

Enseñando la ciencia invisible: una propuesta de trabajo de aula para profesores

Yeimy Stephania Bernal Rubiano, Código 2020215010

Andrés Felipe Gayón Manrique, Código 2020215021

María Alejandra Hernández Castiblanco, Código 2020215005

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología.

Departamento de Química

Licenciatura en Química

Bogotá D.C.

Junio de 2025

Enseñando la ciencia invisible: una propuesta de trabajo de aula para profesores

Yeimy Stephania Bernal Rubiano, Código 2020215010

Andrés Felipe Gayón Manrique, Código 2020215021

María Alejandra Hernández Castiblanco, Código 2020215005

Trabajo de grado para optar por el título como Licenciados en Química

Director: Dra. Yolanda Ladino Ospina

Grupo didáctica y sus ciencias. Línea Incorporación de la Educación Ambiental al Currículo de Ciencias.

Codirector: Magister Giovanni Andrés Pérez Cortes.

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología.

Departamento de Química

Licenciatura en Química

Bogotá D.C.

junio de 2025

Nota de aceptación

Firma del Evaluador

Firma del Evaluador

Firma del director

Firma del codirector

DEDICATORIA:

Este trabajo va por mis padres René y Yeimy y por mi hermana Sara que durante toda mi vida han sido mi motor, me enseñaron a creer en grande, a confiar en mis capacidades y mi potencial, por estar en los días largos, las noches de desvelo y los momentos de duda.

A María le y Andres, por ser mis amigos incondicionales, por ser sin duda personas maravillosas y que no hay otras con las que hubiera querido compartir el proceso y celebrar este triunfo juntos.

A Nicolás, por su amor; paciencia y tener las palabras justas y en los momentos cuando me sentí nublada, tu apoyo ha sido fuente constante de fuerza, amor, motivación y nobleza.

Finalmente, a mí por ser tan trabajadora y valiente, por soñar en grande, por cada noche sin dormir y cada lágrima escondida, por cada paso firme hacia esta meta.

¡Este trabajo lleva huella de cada uno de nosotros, este logro es nuestro!

Stephania Bernal

Esta va por mí, porque nadie más que yo sé lo difícil que ha sido, porque culminar esto ha sido una meta que tal vez no era tan clara en mi pasado, pero se logró y ahora sé que soy más feliz. Sin lugar a duda no ha sido nada fácil, ha sido cuestión de sacrificios, de trasnochadas y más, pero tengo la seguridad y certeza de decir que, me he convertido en la persona y profesional que me gustaría admirar y creer. Así también gracias a mis padres y mi hermano, por estar y hacer que esto fuera posible.

Así mismo, a mis compañeros que se han integrado en mi vida y se han vuelto valiosos para mí, en especial a mis compañeras de este trabajo, Stepha y María Le., quienes han sido esas amigas que me han impulsado incondicionalmente, que siempre han tenido una palabra de aliento en esos momentos en los que no he estado al 100%, y sobre todo un apoyo incondicional para hacer que mejore como persona y como profesional.

Y aunque sé que esto no va en las dedicatorias, no saben cuan significativas han sido ustedes en mi vida, cuanto me han enseñado en las distintas maneras que se puede, cuanto valoro sus comentarios que siempre son bien intencionados,

bueno al menos conmigo; por eso agradezco, el que haya podido encontrar personas como ustedes, que aunque no todos tienen la oportunidad de conocerlas, de la manera que yo las conozco, sé que son las mejores personas que pueden haber y, hacer parte al menos un poquito de sus vidas me ha hecho enormemente feliz.

Andrés Gayón

A mi mamá, por ser mi guía, mi refugio y mi fuerza. Gracias por cada sacrificio silencioso, por cada palabra de aliento y por enseñarme, con tu ejemplo, a nunca rendirme. Todo lo que soy y lo que he logrado te lo debo a ti.

A mi abuelita, por su ternura infinita y su sabiduría. Uno de los mayores sueños que estoy cumpliendo es poder graduarme y tenerla allí, conmigo, mirándome con ese orgullo tan suyo y tan gratificante. Solo pensar en compartir ese momento contigo me llena el alma.

Y a quienes, de distintas formas, caminaron a mi lado en este proceso: Stepha y Andrés que con su alegría y compañía hicieron más llevadero el trayecto, y a Jhonatan que, sin duda, dejó una huella en este capítulo. Gracias por estar.

Alejandra Hernández

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Dios por darnos fortaleza, sabiduría y salud necesarias para seguir con el objetivo de nuestros estudios; a nuestras familias por su amor incondicional, apoyo constante y confianza en nosotros dentro de nuestro proceso formativo. Sin su compañía y palabras de aliento este logro no sería posible.

A nuestros directores Yolanda Ladino Ospina por su dirección, orientación y consejos durante todo el proceso y, a nuestro codirector Giovanni Andrés Pérez Cortes por su guía, disposición y valiosos aportes a lo largo del desarrollo de esta investigación.

Agradecemos también a Mercy Lilibian Viasus y Johan Andrés Malagón por su apoyo, aportes, disposición y sugerencias valiosas para el desarrollo exitoso de este trabajo; así mismo, al profesor Carlos Hernando Niño y Fabian Francisco Freyle que hacen parte de la Tecno academia Cazuca del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), por su mediación y enseñanza para los procesos experimentales, al equipo de Laboratorio del Departamento de la Licenciatura en Química de la UPN, especialmente a la profesora Mercy, Johan y Andrés, por siempre estar atentos y brindarnos una calurosa atención. Y finalmente, a las docentes Sandra Ximena Ibáñez y Sandra Sandoval quienes revisaron, comentaron y evaluaron la construcción de este proyecto.

*Le agradecemos a **nuestras familias**, por poner su confianza en nosotros, por sus apoyos y gestos llenos de amor, su comprensión y palabras de ánimo. que nos motivaron día a día a seguir y cumplir esta meta.*

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	10
Justificación	12
Formulación y Delimitación del Problema	13
Objetivos	15
<i>Objetivo General</i>	15
<i>Objetivos Específicos</i>	15
Antecedentes	16
<i>Enseñanza Basada en Competencias en Temas Agro.</i>	16
<i>Nanofertilizantes / Agricultura Sostenible</i>	17
Referentes Teóricos	19
<i>Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)</i>	19
<i>Nanotecnología</i>	21
<i>Nanocompuestos</i>	21
<i>Nanomateriales</i>	21
<i>Síntesis de Nanomateriales</i>	22
<i>Nanofertilizantes</i>	23
<i>Currículo de Ciencias y Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA)</i>	25
<i>Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA)</i>	26
<i>Secuencia Educativa para Docentes</i>	27
<i>Enseñanza Basada en Competencias (EBC)</i>	28
<i>ATLAS.ti</i>	30
Metodología	31
<i>Tipo de Investigación</i>	31
<i>Muestra Objeto de Estudio</i>	31
<i>Fases de la Investigación</i>	32
<i>Fase 1: Conceptualización y Construcción del Material.</i>	32
<i>Diseño Página Web</i>	32

Método de Síntesis NF	36
<i>Fase 2: Caracterización y validación.</i>	37
Técnicas de análisis.....	37
Validación de página web.....	38
<i>Fase 3: Comparativo teórico y resultados.</i>	41
Resultados	42
<i>Caracterización del Material</i>	43
<i>Resultados de Validación</i>	52
Conclusiones	59
Recomendaciones	60
Anexos	65
<i>Anexo A.</i>	65
<i>Anexo B.</i>	65
<i>Anexo C.</i>	66

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. <i>ODS postulados en la agenda 2030 de la ONU (2015)</i>	19
Figura 2. <i>Método de síntesis de nanomateriales metálicos.</i>	23
Figura 3. <i>Organizador gráfico conceptos estructurantes.</i>	24
Figura 4. <i>Caracteres de las secuencias educativa para docentes.</i>	28
Figura 5. <i>Fases de la Enseñanza basada en competencias</i>	30
Figura 6. <i>Fases metodológicas</i>	42
Figura 7. <i>Muestra del material bajo microscopio óptico.</i>	43
Figura 8. <i>Imágenes de nanomaterial bajo MEB.</i>	44
Figura 9. <i>Espectroscopia infrarroja del nanomaterial.</i>	45
Figura 10. <i>Resultados colorimétricos de NF por análisis 1,10-fenantrolina en distintos medios.</i>	47
Figura 11. <i>Rendimiento del NF en medio neutro (agua) por 11 horas.</i>	48
Figura 12. <i>Método colorimétrico para análisis de hierro en NF por 1,10-fenantrolina.</i>	49
Figura 13. <i>Método colorimétrico para análisis de ion amonio en NF por reactivo de Nessler.</i>	50
Figura 14. <i>Resultado de determinación de ion amonio en NF por tiempos prolongados.</i> ...	51

Figura 15. <i>Determinación de nitrógeno en el NF por método Kjeldahl.</i>	51
Figura 16. <i>Comportamiento microbiano del NF a E-coli.</i>	52
Figura 17. <i>Resultados de validación bajo la categoría uso.</i>	53
Figura 18. <i>Resultados de validación sobre la categoría diseño.</i>	54
Figura 19. <i>Resultados de validación de la categoría EBC.</i>	55
Figura 20. <i>Cuadro de co-ocurrencia entre diseño vs uso por ATLAS.ti.</i>	56
Figura 21. <i>Cuadro de co-ocurrencia entre diseño vs EBC por ATLAS.ti.</i>	56
Figura 22. <i>Cuadro de co-ocurrencia entre EBC vs uso por ATLAS.ti.</i>	57
Figura 23. <i>Triangulación categorías de análisis.</i>	58

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Cuadro comparativo de las categorías de nanomateriales.</i>	22
Tabla 2. <i>Revisión de los DBA con implicaciones ambientales.</i>	25
Tabla 3. <i>Preguntas del formato de validación</i>	39
Tabla 4. <i>Definiciones para cada uno de los criterios de análisis.</i>	40
Tabla 5. <i>Relación numérica sobre el medio y la concentración de Fe distribuido.</i>	47
Tabla 6. <i>Relación niveles de escolaridad con respuestas de carácter abierto.</i>	67

TABLA DE ANEXOS

Anexo A. <i>Enlace de acceso a página web.</i>	65
Anexo B. <i>Enlace de acceso a manual docente.</i>	65
Anexo C. <i>Formac de respuestas de la prueba de validación.</i>	66
Anexo D. <i>Tabla 6</i>	67

Introducción

La mejora en la seguridad alimentaria, la nutrición, la protección y el uso de los suelos son algunas de las preocupaciones de estos últimos años, no solo a nivel Colombia sino a nivel mundial producto de la sobrepoblación y las condiciones medioambientales de vida, causando graves implicaciones como la falta de alimentos, de agua, la afectación en la salud humana, entre otros. (FAO, 2015).

Una de las alternativas que la ciencia ha propuesto, es la aplicación de la nanotecnología para darle una solución, en especial el uso de nanopartículas a partir de la síntesis de metales de transición mediante complejos, que permitan la distribución controlada necesaria para el crecimiento de las plantas, a su vez, reducir el impacto directo de los fertilizantes tradicionales y evitar la sobre acumulación que no es benéfica para los cultivos ni su entorno. Se menciona que “La lixiviación de nitratos -producto de algunas prácticas agrícolas- facilita su infiltración en aguas subterráneas y superficiales. Afectando negativamente la salud humana por el consumo excesivo de nitratos” (Savci, 2012, p. 288).

Es así como, el desarrollo de este trabajo se aborda desde el grupo de investigación Didáctica y sus Ciencias en la línea: Incorporación de la Educación Ambiental al Currículo de Ciencias cuyo abordaje fundamental, se da en una relación pedagógico-disciplinar. Por consiguiente, el enfoque hacia los nanofertilizantes (NF) aporta, significativamente y de manera revolucionaria, en la industria agrícola, sustituyendo algunos marcos tradicionales en prácticas agrónomas desde la distribución inteligente de los nutrientes, optimizando el uso controlado de éstos y el manejo del agua que se verá reflejado en el crecimiento y las condiciones del cultivo.

El interés por esta propuesta se identifica por la falta de relación del tema de nanofertilizantes dentro del currículo; a su vez, los desafíos diarios que enfrenta el profesor en el abordaje de estas temáticas en cada uno de los niveles de formación. Como resultado a esto, surge desde el carácter investigativo e innovador acerca de la enseñanza de los NF, como alternativa para los fertilizantes convencionales, y con el fin de desarrollar competencias en los estudiantes, capaces de razonar en el contexto y desarrollar acciones participativas como la cooperación, el compromiso, la toma de decisiones informadas y la generación de nuevas propuestas para la formación de ciudadanos conscientes de su entorno.

Por consiguiente, teniendo en cuenta algunos obstáculos que se presentan en el aula de clase, en las áreas de ciencias se observa: la falta de motivación, la atención dispersa, el uso responsable del celular u otros dispositivos tecnológicos. Las TIC's son una estrategia óptima para mitigar algunos de estos desafíos, de acuerdo con esto, se propone un AVA ya que ofrece numerosos beneficios tanto para estudiantes como para docentes, siendo este último el foco del presente documento, dentro de ellos está la accesibilidad, interacción, autonomía, seguimiento, evaluación y actualización constante. Lo cual se consideró en el diseño y estructuración, bajo la metodología de enseñanza basada en competencias (EBC).

