201 + P202					

Cloruro Ferrico

Identificación de sustancia		Identificación de peligros		Pictogramas de riesgo	
Nombre químico	Cloruro ferrico	H302	Daño en caso de ingestión		
Fórmula química	FeCl ₃	H332	Provoca irritación ocular		
Concentración	10%	H333	Puede provocar una reacción alérgica en la piel		
P101		Prevenir respirar aerosol, gas			
Exposición					
Preparación para la venta: la sustancia es sólida y en caso de duda consultar a un médico.					
Activación: la piel con agua de ducha. En caso de contacto con la piel: lavar inmediatamente y abundantemente con mucho agua. En caso de contaminación consultar al médico. En caso de irritación ocular, consultar a un oftalmólogo.					
En caso de contacto con los ojos: aclarar inmediatamente los ojos abiertos bajo agua corriente durante 10 o 15 minutos y consultar al oftalmólogo.					



Reactivo de Dragendorff

Identificación de sustancias		Identificación de peligros		Pictogramas de riesgo	
Nombre químico	Reactivo de Dragendorff	H302	Daño en caso de ingestión		
Fórmula química		H332	Provoca irritación ocular		
Consejos		EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Si el dolor persiste inmediatamente lavar la zona afectada. Enjuagar la piel con agua y jabón. EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que facilite la respiración.			
P101	Leer el etiquetado de protección				
P201 + P202	Evitar respirar aerosol pulverizado de protección.				
P203					
P273		Prevenir el contacto con el medio ambiente			

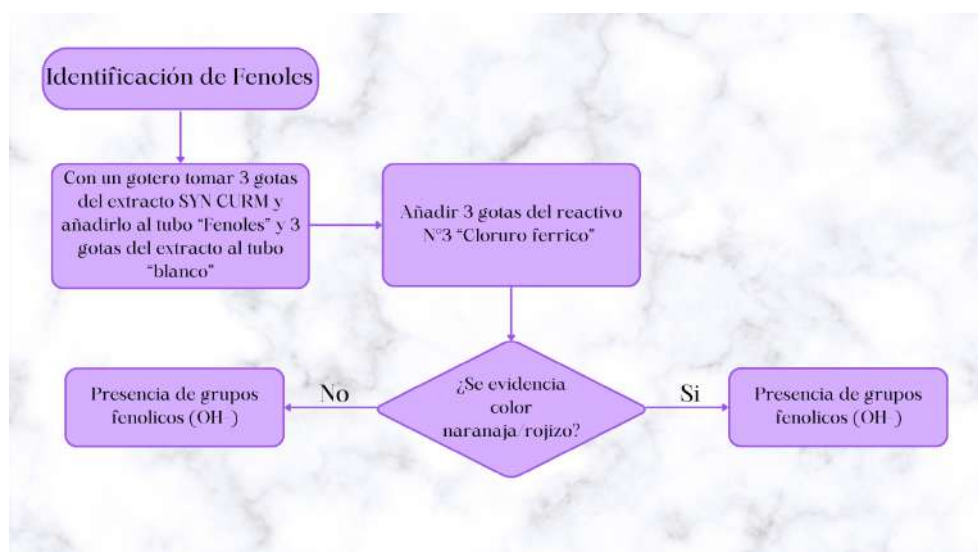
Reactivo de Mayer

Identificación de reactivos		Identificación de peligros		Preocupación de riesgo
Flamabilidad	Reactivo de azufre	H242	Quemará en caso de inflamación	
Peligro oxidante	-	H251	Puede causar inflamación	
Peligro	-	H314	Puede causar quemaduras graves	
Consejos				
P201	Leer el etiquetado de este producto	P202	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua abundantemente durante varios minutos. Quitar los lentes de contacto cuando estos estén presentes y pueda hacerlo con facilidad. Proseguir con el lavado.	
P273	Evitar la liberación al medio ambiente	P501	Eliminar el contenido de este envase y su residuo de acuerdo con las instrucciones de la etiqueta.	

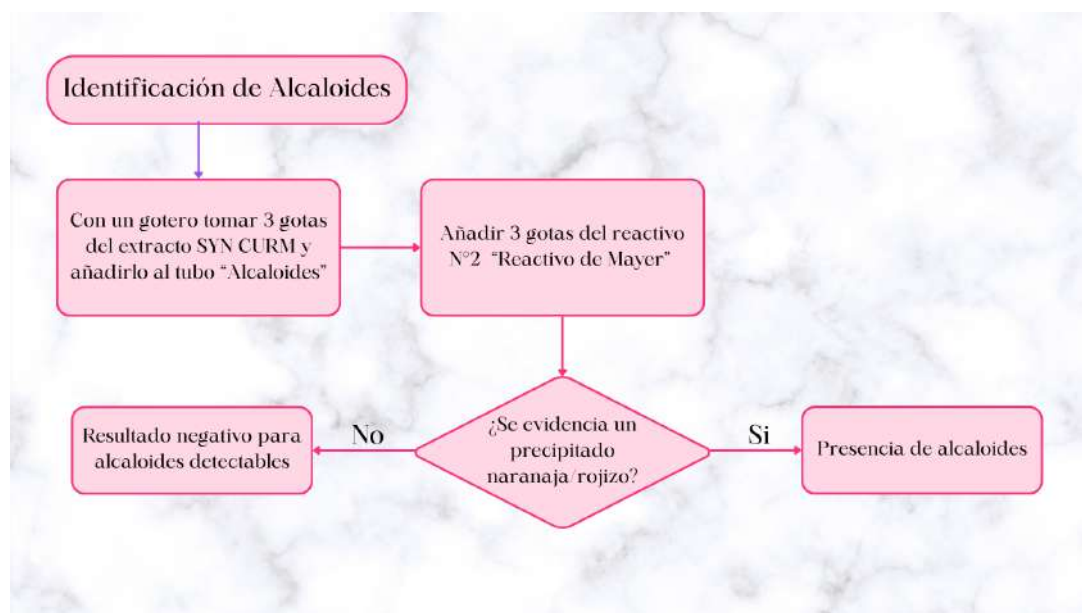
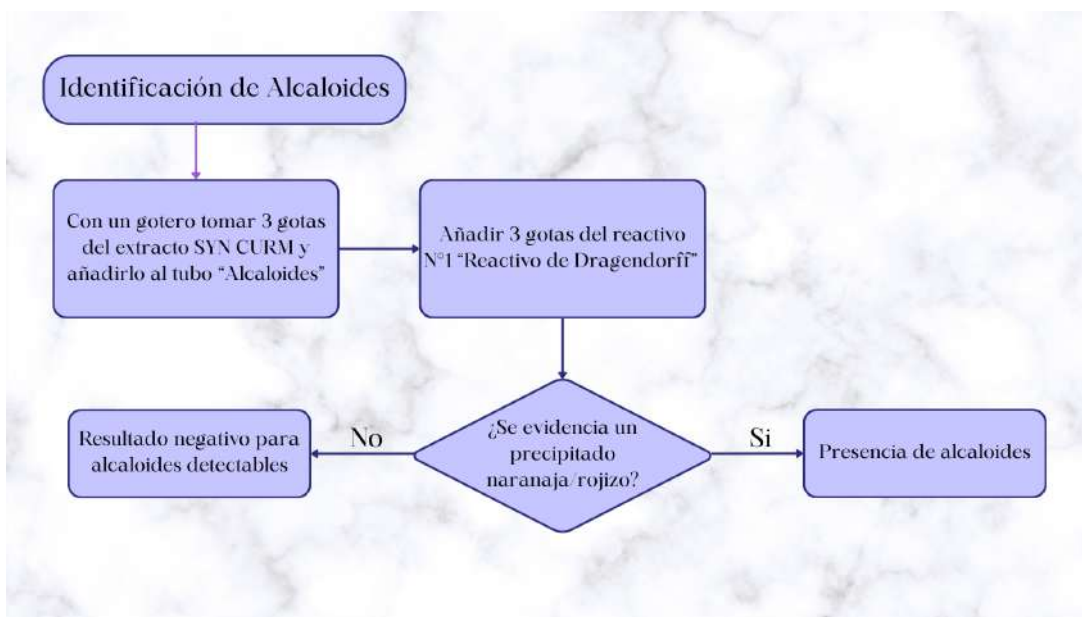
Práctica de laboratorio

- Tomar fotografías antes, durante y después.
- Anotar en la bitácora los resultados observados.
- Discutir en equipo los resultados.