A continuación, el documento se estructura a partir de la justificación y formulación del problema, donde se articula la incorporación de un tema poco abordado como los nanofertilizantes en el currículo de ciencias en Colombia y una página web para docentes diseñada bajo el enfoque EBC, como una estrategia que facilite y contribuya en los procesos de aprendizaje de un tema diferente, incluyendo apoyos de escenarios tecnológicos. Es así que, este recurso fue validado por docentes de ciencias con diferentes niveles de formación y contextos, en los cuales se obtuvo resultados en su mayoría favorables, ya que entre los comentarios sobresale su carácter innovador, amplio alcance de implementación, diverso, dinámico, flexible y de fácil uso, teniendo en cuenta esto, los resultados fueron evaluados bajo la metodología mixta diseño de triangulación concurrente (DITRIAC) por medio de la triangulación de tres categorías las cuales fueron uso, diseño y EBC, con el fin de obtener una retroalimentación guiada por los maestros, y de esta manera enriquecer el diseño y llevarlo a su futura aplicación.

Justificación

En el marco del desarrollo de este trabajo de investigación, se pretende brindar a los maestros de ciencias de nivel básico, media y superior, alternativas de enseñanza que promuevan el uso de herramientas mediadas por las TICs, las cuales derivan en un abordaje y alcance amplio, logrando mayor cobertura nacional e internacional. Es así como se fomenta el desarrollo de habilidades y competencias profundas y diferentes, que contribuye a que docentes y estudiantes trabajen simultáneamente. Surge de la necesidad de adaptar el proceso de enseñanza y aprendizaje a una “realidad” cambiante, donde la tecnología tiene el foco de la población en general modificando sus intereses, por lo tanto, el reto como docente es buscar una estrategia alternativa sin tener que eliminar o restringir en su totalidad estos recursos del aula.

Es así como, el sitio web diseñado permite abordar problemáticas actuales desde la visión como docente en áreas de ciencia y afines, tratando algunas situaciones presentes dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular “hambre cero” y “la vida de ecosistemas terrestres” (Sandoval, 2012), las cuales han sido consideradas como las más impactantes dentro de los entornos sociales, de ahí que, la herramienta que se ha diseñado responde a los tópicos relacionados con estos objetivos en forma directa o indirectamente, llevándolos a un manejo más completo y actual, desde términos genéricos que se exentan dentro del currículo en ciencia como agricultura, fertilizantes y nutrientes en el suelo, y algunos más novedosos como la nanotecnología y nanofertilizantes, enfocados a la síntesis de un fertilizante nano encapsulado.

Con lo anterior mencionado, es de destacar que la forma de encaminar las temáticas, parte de que el docente tenga al alcance las planeaciones y estrategias, con las cuales los estudiantes interactuaran dentro o fuera del sitio web, logrando así tener claridad en la estructuración de los tópicos y las competencias o habilidades que se busca desarrollar con el estudiante, desde un modelo de enseñanza basada en competencias, tales como el trabajo en equipo, comprensión del entorno, organizadores de ideas, resolución de problemas, uso de las TICs, argumentación, etc; por otro lado, se busca que el estudiante logre hacer un abordaje conceptual impulsado a la materialización o aplicación del mismo, con un enfoque en alternativas acerca de sostenibilidad ambiental y la cercanía con ambientes educativos que permitan entre tanto la divulgación científica, conciencia ambiental, hábitos saludables, generar propuestas de mejora social y del entorno.

Formulación y Delimitación del Problema

Los docentes actualmente en las clases de ciencias enfrentan retos diarios, entre ellos se pueden encontrar: estrategias de alfabetización científica, el desinterés en los estudiantes, la ausencia de recursos y materiales, el contexto escolar, la motivación frente a algunos temas, y, la forma como se abordan las temáticas, (Morawicki et al., 2015), lo anterior puede causar dificultades en los procesos de enseñanza del docente, implicando así, que el mismo adapte diferentes estrategias para abordar las temáticas del currículo con sus estudiantes. Para ello, el Ministerio de Educación en Colombia propone el uso de las nuevas tecnologías de información y comunicaciones (NTIC) en la educación y afirma que son “como un pasaporte para acceder y hacer posible la sociedad del conocimiento en un mundo globalmente conectado” (MEN, 2004) con el fin de que las nuevas generaciones puedan tener otras miradas de uso de la tecnología para ser empleadas en los diferentes contextos y actividades humanas, “la tecnología busca resolver problemas y satisfacer necesidades individuales y sociales, trasformando el entorno y la naturaleza mediante la utilización racional, critica y creativa de recursos y conocimientos” (MEN, 2008).

Es así como, la incorporación de alternativas de manejo de los recursos se convierte en algo imperativo, por lo cual, mantenerse al tanto de los aspectos de innovación es algo necesario para todos, incorporando de esta manera las formas de divulgación en las cuales se tienen presentes las razones científicas, tecnológicas, comerciales, empresariales y sociales (Torres y Duarte Ruiz, 2018), todo esto, requiere hacer uso de nuevas versiones de conocimiento que hacen parte de la iniciativa acerca de la revolución educativa la cual busca nuestro país (Torres Robayo, s.f.). Es por esta razón que se examina la incorporación de un recurso tecnológico para docentes, como forma de abordar distintas temáticas, por su carácter versátil en el cual se pueden incorporar elementos tecnológicos que puedan se articulados con el contexto donde se encuentra el estudiante, motivando a este hacia el desarrollo de competencias y habilidades para ser aplicadas en una situación real.

Teniendo en cuenta donde se realiza este estudio, por ejemplo, Colombia ocupa el “segundo lugar en biodiversidad” (Ministerio de Ciencia, 2016), lo cual implica que se destaque por su amplia variedad de recursos naturales, que como resultado lo convierte en objeto de protección y conservación de estos. Según el Ministerio de Ambiente algunas de las principales preocupaciones en el cuidado de este se deben a “... el uso y manejo insostenible del suelo, sumado al cambio climático que acelera su degradación, conlleva un desequilibrio de los ecosistemas, la afectación de actividades económicas, y la inseguridad alimentaria...” (Ministerio de Ambiente, 2021), en consecuencia, es importante resaltar que la gestión sostenible del suelo debe ser una tarea que involucre a todos los que habitan en la zona, por tanto, sería de gran provecho desde el actuar docente forjar en los estudiantes la apropiación de su entorno y poder crear acciones conjuntas que sirvan como forma de mitigar y solucionar este impacto.

Una solución con nuevas perspectivas a las problemáticas anteriormente mencionadas, buscan reemplazar los fertilizantes convencionales que puede aportarle nutrientes a la planta, pero, no son ambientalmente sostenibles; esto conlleva, al uso de la nanotecnología para mejorar el potencial agrícola y reducir los impactos ambientales. De acuerdo con esto, se incorpora una de sus aplicaciones en la agricultura como lo son los nanofertilizantes, por su capacidad de liberar de forma lenta y controlada los nutrientes que son asimiladas por las plantas. En otras palabras, funciona como forma de reemplazar los fertilizantes convencionales por sus consecuencias ambientales y ecológicas, donde se evidencia una afectación ambiental por parte de la acumulación de nutrientes en forma de nitrato o iones amonio (Kumar et al., 2021), que pueden ser transportados por escorrentía a las fuentes hídricas, afectando los ciclos regulares del agua y la calidad de esta.

De acuerdo con lo anterior, se consolida la siguiente pregunta ¿De qué manera una página web, diseñada bajo un marco experimental de conceptos estructurantes enfocada en nanofertilizantes, responde como recurso para profesores de ciencias hacia el desarrollo de competencias y habilidades con los estudiantes, considerando que estas temáticas en los currículos de ciencias en Colombia son poco abordadas?

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una página web bajo un marco experimental de conceptos estructurantes, enfocada en nanofertilizantes, como recurso didáctico para profesores de ciencias desde el desarrollo de competencias y habilidades en los estudiantes.

Objetivos Específicos

- Elaborar una página web de carácter informativo y experimental para docentes de ciencias que contribuya como recurso didáctico para el abordaje del tema de nanofertilizantes en el currículo de educación en ciencias.
- Sintetizar mediante un marco experimental nanofertilizantes en matriz biopolimérica “quitosano” como suministro procedimental y conceptual para la estructura de la página web.
- Validar la articulación del protocolo experimental y conceptual dentro de la página web mediante una rúbrica para maestros.
- Contrastar los resultados de la validación del recurso educativo en relación con los ajustes pertinentes para un uso provechoso del docente.

Antecedentes

Para dar sustento a este proyecto, se realiza el proceso de investigación a través de tesis, trabajos de grado, artículos e investigaciones científicas que aportan y son acordes a los temas de interés, los cuales cumplen con brindar perspectivas locales, nacionales e internacionales centradas para esta investigación como Scopus, EBSCO, Web of Science, y el repositorio de la UPN, desde la enseñanza basada en competencias, ambientes virtuales para profesores sobre agricultura y la síntesis de nanomateriales y agricultura sostenible.

Enseñanza Basada en Competencias en Temas Agro.

La revisión de antecedentes se presenta desde un nivel general a particular, iniciando en ámbito Internacional. El artículo “Potenciando la Agricultura Regenerativa a Través de la Enseñanza-Aprendizaje sobre Calidad de Suelos en IPTs de Educación Media en Panamá” (Cedeño et al., 2023) se presenta el desarrollo de un proyecto educativo en Panamá, donde establecieron dos parcelas para contrastar prácticas agrícolas tradicionales con enfoques regenerativos, monitoreando parámetros como la humedad, temperatura y propiedades físicas, químicas y orgánicas en el suelo. De lo anterior, se resalta que la educación en ciencias del suelo y el manejo sostenible es fundamental para la sostenibilidad agrícolas y protección de recursos naturales. En el marco del desarrollo del presente trabajo, es importante orientar hacia la importancia de articularse con la agricultura regenerativa, en beneficio del cuidado con el entorno, al tiempo que los estudiantes se descentralizan del aula convencional y recurren a espacios a cielo abierto, favoreciendo superar, como lo menciona el artículo, dificultades en la interpretación de parámetros físicos, químicos y biológicos que existan en el suelo. (Cedeño et al., 2023)

Seguido, en el marco internacional, el artículo “*Huerto escolar como estrategia didáctica en el desarrollo del aprendizaje significativo en el área de agricultura*” (Tovar, 2020) elaborado en Venezuela, propone un plan de acción para implementar un huerto escolar como herramienta pedagógica en una escuela de educación básica, con el fin de fomentar un aprendizaje significativo en el área de agricultura. Metodológicamente, se enmarca en el paradigma positivista con enfoque cuantitativo, utilizando un diseño no experimental. Las encuestas fueron aplicadas a un grupo de docentes, los resultados fueron los siguientes: 60% de los docentes usan ocasionalmente estrategias didácticas que promueven la responsabilidad del estudiante en su propio aprendizaje. Mientras, el 40% no lo hace. Se concluye, que es necesario que los docentes implementen estrategias que estimulen pensamiento crítico y la conexión de los contenidos académicos con la vida cotidiana de los estudiantes. Este artículo es de gran interés para el desarrollo de este, puesto que evidencia como la integración de huertos escolares puede desarrollar competencias en los estudiantes, mediante la descentralización del docente y haciéndolos partícipes de su propio proceso de aprendizaje.

En continuidad con el marco internacional, se presenta el siguiente artículo llamado “*Aula agroecológica. Alternativa de enseñanza para Escuelas rurales*” (Mujica et al., 2015). Este

estudio tuvo como objetivo diseñar y aplica un modelo de aula agroecológica para la enseñanza de agricultura en contextos rurales, para el desarrollo de este se utilizó un cuestionario para recolectar datos sobre utilidad, pertinencia, acción pedagógica y conservación del ambiente, el cual fue validado por expertos y con una confiabilidad de 0,92 según el alfa de Cronbach. Los resultados indicaron que el aula agroecológica es pertinente al contexto, facilitando la construcción de conocimientos sobre prácticas agrícolas ecológicas. Este artículo aporta en tanto señala que la implementación de espacios educativos prácticos promueve el desarrollo de competencias proporcionando entornos diversos y de mayor interés al estudiante, además de manejar la validación por expertos, siendo este parte del eje metodológico del presente trabajo.

Desde una perspectiva Nacional, se generan en la Universidad Nacional de Colombia el trabajo elaborado por Torres y Duarte-Ruiz (2018), titulado el *“Docente Nano: Una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media”* (p. 81), utiliza un recurso didáctico, en el cual se trabajan los conceptos relevantes de la nanociencia, la nanotecnologías, los nanomateriales, apoyados de “materiales didácticos” (propuestas de laboratorios, presentaciones PowerPoint, etc); en el trabajo se puede evidenciar que la estructuración de un buen recurso ayuda al docente y al estudiante dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Este artículo toma importancia en la investigación, partiendo desde la revisión en MEN, donde no se abordan estas temáticas; además de ser un material diseñado para que los maestros puedan orientar y facilitar estas temáticas a los estudiantes, por lo tanto, se orientó a la selección e implementación del material, donde los docentes reconocen la importancia de llevar estos temas al aula y adicionalmente conseguir despertar en los estudiantes curiosidad e impactos positivos.

Nanofertilizantes / Agricultura Sostenible

Desde una perspectiva internacional en la síntesis de nanofertilizantes se toma un artículo de la revista *Nanotechnology Reviews* que le pertenecen a Ávila y Alvarez (2024) titulado *“Strategic applications of nano-fertilizers for sustainable agricultura: benefits and bottlenecks”* (p. 2123). Se centra en abordar nuevas estrategias en la aplicación de fertilizantes en la agricultura, desde la nanotecnología para mejorar el potencial agrícola y los impactos medio ambientales. Este artículo toma importancia en la investigación, desde lo disciplinar hablando de los benéficos que podría recibir la planta al realizar este proceso entre nutrientes- suelo- planta al igual que “La eficiencia en la absorción, distribución y acumulación de NF depende de la exposición a muchos factores como el pH del suelo, el contenido de materia orgánica y la textura del suelo” (Ávila y Álvarez, 2024). Así mismo concluyen, en que hay dos tipos de nanofertilizantes y que el uso de estos puede ayudar en el aumento de la producción de alimentos producidos por agricultores.

Desde otra perspectiva internacional, desde la cooperativa de fertilizantes para agricultores indios en el artículo *“Nanofertilizers and their role in sustainable agriculture”* (Kumar et al., 2021), donde se evidencia una afectación ambiental por parte de la acumulación de nutrientes

en forma de (nitrato o iones amonio) especialmente en cultivos de hoja verde como la lechuga, toma importancia en la investigación ya que tratan de. Sintetizar nanomateriales de Cu, Zn y urea investigando, las afectaciones como alternativa dentro de los cultivos, alcances en los recursos hídricos por escorrentía y la calidad potable del agua o por volatilización y manifestar un incremento en el efecto invernadero. Ellos concluyen que los nanomateriales de Cu y Zn no presentan efectos adversos ni en los consumidores ni directamente en las plantas y que son viables por su bajo costo y la manera eficiente de actuar en el suelo (Kumar et al., 2021).

En una perspectiva internacional el artículo de la revista Heliyon 2022 titulado “*Citosan nanoparticles (chNPs): a versatile growth promoter in modern agricultural production*” (Ingle et al., 2022), parte del análisis de las propiedades principales del quitosano, entre ellas como material biodegradable, no tóxico, antioxidante y de baja alergenicidad. Con respecto a esto, toma importancia en esta investigación por su caracterización sobre el quitosano y sus diferentes aplicaciones, en especial por su aplicación en la agricultura como fertilizantes y fungicida, además, de ayudar a controlar el estrés en las plantas de manera biótica y abiótica, la finalidad de este documento no se centra ahí sino en encontrar otras posibles aplicaciones que puedan determinar una caracterización más clara del quitosano.

Desde una perspectiva nacional, en un estudio en la Universidad de Antioquia enfocado en: “*Nuevas tecnologías para el manejo eficiente de fertilizantes-N en la agricultura y su aplicabilidad al territorio colombiano*” (Parra, 2020), trata el uso de nuevas tecnologías para la eficiencia de fertilizantes nitrogenados en cultivos agrícolas, en aras de disminuir las pérdidas de nutrientes por lixiviaciones y subterráneas, mediante una liberación lenta y controlada. Toma importancia en esta investigación en la síntesis de nanomateriales nitrogenados que permitan la disminución de nitratos en el agua, debido a que, en Colombia se identifican materiales nanoestructurados, como el quitosano y las nanoarcillas, como opciones óptimas debido a su benignidad ambiental y costo económico en comparación con los productos actuales lo que se presenta como una buena alternativa para las necesidades del territorio. Sugiere hacer estudios más rigurosos en los nanomateriales, así como políticas que regulen su uso en la agricultura.

Finalmente, desde un referente nacional elaborado en la Universidad Pedagógica Nacional, por Gómez (2024) “*Diseño de un biofertilizante con el hongo Trichoderma harzianum en cultivos de Lechuga cresspa – Lactuca sativa en una huerta escolar de Usme, Bogotá*” (p.1), el artículo es nutritivo porque brinda las especificaciones fisiológicas de la lechuga y además la vinculación de estos conocimientos a un ambiente escolar del cual también se diseñaron una serie de guías con el objetivo de hacer más cercanos a los estudiantes a las buenas prácticas agrícolas sostenibles. Así mismo, este trabajo se enlaza al de Pérez (2020), acerca de la “*caracterización de habilidades de pensamiento crítico mediadas por la química en contexto en relación con la adsorción de Hg^{2+} sobre $\alpha-Fe_2O_3$ -nano soportadas en matriz biopolimérica*”, el cual presentó una estrategia trabajada con estudiantes en formación de la

UPN, para la eliminación de metales pesados (mercurio) a partir de nanomateriales, propuesta muy enriquecedora puesto que surge de una necesidad en contexto, como lo es la contaminación de fuentes hídricas, dicho proyecto se realizó mediante una secuencia de actividades dirigidas a estudiantes, haciéndolos partícipes e involucrándolos en un tema de interés social, propuesta cuyo enfoque gira en torno a los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) para el año 2030.

Referentes Teóricos

La estructura del sitio web se fundamenta a partir de unos contenidos hallados dentro de los DBA y currículos de educación superior, así como los temas tratados con respecto a los nanomateriales, específicamente con los nanofertilizantes y su relación con el ambiente, presentados bajo una herramienta tecnológica como lo son las páginas web, con las características de un AVA, para articularse con la intencionalidad del EBC teniendo en cuenta la implicación de los ODS.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El concepto de Desarrollo Sostenible surge de la preocupación por enfrentar los desafíos de un mundo cambiante que atraviesa por pobreza, desigualdad, degradación ambiental, problemas de salud, conflictos sociales, entre otros. En 2015, la Organización de las Naciones Unidas estableció 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) los cuales forman parte de la Agenda 2030 (Sandoval, 2012).

Figura 1.

ODS postulados en la agenda 2030 de la ONU (2015).



Tomado de Gámez 2015.

Como lo menciona la Organización de Naciones Unidas, la educación es un derecho esencial que permite ejercer los demás derechos, siendo esta la promotora de autonomía y libertad generando espacios para el desarrollo de una sociedad (ONU, 1948). Lo anterior, marca una pauta importante en el desarrollo del presente documento, la articulación de un ámbito educativo junto con aspectos sociales o ambientales asegura que una sociedad pueda ir hacia el camino del desarrollo de una manera más certera. En el caso de Colombia, los ODS, a los que se aportaría desde este trabajo de grado serían los relacionados con el “Hambre cero” perteneciendo este al segundo objetivo entre los que están en mención, el cual lo define como una meta para alcanzar la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición a nivel mundial y fomentar prácticas de agricultura sostenible (Moran, 2015). Con lo anterior se busca asegurar que todas las personas tengan acceso a alimentos de valor nutricional óptimo, y así generar sistemas alimentarios de manera sostenible en beneficio de la sociedad y del ambiente. Es por esto, que se pretende por medio de cultivos de gusto cultural o empleados cotidianamente en la canasta familiar promover una alimentación saludable y accesible a todas las poblaciones, por medio de estrategias que permitan un fácil acercamiento desde lo económico y su practicidad. Todo lo anterior, se puede resumir en una pregunta ¿Qué puede hacer el ser humano para ayudar?, como forma de responder se puede iniciar con cambios cotidianos (casa, trabajo y comunidad) apoyando el mercado local o agricultores aledaños y seleccionando aquellos alimentos sostenibles, aportando una buena nutrición para todos y al tiempo que lucha contra el desperdicio de alimentos. También, es posible hacer uso del rol como consumidor, exigiendo a los entes políticos que tomen las decisiones y los cambios que harán realidad el hambre cero. Dentro del objetivo, según la ONU, se establecen unas metas puntuales, dentro de ellas, se establece que para el año 2030, con la intención de poner fin al hambre y garantizar el acceso de todas las personas, a una alimentación sana, nutritiva y suficiente en cada instancia de vida para el sujeto. Así como, se espera para la misma fecha, duplicar la productividad agrícola y que los ingresos a los productores en general sea eficiente y justo (Morán, 2015).

Lo anterior se articula al segundo ODS, el objetivo número 15 el cual se enfoca en “Vida de ecosistemas terrestres” el cual busca proteger, restaurar y promover el uso medido y sostenible del entorno ambiental, gestionar adecuadamente recursos ambientales, luchar contra la desertificación, detener y recuperar la degradación de la tierra, así como la afectación en la biodiversidad. Este objetivo guarda gran relación en tanto se mitiga los efectos adversos que ha tenido la agricultura masiva año por año y presenta alternativas más inocuas en salud como en el ambiente. Así mismo, se estipula ciertas metas para lograr con el objetivo, de las más destacables en relación con el eje del presente documento es la siguiente según (Morán, 2023), para el 2030, se busca luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras que han sido afectadas por la sequía, inundaciones y mal uso. Cabe resaltar que este último aspecto es relevante y actúa en sinergia con otros problemas ambientales como lo es la afectación de especies, ya que muchas de ellas han llegado al punto de migración y/o extinción a causa del mal uso de los ecosistemas con fines lucrativos (siembra, tala, fumigaciones, etc.), en congruencia, cada

persona debe poner en plan satisfacer sus necesidades, sin comprometer las futuras generaciones.

Nanotecnología

El término nanotecnología fue utilizado por primera vez por Norio Taniguchi en 1974 por un investigador de la universidad- Tokio. Donde expresó su manejo de las materias primas a una escala nanométrica (Serena y Correia, 2003). Los avances tecnológicos y científicos permiten nuevas aplicaciones en la vida y, por ende, el uso de estas a escalas más pequeñas. Teniendo esto en cuenta, el término “nano” tiene un origen griego lo cual puede significar diminuto o pequeño y en sistema internacional de unidades dicha estala métrica corresponde a 1×10^{-9} .

Ahora bien, con respecto a la nanotecnología, esta se relaciona con la manipulación sobre las múltiples estructuras de la materia con dimensiones en una escala atómica y molecular, surge también como un avance tecnológico-científico, donde sus implicaciones están en varios campos de aplicación, dentro de los cuales se incluyen la genómica, la ingeniería, la agricultura, la ciencia de la computación y la medicina. La nanotecnología brinda alternativas viables algunas asociadas con la agricultura, los cuales se relacionan con un sistema inteligente, además del control en el uso y pérdida del agua y nutrientes (Lira-Saldívar et al., 2018; Zahra et al., 2022)

Nanocompuestos

Los nanocompuestos son materiales formados por dos o más fases en donde al menos una posee alguna de las tres dimensiones en escala nanométrica, esta combinación de matrices puede ser polimérica, cerámica o metálica, con nanopartículas dispersas en su interior. La morfología o estructura de los nanocompuestos depende no solo de la compatibilidad entre las fases orgánicas e inorgánicas, sino también de si método de mezclado y de su dispersión. Dicha disposición del material ha optimizado compuestos convencionales a escala normal, llevándose este un mejor rendimiento, es decir, presentan características superiores como mayor resistencia mecánica, estabilidad térmica, capacidad de liberación controlada y alta reactividad superficial (Puca et al., 2017).

Nanomateriales

Según ISO (2015) un nanomaterial se puede caracterizar por entrar en el sistema de unidades internacional que se comprende entre 1-100 nm, pero esto no abarca el material en su totalidad, sino que el material en objeto, la estructura superficial o interna pueden entrar entre dicha escala. Dado lo anterior, los nanomateriales dependen de sus propiedades físicas, biológicas y químicas de síntesis para ser trabajados a escala real. Dichos cambios ocurren por el tamaño del material es muy pequeño haciendo que interactúe más superficie con el

ambiente. “Haciendo que los electrones se acomoden en diferentes niveles de energía lo que se relaciona directamente con los efectos cuánticos que modifican sus propiedades, eléctricas, ópticas y magnéticas” (Ojeda et al., 2019).

Es por eso por lo que, es necesario entender el concepto de nanomateriales (NM), que se definen como, materiales intencionalmente producidos, con propiedades potencialmente útiles y de un amplio espectro de aplicaciones, los cuales entran en una escala de 10^{-9} metros en el rango de 1 a 100 nm (Lizarazo-Salcedo et al., 2018), de acuerdo con sus características generales se categorizan como nanomateriales suaves o blandos, y duros (Tabla 1.)

Tabla 1.

Cuadro comparativo de las categorías de nanomateriales.

Característica	Nanomateriales suaves	Nanomateriales duros
Origen	Orgánico	Inorgánico
Solubilidad	Soluble	Insolubles
Degradabilidad	Si	No
Perceptibilidad	No	Si

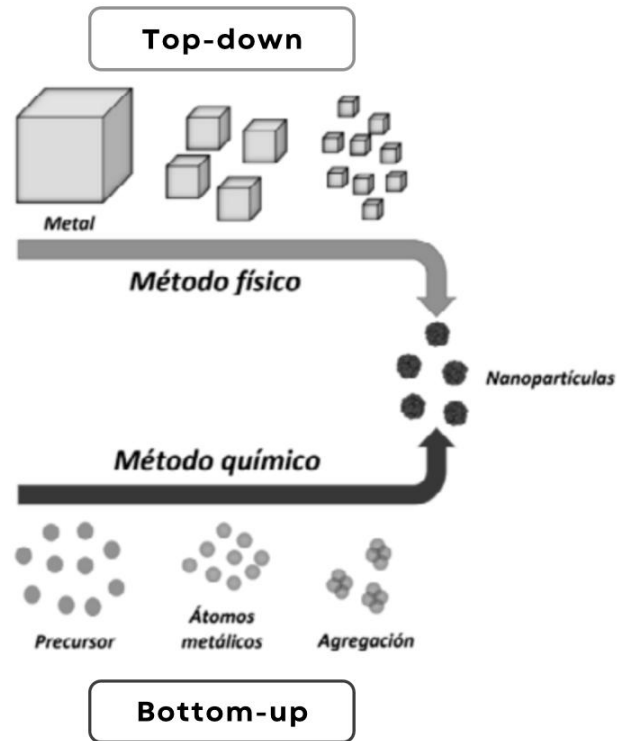
Adaptado de Lizarazo-Salcedo et al., 2018, p. 112.

Síntesis de Nanomateriales

Para la síntesis de nanomateriales se proponen en la literatura dos alternativas: entre ellas el Top-down o de arriba-abajo y el Bottom-up o de abajo-arriba, tal y como se muestra en la figura 2. En el cual, el primero de ellos usa “una pieza grande de material: mediante diferentes métodos como: grabado, molienda para obtener nano estructuras mediante la remoción del material, sin embargo, dicha técnica requiere demasiada energía y generan desperdicios” (Mendoza y Rodríguez, 2007), para el segundo, se refiere a una construcción desde sus componentes hasta la formación del nanomaterial, mediante síntesis química, autoensamble y ensamble posicional.