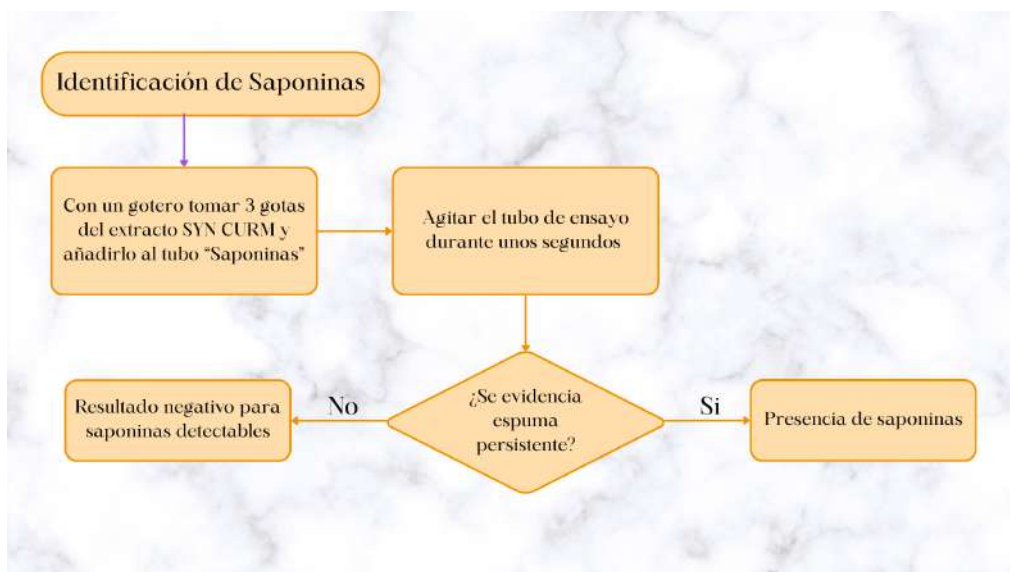
Identificación de Fenoles



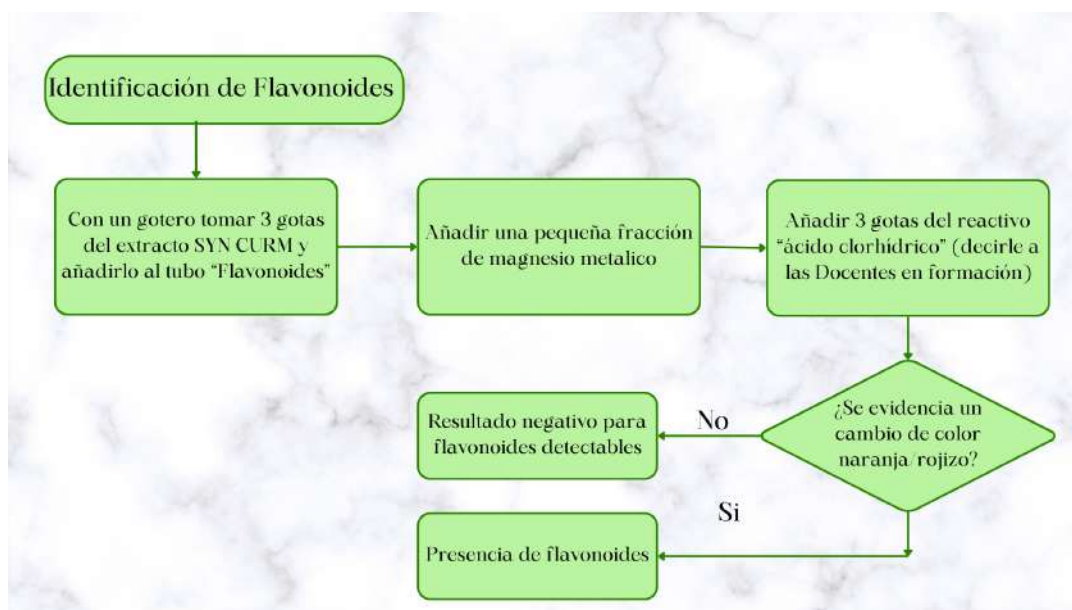
Identificación de alcaloides



Identificación de saponinas



Identificación de flavonoides



[illegible]

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/108ybtSkLX3JMD06yF9GIQ2gjHEij5OZcFpKRZPJAA/edit?usp=sharing>

Prueba fitoquímica	Reactivos utilizados	Observación (color, precipitado)	Resultado (Positivo/negativo)	Interpretación ¿por qué?	Conclusión	Fotografía	¿Tuvo algún inconveniente con la práctica?
fenoles	cloruro ferrico	naranja rojizo	positivo	debido a la formacion de coordinacion entre el io ferrico	actua como acido de lewis y forma complejos de coordinacion coloreados		
alcaloides	dragendorff	naranja rojizo	positivo	presencia de alcaloides paredes ionicas insolubles entre el nitrogeno	detecta la presencia de bases organicas		
alcaloides	reactivo de mayer	blanco	positivo	detectar presencia de alcaloides	un precipitado indica positivo (+), mientras que la ausencia de este señala negativo		
flavonoides	acido clohidrico	naranja	positivo	detecta flavonoides al reducir el grupo carbonilo con magnesio metálico y ácido clohidrico concentrado	Un resultado positivo se evidencia por la aparición de un color rojo, naranja, rosa o púrpura intenso, debido a la formación de un complejo		

Responde	
Pregunta	Respuesta
¿Qué metabolitos secundarios se detectaron en el NADE-SynCurm?	si
¿Qué prueba presentó el cambio más evidente?	flavooideos y acido clorhidrico
porque el resultafo fue diferente	por el color se debe a la formación de sales complejas, generalmente yodomercuriados, que dispersan la luz blanca al ser insolubles
¿Cómo podrían estos metabolitos relacionarse con actividad biológica?	se relacionan con la actividad biológica al actuar como agentes funcionales, defensivos o reguladores, dividiéndose principalmente en primarios (crecimiento y energía) y secundarios (adaptación y defensa).