Según Bernal y Hernández 2024, pueden existir otros métodos de síntesis de nanomateriales que pueden ser químicos y físicos “El primero se enfoca en la división del metal a través de la nucleación ofreciendo ventajas frente al otro método, ya que en el proceso químico se pueden presentar mejores resultados en cuanto al tamaño y reproducibilidad” (p. 69) como se muestra en la figura 2.

Figura 2.
Método de síntesis de nanomateriales metálicos.



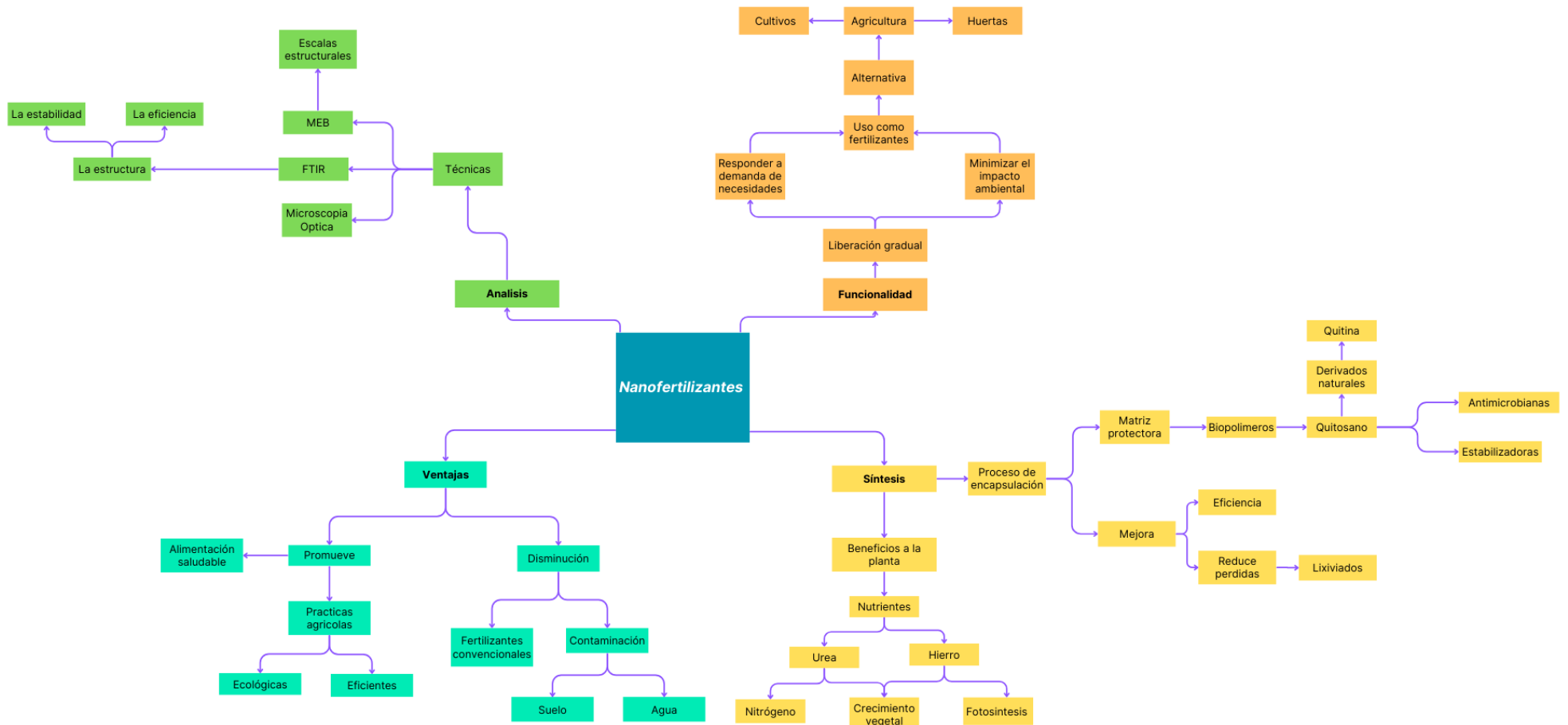
Tomado y adaptado de Bernal y Hernández, 2024.

Nanofertilizantes

El concepto de nanofertilizante (NF) surge, en el contexto agroindustrial y llega a la educación en ciencias como una manera innovadora y de avance generacional, además de una forma de comprender el impacto de la manipulación de diferentes escalas de medida, con el cual, se favorecen muchos procesos industriales, y para este caso los procesos de cultivo; así también, se une el concepto de sostenibilidad ambiental, lo cual busca la notable necesidad de optimizar los procesos que requieren los alimentos, que a futuro puede no llegarse a tener, y la viabilidad en la praxis no solo del ambiente agrícola, sino también abre la puerta para la implementación de manera casera.

De lo anterior se puede presentar un concepto de nanofertilizantes, que bien podría entenderse como un tipo de nanopartículas producidas hacia el uso en la agricultura, o bien fertilizantes de tamaños nanométricos con un comportamiento tipo suministro de nutrientes de manera gradual (Lira-Saldívar et al., 2018). Algunas de las razones de su uso actual, están relacionados con la disminución del uso de fertilizantes inorgánicos, lo cual implicaría la disminución de los efectos poco benignos hacia el medio ambiente, consecuencia de estos a la contribución de la calidad y producción de los alimentos (Ávila y Álvarez, 2024).

Figura 3.
Organizador gráfico conceptos estructurantes.



Fuente: Elaboración propia.

Por ello, el abordaje va entorno a la generación de una mejora en los procesos de penetración en la epidermis de las plantas, además, de contribuir a una dispersión lenta de los nutrientes, donde existe la posibilidad de que se incremente el estrés oxidativo, los efectos citotóxicos y genotóxicos, implicando una exposición alta en las células al NF, por lo mismo se recomienda tener en cuenta el tipo de planta, relacionado con la susceptibilidad del estrés oxidativo (Zahra et al., 2022), de manera que, se aborden los pros y contras al enseñar estos conceptos en contextos aplicados.

Currículo de Ciencias y Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA)

Una vez realizada la búsqueda de la aplicación de este tema de investigación en los derechos básicos de aprendizaje, en la educación en ciencias, en los niveles de básica y media se encuentra dos conceptos apropiados para ser desarrollados: fertilizantes y agricultura desarrollados en la tabla 2; por otra parte, esto se ha evidenciado dentro de los conceptos que se abordan dentro de un currículo en ciencias desde educación básica hasta superior.

Tabla 2.

Revisión de los DBA con implicaciones ambientales.

Grado 9	Grado 10	Grado 11
#2 Comprende que la acidez y basicidad son propiedades químicas de algunas sustancias y las relaciona con su importancia biológica y su uso cotidiano e industrial. 3- explica la función de los ácidos y las bases en procesos propios de los seres vivos (respiración y digestión en el estómago) y de procesos industriales (uso de fertilizantes en la agricultura) y limpieza (jabón).	#4. Comprende que la biotecnología conlleva el uso y manipulación de la información genética a través de distintas técnicas (fertilización asistida, clonación reproductiva y terapéutica, modificación genética, terapias genéticas), y que tienen implicaciones sociales, bioéticas y ambientales 1-Describe distintas técnicas biotecnológicas (fertilización asistida, clonación reproductiva y terapéutica, modificaciones genéticas, terapias genéticas), explicando cómo funcionan y que características generan en los organismos desarrollados.	#5 Analiza cuestiones ambientales actuales, como el calentamiento global, contaminación, tala de bosques y minería, desde una visión sistemática (económico, social, ambiente y cultural).

Tomado y adaptado de: DBA v1- Ciencias naturales. Ministerios de educación.
https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf

Se destaca la importancia de vincular en los currículos de ciencia, los temas de agricultura y fertilizantes, presentados en la tabla, ahora bien, nótese la poca relación con nutrientes en el suelo y como éstos llegan a las plantas; es aquí donde este trabajo toma importancia en establecer esta vinculación y lo crucial de hacerlo de manera ordenada.

Ambiente Virtual de Aprendizaje (AVA)

Abordar el papel de los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) implican en gran medida comprender la internet, como aquella red de información que se encuentra en constante intercambio, dentro de la cual es posible incorporar y acceder a distintos recursos/servicios que se presentan en las bases de datos, enriqueciendo y facilitando distintos procesos, algunos como la comunicación y los aspectos educativos, siendo esto fundamental para el crecimiento exponencial de su uso para la educación, fortalecido desde lo que conocemos como TIC.

De esta manera, uno de los distintos alcances a los cuales las TIC ha permitido acceder y fortalecer, es la educación virtual, que implica la incorporación de las nuevas tecnologías en el aula, como forma de enfrentar y dar respuesta a los cambios generacionales, donde el papel del docente y las distintas herramientas, buscan ampliar los alcances educativos y llegar a más personas comprometidas con los procesos de enseñanza y aprendizaje (Gallego, 2009, p. 115).

Por tanto, como manera de acoplarse a estos cambios surge el termino AVA, para Gallego (2009) los define como “ambientes de formación en un entorno web con disponibilidad 7x24” (p. 116), lo cual implica acceso al mismo ilimitado, disminuyen en gran medida los factores espacio temporales y promoviendo el trabajo individual. Desde otra perspectiva los AVA son considerados como, un espacio que además de tener cierto grado de interactividad para facilitar los procesos de formación, entre sus objetivos esta “ofrecer información con un fin educativo”(Aristizábal y Flórez, 2019, p.34), lo cual es importante resaltar, ya que es relevante conservar su carácter comunicativo y dinámico.

En cuanto a lo anterior, algunos rasgos relevantes que tienen los AVA son: su capacidad de ser un herramienta multifuncional, flexible y útil frente a distintitos tipos de abordaje docente, donde cumple como sistema de apoyo (Flores y Bravo, 2012, p. 6), así mismo, su potencial para promover y complementar el desarrollo de competencias y trabajo individual con los estudiantes, ya que su propósito va dirigido a la apropiación de las temáticas, a través de recursos como material bibliográfico, talleres, actividades, quiz y retos; de la misma forma, el docente puede integrarlo en su preparación de clases, incorporando la información y estrategias que allí se presentan, con el fin manejar las temáticas de la manera pertinente,

realizando los ajustes necesarios para presentar a la población de acuerdo con sus contextos (Pirilla Granados, 2018, p. 48).

Es así como, estos aspectos que el docente puede leer, visualizar, interactuar e incluso incorporar dentro de sus secciones de clase, son necesarios contemplarlos para la construcción de la página web, donde además es imperativo mencionar y resaltar lo que hace pertinente estructurar esta como secuencia educativa para docentes en búsqueda de que esta será la población que consuma nuestro recurso.

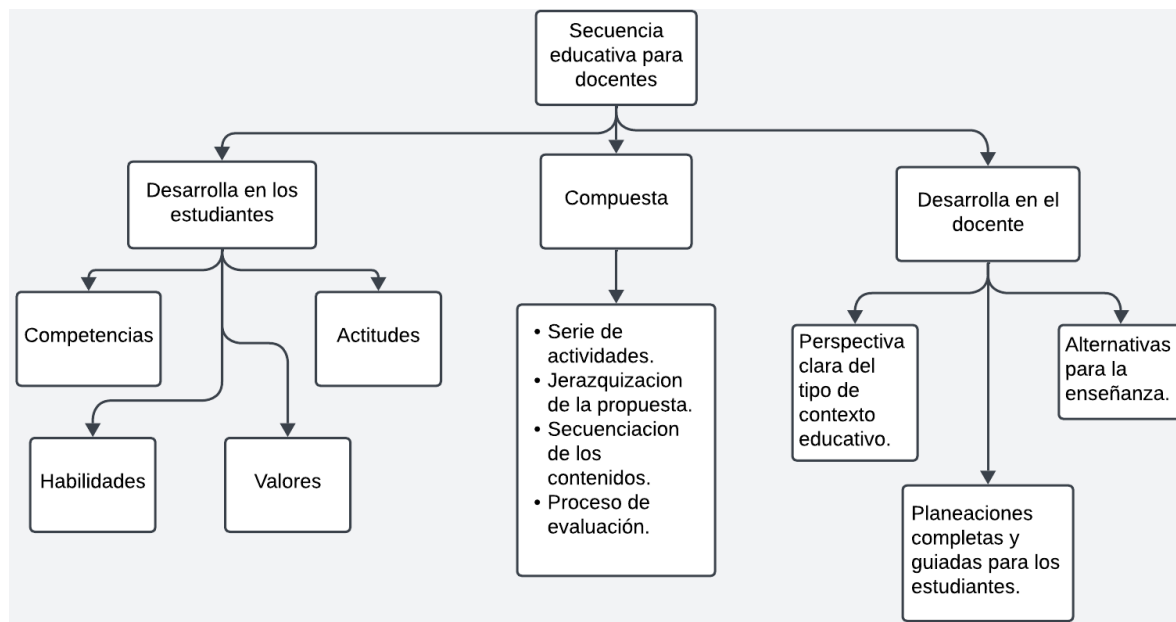
Secuencia Educativa para Docentes

Un acercamiento a las secuencias educativas, es considerarla como un recurso que se diseña con el fin de facilitar al docente su labor, donde se analiza los contextos educativos en los que los alumnos se desenvuelven y en los cuales se favorezca su aprendizaje (Serena, 2014, p. 19), es así como, se debe precisar que dichos recursos poseen algunos fines, de modo que apoya al docente en como imparte sus clases, y la forma de disposición u organización planteada, influyendo en la manera de como aprenden los alumnos, por lo tanto, la secuencia educativa orientada hacia al docente, mantiene el componente esencial de una herramienta pedagógica, la cual tiene un orden y una serie de actividades propuestas, cuyo ritmo de implementación parte del docente, siempre y cuando las competencia de estudio se mantengan y el fin de dicha implementación (Gonzales Barajas et al., 2010; Albarracín Tobar, 2022).

Por tal razón la figura 4, permite notar los aspectos de mayor relevancia dentro de la estructuración de la secuencia educativa, donde se percibe el tipo de desarrollo que se busca con los estudiantes, cuáles son las características que componen este tipo de secuencia, además de como esto favorece en el desarrollo docente y sus procesos como formador. De manera que luego de conocer las características generales de este tipo de secuencias educativas diseñadas para docentes es necesario abordar las características generales de las metodologías activas y el enfoque por enseñanza basada en competencias, ya que es el referente que alinearé de manera progresiva y lógica la página web.

Figura 4.

Caracteres de las secuencias educativa para docentes.



Fuente: Elaboración propia.

Enseñanza Basada en Competencias (EBC)

Previamente a precisar en el concepto de EBC, es necesario mencionar las características a las que responden las metodologías activas puesto que dicho modelo entra en el espectro de estas; es así como, una forma de entender la metodología activas está en la relación de técnicas o estrategias que permite a los estudiantes integrar el conocimiento y la aplicación (Puga y Jaramillo, 2015), otro abordaje es el de Asunción (2019) donde las describe como métodos, técnicas, y estrategias que buscan la participación del estudiante dirigido a su propio aprendizaje (p. 4), de tal forma, es que se puede entender hacia el desarrollo de habilidades extraídas de la apropiación de los conceptos.

Por otro lado, algunas características que sobresalen de esta metodología es el trabajo conjunto y colaborativo de los actores implicados, como lo son el docente, alumno y su entorno, lo cual deriva en una situación de cooperación en las aulas, además de desarrollo de competencias (específicas y transversales) y habilidades sociales (Escarbajal y Martínez, 2023), así mismo, complementa Bernal y Martínez (2009) con algunas características de aprendizaje tales como Sociabilidad del aprendizaje e Interactividad del aprendizaje, visto como la capacidad de interactuar con otros y la implicación de nuevas tecnologías para romper las barreras que se pueden generar (p. 103).

De ahí que, los aspectos más relevantes y significativos los menciona Asunción (2019): 1) El estudiante es el centro de aprendizaje, 2) Aprendizaje constructivo, 3) Trabajo en equipo, 4)

Visión compleja de la realidad, 5) Educación más sensible y humana, 6) Integración de las TICs, y 7) Pensamiento crítico (p. 4).

Lo anterior mencionado, son de los aspectos que inspiran y se tienen en las consideraciones de los modelos o metodologías que se desglosan de esta, y se conservan algunas de estas menciones, así pues, es momento de ampliar en el modelo de enseñanza basada en competencias, donde en primero lugar es necesario describir el concepto de competencia en el ámbito académico, donde una descripción es el conjunto de "...acciones que el alumno deberá ser capaz de efectuar después del aprendizaje..." (Corominas et al., 2006), por otro lado, se puede considera como comportamientos y habilidades que se logran llevar a cabo en situaciones reales que exige la implementación del conocimiento (García, 2011, p. 4).

Con respecto a lo anterior, una descripción apropiada sobre la EBC está entorno a destacar el carácter aplicativo de los aprendizajes que los sujetos adquieren, desde un abordaje aplicado, que es capaz de brindar sentido al aprendizaje mismo (Gairín, 2011), donde se potencien las capacidades individuales, la integración del conocimiento disciplinar, habilidades en general y la comunicación asertiva, retando a los alumnos y docentes a estimular la creatividad, innovación y potencialidad que estos tienen (García, 2011).

Dicho de otra manera, primero se debe realizar un proceso de aprendizaje y luego la verificación de este con respecto a su implementación; donde es necesario mencionar que tal y como lo destaca Cepeda (2004) se requiere de varias fases, que dentro de la figura 5 se describen, para enriquecer, organizar y ayudar en el proceso de desarrollar efectivamente las competencias; lo cual se refleja dentro de este trabajo, como forma organizada y alterna de guiar un sitio web para docentes, que funcione como secuencia educativa para el manejo de temáticas alejadas dentro de los currículos de ciencia que giran a incentivar el estudio de los conceptos entorno a los nanofertilizantes como una nueva alternativa y con un alineación diferente.

Figura 5.
Fases de la Enseñanza basada en competencias.



Tomado y adaptado de Cepeda 2004.

ATLAS.ti.

Las prácticas investigativas, bajo en contexto de la formación de pregrado, se observa cierta confusión respecto del sentido que puede tener el análisis de datos cualitativos. Es por esto, que muchos investigadores más conservadores poseen una postura reticente al uso de programas para el trabajo interpretativo, como algo más artesanal, algo inherente a la persona y no a la máquina. De allí, parte la idea de que existen tres tipos de analistas cualitativos, primero los que prefieren trabajar todo de manera artesanal con resaltadores, fichas, etc. Mientras, que los segundos optan por programas de cómputo como Excel y, por último, aquellos que prefieren el uso de programas específicos para el análisis de datos como ATLAS.ti. (Cisneros, 2003).

La incorporación de herramientas computacionales, como ATLAS.ti. ha transformado el proceso de analizar cualitativamente, ofreciendo nuevas posibilidades para la organización y análisis de la información. Sin embargo, el uso de estas herramientas requiere no solo habilidades técnicas, sino también una postura epistemológica clara y actitud reflexiva por

parte del investigador. De lo anterior, se puede definir ATLAS.ti. como “Software de análisis cualitativo asistido por computadora (CAQDAS) que facilita la organización, codificación y visualización de datos, permitiendo al investigador manejar grandes volúmenes de información de manera estructurada” (Varguillas, 2006, p. 79). Además, permite trabajar con información no estructurada como entrevistas, notas de campo, documentos, imágenes, videos, audios, entre otros. Posee una interfaz amigable y herramientas de análisis que permiten al investigador construir redes conceptuales que representan relaciones entre varios aspectos que se desee analizar, Ahora bien, el uso de este software en el análisis cualitativo no sustituye la labor interpretativa del investigador; más bien, actúa como una herramienta que potencia su capacidad analítica. La efectividad de esta herramienta depende de la creatividad del investigador y de su postura epistemológica, que guían la selección de categorías, la codificación de datos y la interpretación de los hallazgos (Muñoz, 1999).

Metodología

La presente investigación se desarrolló en el grupo de investigación Didáctica y sus Ciencias, del departamento de química de la Universidad Pedagógica Nacional, en la línea de investigación Incorporación de la Educación Ambiental al Currículo de Ciencias.

Tipo de Investigación

Considerando los aspectos que se contemplan dentro del análisis y revisión teórica se diseña partiendo de investigación de naturaleza mixta de diseño de triangulación concurrente (DITRIAC) (Hernández Sampieri, 2018), ya que este diseño permite combinar diferentes métodos de recolección de información fundamentada en el contraste de hallazgos, desde la categorización de la población subdividida en los niveles de abordaje (recomendaciones).

Muestra Objeto de Estudio

La población a la que está dirigida esta página web se conforma por profesores de ciencias en instituciones educativas de nivel básico, medio y docentes de educación superior, con título de licenciados, magister y/o doctores, de nivel nacional Colombia e internacional como Brasil y Honduras; estos profesionales serán los encargados de evaluar el AVA como la estrategia didáctica utilizada, considerando aspectos como la claridad, estructura y utilidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje. La selección de esta población es conforme a su diversa experiencia en educación científica y su interés por nuevas alternativas en el aula, lo que permitirá tener una opinión diversa sobre el recurso.

Fases de la Investigación

Fase 1: Conceptualización y Construcción del Material.

Para el desarrollo del presente trabajo de grado, en primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica bajo los conceptos de NF, aplicado en la agricultura, con énfasis en la síntesis y encapsulación de este, con esto en cuenta la revisión bibliográfica tuvo 2 enfoques: académico y disciplinar; de este modo, se identificó para el primer enfoque respectivamente, la necesidad de incorporar una estrategia desde los temas relacionados con la aplicación de la nanotecnología y la innovación agrícola, en los currículos de áreas como la biología, química y ciencias ambientales. Con el fin de potenciar el uso de los nanofertilizantes como alternativa para mejorar la eficiencia de los cultivos, reducir el impacto ambiental y fomentar una agricultura sostenible, la inclusión de estos conceptos en el currículo en ciencia contribuirá en la formación de los futuros ciudadanos capaces de afrontar y comprender los desafíos actuales en las áreas de manejo de suelos y nutrición mediante el uso de nuevas tecnologías. Mediante esta información se diseñó una página web, a partir de las características de un AVA, bajo un contenido de conceptos estructurantes relacionados con el tema, partiendo de lo general a lo particular: cultivo, huerta, fertilizante, nanotecnología, nanofertilizantes y encapsulación, articulado desde una metodología activa situada en el enfoque de enseñanza basada en competencias; la página web incluyó recursos interactivos tales como videos, juegos inmersivos, laboratorios y simulaciones virtuales, así mismo, materiales didácticos como guías, planeaciones, materiales de apoyo, presentaciones interactivas, infografías, lecturas de apoyo y casos de estudio.

Diseño Página Web

Para la construcción de la página web se hizo uso de la plataforma Wix, donde visualmente usa una estética limpia, amigable y funcional, con un menú principal que permite acceder rápidamente a los distintos contenidos. Además, se adaptó para distintos dispositivos (computador, tablet o celular), con el objetivo de ampliar su accesibilidad.

El desarrollo del sitio estuvo analizado con las fases del enfoque basado en competencias, teniendo en cuenta aspectos como las necesidades, que tipo de competencia se desea desarrollar, el componente conceptual, metodológico y humano a integrar, la forma de evaluar con sus respectivas consideraciones, para finalmente, evaluar potencial que tuvo el desarrollo de las competencias (Cepeda, 2004), en definitiva, permitiendo que los docentes no solo accedan a la información, sino que también puedan transferir e integrar ese conocimiento a sus propias practicas pedagógicas.

De acuerdo con lo anterior, se realiza una breve descripción del contenido de las distintas pestañas que componen el sitio web, al cual se puede acceder mediante el anexo A:

Cultivos y alimentación saludable

En esta pestaña, se hace una descripción breve de los conceptos entorno a lo que es el cultivo, su clasificaciones y tipología, donde puede evaluar la clasificación desde un quiz, preguntas

abiertas y algunos datos relevantes formuladas dentro de las diapositivas realizadas, además de juegos inmersivos que tratan aspectos generales de las plantas y su cuidado. Finalmente, se proponen algunas películas con su respectivo taller de seguimiento para incorporar la temática de alimentación saludable, orgánica y los cultivos, de manera que, se inicia la incorporación de estos conceptos y se llevan a su práctica desde distintas propuestas de textos, recomendaciones de alimentación equilibradas (Plato Harvard) y laboratorios. Lo anterior, busca como finalidad integrar la relación entre alimentación saludable y cultivo, cuando se trabaja en una plataforma en línea y como se reflexiona esto con el impacto ambiental y nutricional con las elecciones alimentarias de cada uno.

Huertas

Dentro de esta pestaña, se procura fomentar el aprendizaje teórico-práctico sobre las huertas, su manejo y creación, teniendo en cuenta el cuidado de las plantas adaptado a diferentes entornos y necesidades mediadas por una plataforma digital interactiva, de esta manera, se integra breves descripciones conceptuales sobre lo que es una huerta y sobre los factores que influyen a estas tales como pisos térmicos, tipos de suelo y su caracterización, agua y su calidad, y control de plagas, incorporando juegos, textos y talleres que se relacionan y buscan acercar al alumno con las relaciones entre los conceptos, para finalizar, se realizaron unas diapositivas con sus propuestas de construcción y diseño de huertas verticales, las cuales pueden ser propuestas como proyecto final.

Fertilizantes

El desarrollo de la pestaña de fertilizantes, se presenta una secuencia temática que se estructura de la siguiente manera: primero, se ofrece una descripción del término junto con los tipos de fertilizantes y ejemplos específicos. Luego, se abordan los componentes esenciales, diferenciando entre los micronutrientes y macronutrientes, posterior a esto, se incluye ejemplos de fertilizantes caseros y así mismo, se diseñó una presentación como material de apoyo para docentes, donde se incluyen actividades como: predecir el secreto de los fertilizantes mediante preguntas orientadoras, diagnosticar las plantas por unas situaciones problemas, bitácora de nutrientes, juegos como: escaleras y nutrientes como material de apoyo. Finalmente, se incluyen los procesos por los cuales los nutrientes llegan a la planta y un laboratorio para ser aplicado. Las actividades propuestas se presentan al profesor por medio de una planeación cuya competencia a desarrollar es analizar la importancia de los fertilizantes en la agricultura mediante su composición química, su impacto en el suelo y en el medio ambiente.

Nanotecnología

El desarrollo de la pestaña de nanotecnología, se presenta una descripción del significado del término junto con ejemplos en contexto, una actividad experimental aplicable, luego su contexto de aplicación con actividades como: explorar nanoactividades y una guía de laboratorio con guardianes invisibles. Posterior a ello, se aborda la ubicación y relevancia del

concepto. para finalizar con las escalas nanométricas, acompañadas de imágenes acordes con cada temática se introduce la nanoescala como unidad de medida donde se proponen actividades y la implementación de un laboratorio virtual MEB. Además, de incluir una serie de laboratorios y actividades que el maestro podrá utilizar o adaptar segundo su contexto y aplicación. Dichas actividades se presentan al docente por medio de una planeación de pestaña donde se tiene en cuenta la metodología de enseñanza basada en competencias, donde el profesor puede utilizar o adaptar el contenido de la página web según su contexto y niveles de aplicación.