Nota: Elaborado por grupo 1.

Anexo 18. Resultados informes grupo 2.

<https://docs.google.com/spreadsh>

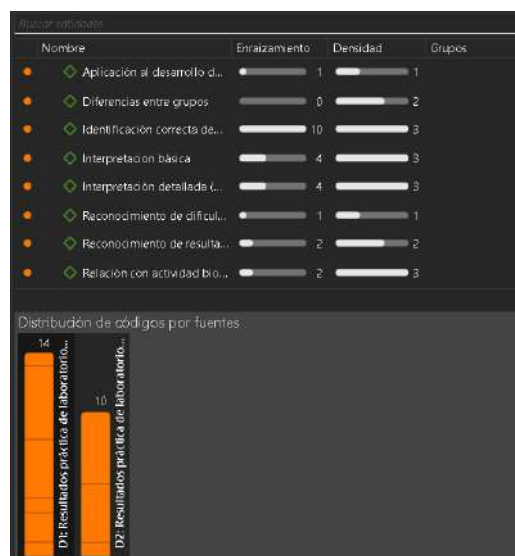
[eets/d/108ybtSkLX3JMD06yF9GIQ2gjHEij5OZcFpKRZPJA_Ao/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/108ybtSkLX3JMD06yF9GIQ2gjHEij5OZcFpKRZPJA_Ao/edit?usp=sharing)

Prueba fitoquímica	Reactivos utilizados	Observación (color, precipitado)	Resultado (Positivo/negativo)	Interpretación ¿por qué?	Conclusión	Fotografía	¿Tuvo algun inconveniente con la práctica?
Identificación de fenoles	cloruro ferrico	precipitación naranja rojizo	positivo	el reactivo reacciona con los grupos fenólicos	presencia de compuestos fenólicos en el extracto		
Identificación de Alcaloides	Dragendorff	precipitación naranja rojizo	positivo	el reactivo forma complejos insolubles con alcaloides	confirma presencia de alcaloides		
Identificación de Alcaloides	reactivo de mayer	precipitado blanco espumoso	positivo	el reactivo reacciona con alcaloides	se confirma nuevamente presencia de alcaloides		
Identificación de Saponinas	ninguno	No se observa espuma	negativo	no hay Saponinas o están en muy baja concentración	no se detectaron Saponinas en la muestra analizada		
Identificación de Flavonoides	ácido clorhídrico	precipitación naranja rojizo	positivo	los flavonoides reaccionan con el reactivo	indica presencia de flavonoides		

Responde	
Pregunta	Respuesta
¿Qué metabolitos secundarios se detectaron en el NADE-SynCurm?	fenoles, alcaloides y flavonoides
¿Qué prueba presentó el cambio más evidente?	identificación de alcaloides
¿Algún resultado fue difícil de interpretar? ¿Por qué?	si, la prueba para Saponinas, porque fue más difícil de interpretar por la formación de espuma
¿Cómo podrían estos metabolitos relacionarse con actividad biológica?	los fenoles y flavonoides suelen tener propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, mientras que los alcaloides pueden presentar actividad farmacológica. por ello estos compuestos ayudan al estudio farmacológicos y en el desarrollo del medicamento SynCurm

Nota: Elaborado por grupo 2.

Anexo 19. Código Atlas ti informe de laboratorio



Nota: Elaboración propia en Atlas ti

Anexo 20. Certificado de participación



Anexo 21. Código atlas ti prueba de salida.

Nombre	Enraizamiento	Densidad	Grupos
Emite juicio clínico prudente	1	3	
Justificación completa	1	1	
Justificación parcial	3	1	
Justificación simplificada	1	0	
Menciona limitaciones de evidencia	2	3	
Menciona mecanismo	3	4	
Propone evaluar interacciones	2	1	
Recomienda con matices	3	1	
Recomienda sin matices	2	0	
Reconoce falta de evidencia	3	2	
Reconoce la variable del método de extracción	2	1	
Reconoce la variable de ácido cítrico	2	1	
Respuesta básica	3	1	
Respuesta completa	1	1	
Respuesta parcial	2	2	

Distribución de códigos por fuentes

3

Nota: Elaboración propia en atlas ti.

Anexo 22. Participantes