Nanofertilizantes

Para la construcción de esta pestaña, se diseñaron y organizaron diversas actividades pedagógicas, con el fin de desarrollar la comprensión de la importancia de los nanofertilizantes en la agricultura moderna, su aplicación, beneficios y diferencias con respecto a los fertilizantes convencionales, promoviendo el pensamiento crítico y la resolución de problemas en contexto. Al ingresar, se encuentra una definición introductoria del término, y mediante un botón los usuarios son dirigidos a un portal externo “Hablemos de campo”, específicamente en la sección de agricultura moderna, donde pueden acceder a información ampliada sobre beneficios, usos, entre otros aspectos. La sección incluir ejemplos de tipos de nano fertilizantes, clasificados según su composición y el nutriente encapsulado. Además, se integra un video explicativo sobre el papel de la nanotecnología en la agricultura y una presentación interactiva que expone sus ventajas, permitiendo una navegación dinámica. También se incorpora un video titulado “En contraste”, que compara el uso de nano fertilizantes con fertilizantes tradicionales en contextos reales de cultivo. Para fomentar la apropiación del contenido se proponen actividades interactivas, entre ellas una app tipo scape room protagonizada por “Kitty cuántica”, un diario de campo para registrar el crecimiento de cultivos, una propuesta experimental para comparar diferentes formas de fertilizantes y una lectura crítica que invita a reflexionar sobre problemáticas reales y posibles soluciones.

Encapsulación

En esta etapa dedicada a la encapsulación, se introdujo el concepto desde el contexto de los NF, se estructuro bajo las competencias de comprender el papel de la encapsulación en el contexto de los NF, su aplicación, beneficios y diferencias con respecto a otros métodos, promoviendo habilidades como la observación, el análisis, creatividad, investigación, entre otras, abordado desde el entorno en el que se encuentra el estudiante. Para su desarrollo, se introdujo una breve descripción del concepto. Luego, se organizó el contenido de manera secuencial e interactiva, incluyendo explicaciones claras sobre la importancia del proceso, curiosidades como el uso del quitosano proveniente de residuos de crustáceos y una lista de materiales curiosamente utilizados para encapsular, como polímeros y lípidos. También, se incorporó un video sobre el uso del quitosano como agente natural contra plagas y se mostraron imágenes microscópicas del resultado a nivel del material. Finalmente, se

propusieron tres actividades: Una práctica casera con gelatina, una síntesis guiada en laboratorio y una experiencia de cocina molecular, todas pensadas para facilitar la comprensión de la encapsulación de forma accesible y didáctica.

Experimentos

Esta pestaña está pensada bajo la competencia de diseñar y desarrollar prácticas experimentales contextualizadas que promuevan la comprensión de fenómenos fisicoquímicos y biotecnológicos, aplicados a la sostenibilidad y la innovación educativa. Con base en esto, se pensó “Experimentos, como una estrategia práctica para docentes, en la que recopilan actividades experimentales alineada con las temáticas abordadas en las distintas pestañas del sitio. Esta sección permite reforzar conceptos clase y facilitar la conexión entre la teoría y la práctica a través de actividades accesibles y contextualizadas. Dentro de esto, se incluye la determinación de pH en suelos hasta la caracterización de estos, pasando por actividades que vinculan la cocina en el aprendizaje de nutrientes. También se exploran experimentos sobre la absorción foliar de NF, la encapsulación de aceites esenciales y el uso de simuladores como el “MEB”. Por último, se integran propuestas como la del “detective de las plantas” el análisis del crecimiento radicular, la simulación del efecto de bloqueadores solares y el impacto de nanopartículas sobre protozoos. Todas estas actividades fueron diseñadas para promover el pensamiento crítico, la indagación y la creatividad en contextos educativos reales.

Propuesta experimental

Esta pestaña tiene como objetivo compartir las actividades experimentales y los resultados obtenidos para la síntesis de un nanofertilizante en una matriz biopolimérica (quitosano) con aplicaciones en sector agrícola y la caracterización de este mediante pruebas como los son el FTIR, la estabilidad en el mejor medio ácido, alcalino o neutro, la determinación de amonio por colorimetría amarilla con el reactivo Nessler y método Kjeldahl, la determinación de hierro por colorimetría naranja 1,10-fenantrolina, además, de leer en UV-VIS para aproximar las concentraciones por curvas de calibración en concentraciones entre 0 y 8 ppm. El análisis del material mediante microscopio óptico antes y después del proceso de secado y mediante el microscopio SEM. Para finalizar se le realizó unas pruebas microbiológicas como antibiosis en caldo nutritivo con E-colí.

Material para docentes

Esta pestaña busca facilitar al docente el proceso de desarrollar y crear una planeación de clase. La primera sección, está compuesta por una descripción breve de la pestaña, luego se encontrará un material diseñado con inteligencia artificial con el fin de ser entregado como reconocimiento o logro luego de cumplir satisfactoriamente con cada una de las pestañas y finalmente, se encontrarán las distintas planeaciones por cada una de las pestañas diseñadas en formato Word con el fin de permitir la descarga y modificación que considere pertinente cada uno de los docentes. La estructura de las planeaciones cuenta con su título, nota

informativa, objetivo y una tabla con división entorno a las secciones, competencia a desarrollar o habilidad, tema, recursos, tiempo empleado y forma de evaluación.

Para el enfoque disciplinar, se hizo un análisis de la literatura en el cual se evaluaron los metales con propiedades relevantes para el desarrollo vegetal como zinc, cobre, hierro, magnesio y manganeso; considerando factores como disponibilidad, aporte nutricional, comportamiento en los suelos de uso agrícola. Tras el análisis comparativo, el hierro fue seleccionado como metal principal para la síntesis del nanomaterial, por su papel en procesos de fotosíntesis, síntesis de clorofila y respiración celular, además, el déficit de hierro se presenta con frecuencia en los suelos con alto pH (Seipasa, 2021).

Durante, el proceso de síntesis se consideraron dos agentes encapsulantes naturales. Entre ellos, el quitosano y alginato de sodio fueron evaluados bajo el criterio de disponibilidad, propiedades fisicoquímicas y beneficios potenciales la distribución de los nutrientes. Sin embargo, se tomó el quitosano como material encapsulante principalmente por la disponibilidad del material proporcionado por el codirector de este trabajo, obtenido bajo el proceso de desacetilación de las cascara del camarón. En cuanto a sus propiedades, el quitosano presenta propiedades bioactivas que benefician directamente a las plantas, promueve una mayor resistencia a las plagas y enfermedades, además de estimular el crecimiento vegetal (Ayala, 2015), por tanto, tiene actividad antimicrobiana y bio estimulante (León y Santiago). Finalmente, la incorporación de la urea fue contemplada durante la síntesis del material debido a su aporte nutricional, en términos de alto contenido de nitrógeno y potenciación de asimilación y distribución en la planta, además por ser agente reductor o estabilizante en procesos de síntesis de nanopartículas evitando su aglomeración que es factor recomendado por la literatura para obtener la escala nano (Morales et al., 2019).

Método de Síntesis NF

El presente proceso de síntesis de NF se llevó a cabo mediante una metodología de síntesis química, con una alternativa de Bottom-up o de abajo-arriba desde la construcción desde sus componentes hasta la formación de nanomateriales. En una serie de pasos descritos a continuación: partiendo de una base de quitosano el cual es un biopolímero natural ampliamente utilizado por sus propiedades funcionales. Inicialmente, se preparó en una solución acida en la cual se disolvió esta, manteniéndose bajo agitación constante. Posteriormente, se incorporaron agentes nitrogenados como la Urea, finalizado este procedimiento se realizó la encapsulación mediante goteo con polifosfato de sodio, se realiza ajuste de pH y se expone a solución de hierro, la cual permitió la formación inicial del material deseado. Una vez culminado el paso anterior, se realizó un filtrado para obtener el sólido, disponiéndolo en un molde adaptado para horno llevándose a secado, con la incorporación de agentes desecantes para conservar sus propiedades. Finalmente, el material fue almacenado adecuadamente bajo condiciones óptimas, que permitió el proceso de análisis y caracterización posterior.

Fase 2: Caracterización y validación.

Técnicas de análisis

En este punto, se realizó la caracterización del NF mediante técnicas analíticas para evaluar sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, tales como:

Microscopia óptica

Para esta prueba, se empleó un microscopio óptico con los aumentos de 10 y 20, con el fin de observar la morfología general de la materia que se obtuvo antes y posterior al proceso de secado de esta. Algunas consideraciones para tener en cuenta es que el material no fue sometido a ninguna sustancia diferente a agua para su visualización en el equipo bajo los objetivos de 10 y 20.

Microscopia electrónica de barrido (MEB)

El material fue colocado sobre un pin de STUB, recubierto con cinta doble faz y una laminilla lo cual dejó plano el material, se sacudió bien. Posterior a ello se realizó un recubrimiento de oro utilizando el equipo Cressington Sputter 108carbon/A y una máquina de vacío con el objetivo de no cambiar ninguna propiedad y evitar el aumento de las temperaturas alcanzadas por el equipo. Ahora si se procede a leer en el equipo NeoScope JCM-5000, cuyo equipo trabaja al vacío y se protege el electrodo de tungsteno que era el encargado de pasar el haz de luz por la muestra, durante el proceso también se leyeron dos controles diferentes que fue el carbón activado y zeolita que fueron recubiertos para ser observados en el equipo. Esta técnica empleada lo que permite es determinar si con el método de encapsulación empleado, se tiene un nanomaterial proporcionándole las propiedades conductoras para ser observadas a escalas de diferentes potenciales eléctricos.

Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Se utilizó esta técnica para analizar los grupos funcionales presentes en el material, con el equipo IRAffinity-1S de Shimadzu y su respectivo software. Es así como la muestra se analizó en el espectrofotómetro, este material previamente se dispuso en mortero de ágata para reducir el tamaño de la partícula, donde el rango de onda trabajado fue determinado por barrido, para finalmente analizar las bandas características presentes y contrastarlas con lo esperado en la composición de la muestra.

Espectroscopia de absorción ultravioleta visible (U-vis)

Esta técnica se utiliza para cuantificar la concentración de hierro dentro la muestra utilizando el equipo UV-1800 de la marca Shimadzu, por lo tanto, como prueba preliminar se emplea el método de 1,10-fenantrolina de manera cuantitativa y cualitativa, donde se analizó el medio

optimo de liberación controlada de hierro, utilizando tres medidas de pH diferentes tales como ácido, neutro y básico, respectivamente para el presente estudio se usaron ácido clorhídrico (HCl), agua e hidróxido de sodio (NaOH).

Como consecuencia a esta prueba, se determina la concentración de hierro con respecto al tiempo de forma cuantitativa. Para esto, la muestra se mantuvo en agitación, donde se consideró algunos intervalos de tiempo: realizando la extracción de dos mililitros y luego de agregar los reactivos se llevó a cincuenta mililitros este proceso se realizó cada hora hasta obtener diez muestras que fueron llevadas al análisis en el equipo; como forma de comprobar la presencia del metal en un tiempo más prolongado (días) se volvió a realizar el estudio de manera cualitativa al cabo de ocho, quince y treinta días.

Determinación de iones amonio por reactivo Nessler

Esta práctica fue utilizada como método colorimétrico para determinar la concentración de iones amonio en el material sintetizado, de acuerdo con esto, se realiza un estudio por periodos de 6 y 10 horas de análisis, además, de un intervalo más amplio correspondiente a ocho, quince y treinta días, para ello se tomaron 2 mililitro de muestra para cada estudio, aforando en balón de cincuenta mililitros.

Método Kjeldahl

Esta práctica experimental se realiza mediante el aparato de digestión clásico, combinado con el sistema de destilación por arrastre de vapor VAPODEST 20 de la marca C. Gerhardt, para la práctica se trabajó con un gramo de muestra, y se realiza la titulación correspondiente para determinar el contenido de nitrógeno total en el material. Este método se realizó pasando por sus tres etapas: digestión, destilación y titulación.

Análisis microbiológico- E-coli en caldo nutritivo.

Se realiza un análisis microbiológico para evaluar la actividad microbiana del material frente a bacterias. Se sembró un cultivo E-coli en caldo nutritivo, al cual se adiciono una porción de material, el sistema se incubo a 37 °C por una semana y posteriormente se contrasto el crecimiento microbiano visualmente (turbidez), frente a otras dos muestras, una que contiene caldo nutritivo y E-coli, y otra con solo caldo nutritivo.

Validación de página web

En la medida en que se avanzaba en la parta experimental se estructuró la página web, que fue sometida a un proceso de validación con 27 docentes de ciencias con el título de licenciados, magísteres y/o doctores, nacionales e internacionales, quienes evaluaron

criterios como diseño, creatividad, aplicabilidad y pertinencia. De este modo, la selección como evaluadores fue mediante la disponibilidad de tiempo, la diversidad de experiencia docente y los diversos contextos. El proceso de validación se hizo mediante vía correo en el cual se adjunta el link de la página web, el formato de validación y el manual de la página web para docentes, con la finalidad de proporcionar un instructivo que explique la organización dentro de la página web, teniendo en cuenta sus pestañas y el contenido de cada una, abordándolas de forma detallada e incorporando la forma de acceder a la información allí presente; en cuanto al formato de validación, se estructuró a partir de quince preguntas bajo escala Likert (Likert, 1932) y cuatro de respuesta abiertas; en las cuales se incluyeron sugerencias de mejora y nivel de aplicación al sitio web.

Con respecto al formato de validación, se diseñó bajo 3 categorías, las cuales son uso, diseño y EBC; estas responden a la metodología DITRIAC para el análisis de los datos que se presentan. Considerando esto, se definen 19 preguntas en la Tabla 3, las cuales se estructuran a partir de cada categoría definida a continuación:

Uso: Para esta categoría se consideran aspectos como pertinencia, niveles de escolaridad, adaptabilidad, alcances, contexto, temática y accesibilidad. Las preguntas que cumplen estos caracteres son 6, 10, 14, 15, 16 y 18

Diseño: Dentro de diseño se contemplan criterios como coherencia, recursos, contenido, cohesión, relevancia, innovación y percepción. Se diseñaron las siguientes preguntas 1, 3, 4, 5, 8, 11 y 13, 17 y 19 con base en lo mencionado anteriormente.

EBC: Para registrar la pertinencia de dicha metodología y sus respectivas características se tuvo en cuenta lo siguientes componentes como competencia, conocimiento, congruencia, evaluación y propósito. Y así mismo, se tomaron estos criterios para las preguntas 2, 7, 9, 12 y 17.

La definición para cada uno de los criterios considerados se menciona en la Tabla 4.

Nota: La pregunta 17 de respuesta abierta, es integrada dentro dos categorías porque busca contrastar el diseño y enfoque didáctico.

Tabla 3.
Preguntas del formato de validación

N °	Pregunta
1	La página web presenta información coherente y bien estructurada.
2	Los conceptos y recursos de la página web están acorde con los objetivos de aprendizaje.
3	Las secciones “pestañas” de la página se ajustan a los contenidos encontrados en la misma.

4	El orden presentado de los conceptos estructurantes, generales a los particulares, facilita la comprensión de los temas tratados.
5	La información que se encuentra inmersa en la página web presenta coherencia y cohesión adecuada para comprensión de esta.
6	El contenido en la página web es variado, dinámico y acorde con los contenidos que se presentan.
7	Los temas presentados en la página web ayudan a mejorar el enfoque de la enseñanza de los ODS en el aula.
8	La información de la página web está actualizada y es relevante para los estudiantes y profesores.
9	El diseño de la página web es adecuado para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes.
10	Todos los recursos y actividades, de la página web, son de fácil acceso desde cualquier equipo.
11	La información presentada en la página web es clara y fácil de seguir.
12	La página web ofrece recursos interactivos que mejoran la experiencia de aprendizaje.
13	La página web tiene un diseño atractivo y funcional para los estudiantes y los docentes.
14	El uso de la página web podría mejorar la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones prácticas.
15	El contenido de la página web es accesible para estudiantes de diferentes niveles de escolaridad.
16	¿Implementaría este sitio web con sus estudiantes? Si/no ¿Con que grado?
17	¿Considera que el contenido sobre nanofertilizantes es un tema abstracto en la ciencia, se presenta de manera práctica y aplicable para facilitar la enseñanza y comprensión por parte de los estudiantes?
18	¿Es posible establecer la articulación de los nanofertilizantes con un contenido académico trabajado desde el contexto del estudiante?
19	¿Tiene alguna recomendación para ajustar el sitio web?

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.

Definiciones para cada uno de los criterios de análisis.

Categoría	Criterios	Definiciones
USO	Pertinencia	Cumple con el fin académico.
	Niveles de escolaridad	En qué cursos se pretende utilizar o bajo que aspecto educativo.
	Adaptabilidad	Tiene la capacidad de ser flexible para ser implementado.
	Alcance	Hasta dónde abarca su implementación.

	Contexto	Aborda temáticas de interés y se relacionan con el entorno de los estudiantes.
	Temática	Materias o temáticas donde se implementaría.
	Accesibilidad	Capacidad de ser usado sin restricción tecnológica.
DISEÑO	Coherencia	La estructura tiene un fin claro.
	Recursos	Materiales, simuladores, videos, etc.
	Contenido	La estructura e información es adecuada.
	Cohesión	La relación que existe entre módulos o pestañas
	Relevancia	La finalidad del diseño como herramienta.
	Innovación	Destaca por los recursos llamativos y actuales
	Percepción	Visión que se tiene del instrumento.
EBC	Competencia	Finalidad a desarrollar una capacidad.
	Conocimiento	Impacto en el estudiante o intereses del docente.
	Congruencia	Tiene un objeto de enseñanza.
	Evaluación	Forma de comprobar el desarrollo del estudiante.
	Propósito	Como impacta al docente

Fuente: Elaboración propia.

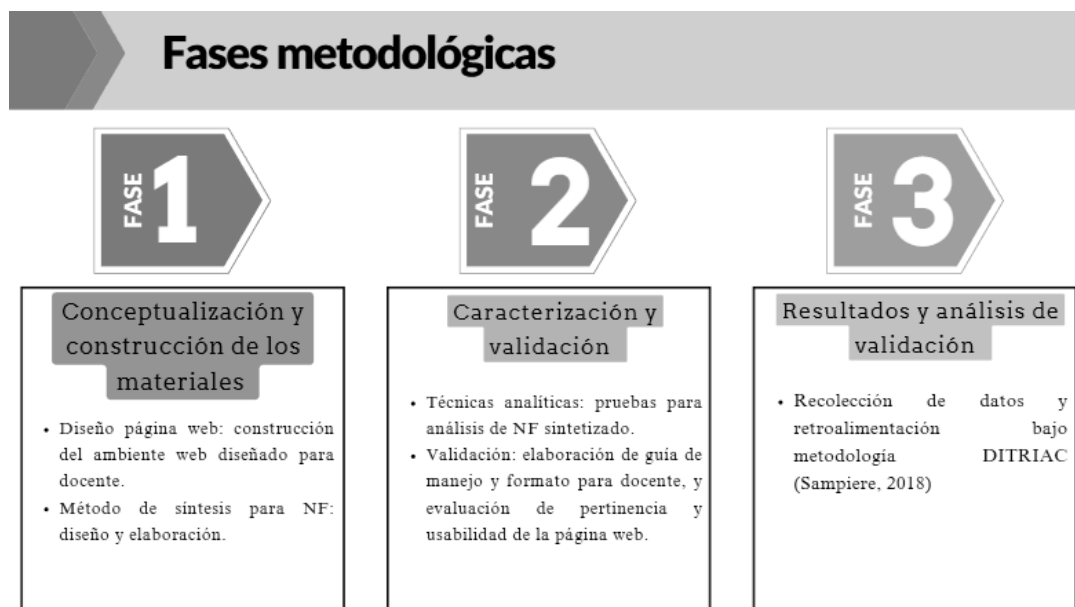
Fase 3: Comparativo teórico y resultados.

Para esta fase, se analizaron los resultados obtenidos de la caracterización del NF, contrastando estos con la revisión teórica previa, con el fin de definir las propiedades obtenidas del material, tales como la escala de medida, sus propiedades de distribución, la morfología del material y comportamiento microbiológico.

A su vez, se procesaron los resultados de la validación docente para determinar la pertinencia y viabilidad como estrategia educativa. Para esto se consideró tal y como se menciona en el referente teórico el software ATLAS.ti., como herramienta de análisis cualitativo específicamente para incorporar los comentarios realizados y respuestas de carácter abierto de cada validador. Allí se tuvo en cuenta cada uno de los aspectos que se mencionan en la definición de las 3 categorías.

Con base en estos hallazgos, se establecieron correcciones que fueron consideradas para la aplicación futura del recurso en los diversos entornos educativos.

Figura 6.
Fases metodológicas



Fuente: Elaboración propia.

Resultados

A continuación, se presenta el análisis de resultados para la fase final del trabajo de grado, la cual tiene en cuenta el diseño y elaboración de la página web (<https://ensenandolaciencia.wixsite.com/ense>) para profesores, como ambiente virtual de aprendizaje; en ella se presenta una metodología de enseñanza basada en competencias, donde se le brinda al docente una propuesta curricular en educación en ciencias para el abordaje de los conceptos asociados a los nanofertilizantes, desde una propuesta experimental diseñada en la UPN en el departamento de química y algunas pruebas de caracterización para determinar las propiedades del material y sus posibles aplicaciones en el campo agrícola.

El análisis de los resultados que aquí se presentan empiezan con la caracterización de nanomaterial sintetizado a partir del biopolímero “quitosano” una de las razones es que el sitio web se diseñó y elaboró teniendo como uno de sus conceptos estructurantes los nanomateriales. Es por lo anterior que algunas de las situaciones, actividades y demás momentos que se presenta y desarrollan a lo largo del ambiente virtual dan cuenta de los conceptos propios de este tipo de materiales uso, funciones, etc.

Una vez presentado los resultados de la caracterización y propiedades del nanomaterial sintetizado, se procede a analizar los resultados de la validación realizada por los expertos al sitio web, donde el tema se desarrolla y presenta en diferentes niveles de enseñanza y por ende de aprendizaje. La validación de este recurso didáctico diseñado para que los profesores interactúen con sus estudiantes en sus clases de ciencias, objetivos también de este trabajo, permitirá establecer si el AVA, contribuiría al desarrollo de competencias y habilidades en los estudiantes sobre los temas desarrollados y en particular los nanomateriales.

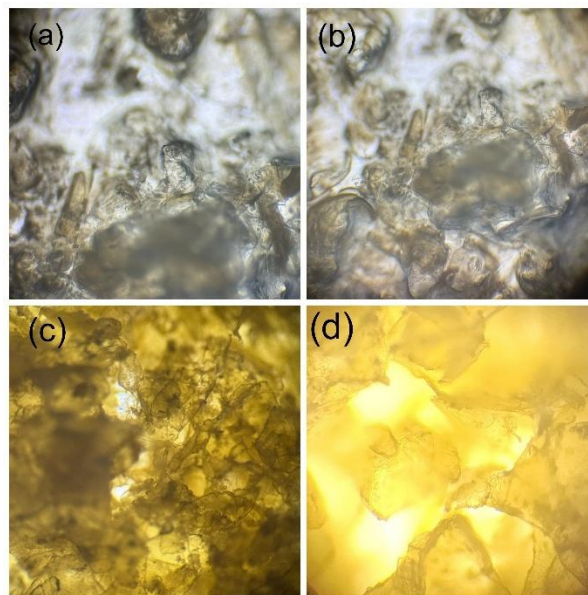
Caracterización del Material

Dando respuesta a la segunda fase metodológica la cual consiste en la caracterización de las propiedades del material sintetizado, se presentan a continuación la descripción de estas:

Resultado microscopia óptica

Figura 7.

Muestra del material bajo microscopio óptico.



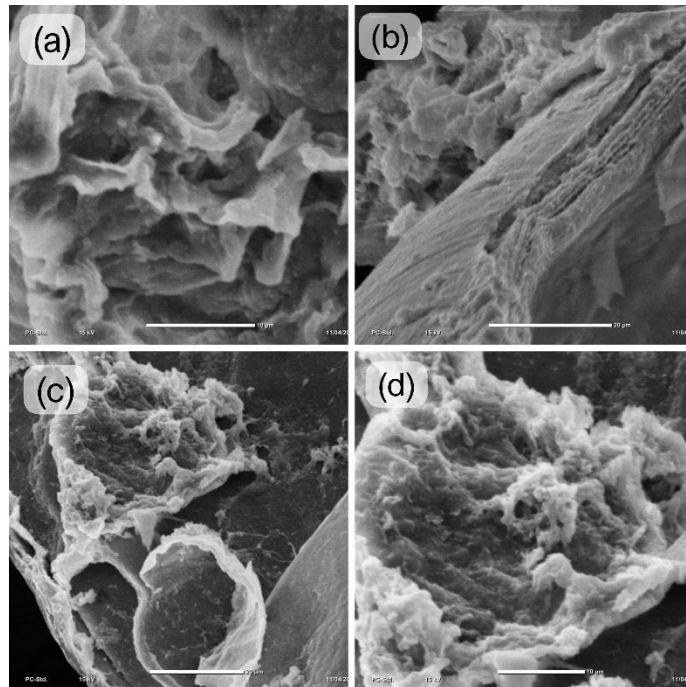
Microscopio Óptico: (a) material sintetizado húmedo en objetivo: 10X (b) material sintetizado húmedo en objetivo: 20X (c) material sintetizado seco en objetivo: 10X (d) material sintetizado seco en objetivo: 10X.

En las imágenes de las figuras 7 a y b, se puede apreciar la morfología del material, donde se aprecia bordes amorfos con presencia de humedad y la aglomeración entre estructuras. Por otro lado, las imágenes c y d, presentan una tonalidad fuerte de amarillo producto del secado y presencia de hierro que es notoria, donde se observan estructuras irregulares con diferentes grados de transparencia, así mismo, el material posee una organización homogénea ya que no presenta segmentaciones en el mismo, por lo contrario de manera uniforme tiene textura fibrosa y densa, lo cual permite apreciar figuras claras en formas ovaladas similares a las del quitosano. Finalmente, esta matriz que utilizo quitosano demuestra la incorporación de las sustancias incorporadas dentro de la síntesis, al demostrar algunas propiedades de ellos.

Resultado Microscopia electrónica de barrido (MEB)

Figura 8.

Imágenes de nanomaterial bajo MEB.



MEB: muestra de (a) NF a 10 μm , (b) NF a 20 μm , (c) NF a 20 μm , y (d) NF a 10 μm .

Las micrografías obtenidas por MEB muestra la morfología superficial del nanomaterial tratado previamente con un recubrimiento en oro, sintetizado a base de quitosano, urea y hierro. Cabe mencionar que se trató de realizar la visualización sin el recubrimiento, sin obtener imágenes de calidad para ser reportadas. Como resultado, las imágenes obtenidas nos indican que se realizó la síntesis de un material a escala nano, ya que en una escala de 10 μm ,

aún es posible observar aglomeraciones masivas del material, en cambio de las formas individuales claras que se debería esperar según la literatura si fuese de esta escala.

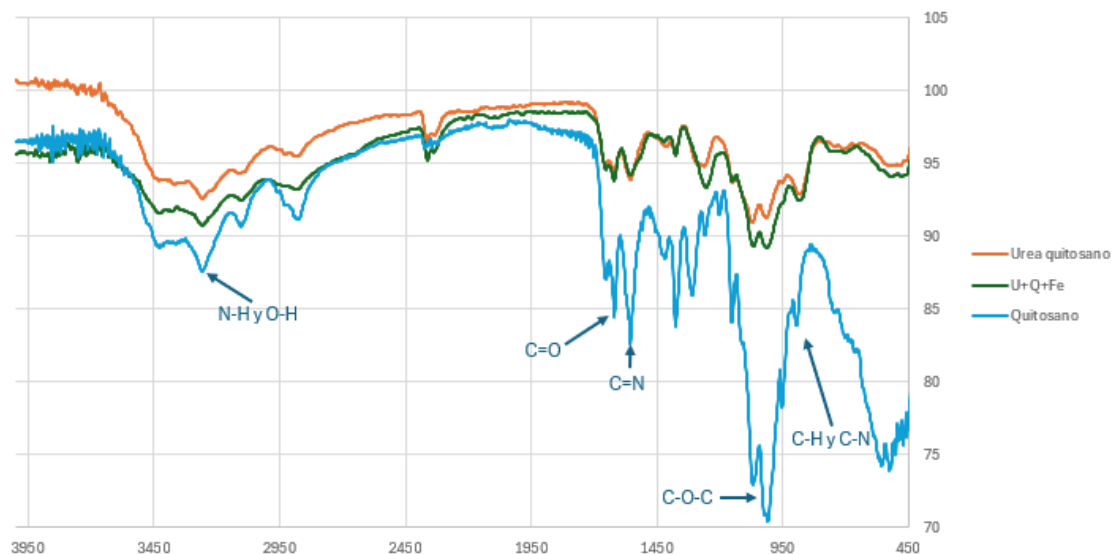
Es así como la imagen (a) de la figura 8, permite apreciar una estructura altamente porosa con presencia de pliegues y cavidades irregulares lo cual sugiere una buena capacidad de retención y liberación de nutrientes; (b) muestra una región con estructuras laminares y fibrilares, dispuestas de forma compacta, este patrón indica una posible orientación del polímero durante el secado. También pueden estar relacionadas a una resistencia mecánica y estabilidad. En las imágenes (c) y (d), en ambas se identifican cavidades semicirculares y zonas colapsadas que refuerzan la idea de una estructura interna compleja, con acumulaciones granulares distribuidas sobre una base porosa.

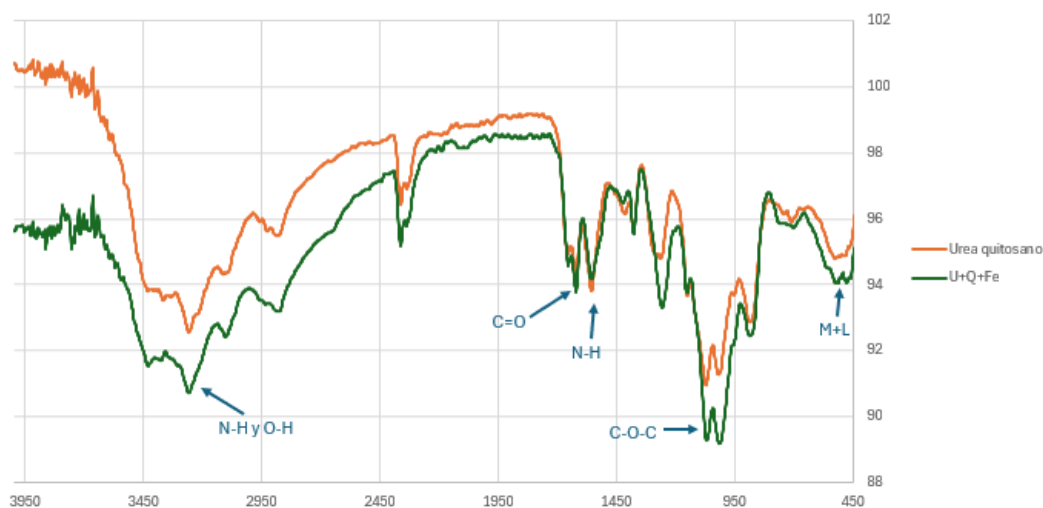
Lo anterior implica que las estructuras presentes en el nanomaterial poseen características poliméricas (forma secuencial) debido a las formaciones compactas presentes que brindan estabilidad al material, además, podría favorecer la interacción con los componentes activos de los fertilizantes incorporados; en tanto sus cavidades irregulares presentes, podrían dar indicio a la liberación controlada de nutrientes, sin embargo, estas observaciones podrían ser apreciadas con mayor exactitud al utilizar un MEB que cuente con la escala nanométrica.

Resultado Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Figura 9.

Espectroscopia infrarroja del nanomaterial.





Nota: La unidad en el eje X corresponde a cm^{-1} y en el eje Y es (%) de transmitancia. Es así como, el espectro de color azul permite notar los picos de la base polimérica utilizada (quitosano), el espectro naranja corresponde a la prueba de síntesis hecha entre urea y quitosano, por otro lado, el espectro verde corresponde al NF sintetizado incorporando hierro.

Los resultados obtenidos en el espectro IR para el nanofertilizante, muestran unos picos pronunciados donde se realizan los respectivos análisis y se puede apreciar y comparar conforme al manual, libro del equipo y lectura de la base polimérica (Figura 9), donde la formación de un polímero que se compone de quitosano conserva sus propiedades base, tales como: las interacción O-H y N-H, abundantes dentro de este en las longitudes de $3400\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$, los estiramientos propios de la relación C=O de las amidas que conforman a este, como las vibraciones de C-O-C en $1200\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$ propios del anillo que lo compone, finalmente, resaltan algunos picos pronunciados entre $950\text{-}800\text{ cm}^{-1}$ característicos de las vibraciones en el plano de la conexión C-H y N-H.

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta algunas modificaciones propias de la estructura del material sintetizado, tales como la demostración de la presencia metálica en el material por el hombro formado por debajo de los 600 cm^{-1} , en su relación entre metal + ligando, lo cual se puede llegar a afirmar la incorporación del ion metálico, demostrando cierto grado de estabilidad derivado posiblemente de la formación del complejo.

Lo anterior se interpreta conforme a los datos presentes en, las bandas entre $1200\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ que responden a interacciones C-O-C con disminución en la intensidad de las vibraciones por la presencia metálica, así mismo, en las bandas entre $1650\text{ y }1580\text{ cm}^{-1}$, relacionadas directamente con N-H y C=O presentan un desplazamiento leve por la presencia de urea y la relación del complejo con el grupo carbonilo, y finalmente, un decaimiento de intensidad entre $3500\text{ y }3000\text{ cm}^{-1}$ por la ocupación de relaciones de enlace hidrogeno, que suelen acapararse dentro de los complejos. En este sentido, se puede concluir que el proceso de encapsulación con matriz de quitosano es exitoso, logrando la conexión entre todos sus

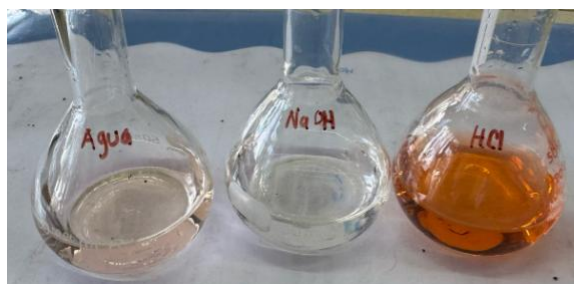
componentes y la conservación de nutrientes dentro del material. conservando las características poliméricas necesarias para sus campos de aplicación.

Resultado espectroscopia de absorción ultravioleta visible (U-vis)

Para el análisis de la prueba preliminar, correspondiente a la determinación del medio óptimo para distribución controlada de hierro, los resultados de la prueba UV - Vis se reflejan en la figura 10 y en la siguiente tabla:

Figura 10.

Resultados colorimétricos de NF por análisis 1,10-fenantrolina en distintos medios.



Método colorimétrico por 1,10-fenantrolina para determinación de medio óptimo.

Tabla 5.

Relación numérica sobre el medio y la concentración de Fe distribuido.

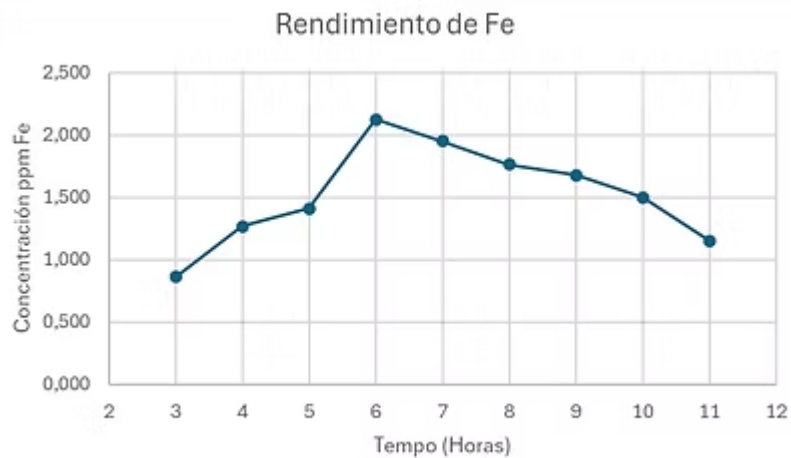
Medio	Concentración (ppm)
Agua	0,864
HCl	3,669
NaOH	0,170

De acuerdo con los datos anteriores, se opta por el medio neutro (agua) como el idóneo para la distribución controlada del NF, debido la concentración media que se cuantificó correspondiente a 0,864 luego del proceso de agitación del nanomaterial a lo largo de 3 horas, y su coloración ligeramente naranja que es percibida dentro de la figura 9. Además de ser considerado como el medio adecuado para la utilización en los entornos agrícolas, por ser el agua como uno de los líquidos más recurrentes y vitales para el crecimiento de las plantas. Cabe resaltar que siempre y cuando se haga uso de este, los suelos deben oscilar entre un pH de 6-8, para que su funcionamiento sea el óptimo en cuanto a su distribución y no se vea alterado.

Continuando con el proceso de cuantificación, se procede a analizar el comportamiento del NF en cuanto a la relación del tiempo y su concentración de hierro, obtenido los resultados expresados en la figura 11.

Figura 11.

Rendimiento del NF en medio neutro (agua) por 11 horas.

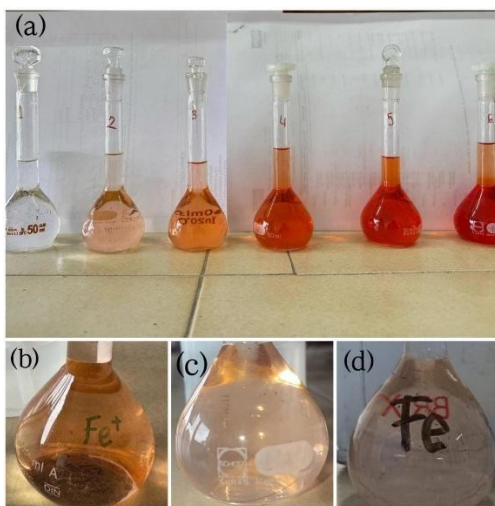


Es así como, los datos recuperados de esta prueba permiten comprender el momento con mayor liberación de Fe por parte del material, siendo este de manera controlada y progresiva hasta las 6 horas de exposición, donde luego de este punto se reduce la liberación, pero, aun así, se mantiene presencia de este metal.

Por otra parte, respondiendo a la parte de análisis cualitativo por medio de la identificación colorimétrica que nos proporciona la prueba de 1,10-fenantrolina, se percibe que al ampliar los rangos de tiempo para el análisis como lo es 7, 15 y 30 días se obtuvieron los resultados correspondientes a la siguiente figura.

Figura 12.

Método colorimétrico para análisis de hierro en NF por 1,10-fenantrolina.



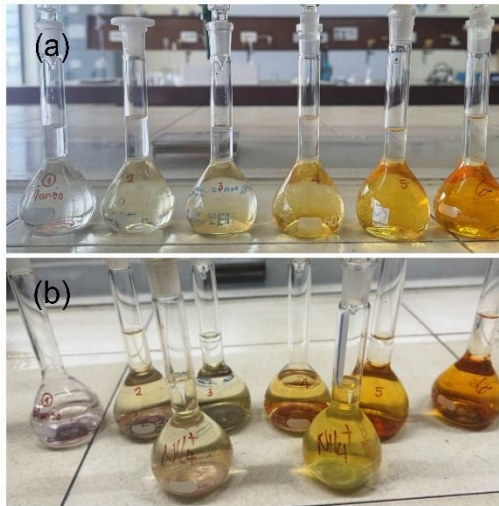
Método colorimétrico por 1,10-fenantrolina (a) Curva de calibración Fe, por colorimetría (b) Concentración de Fe a los 8 días (c) Concentración de Fe a los 15 días (d) Concentración de Fe a los 30 días

Donde al exponerlos a los análisis pertinentes (a) se permite notar el comportamiento colorimétrico bajo la escala de observación en las concentraciones de 0, 0,5, 1,0, 3,0, 5,0 y 8,0 ppm respectivamente; es así como, (b) se percibe colorimétricamente dentro de la escala del balón 3 que corresponde aproximadamente a 1 ppm, la muestra (c) se encuentra en el rango del balón 2, por ende se estima su concentración en 0,5 ppm y finalmente, (d) se estima con una concentración menor a 0,5 ppm y superior a 0 por el tono percibido.

Resultados de determinación de iones amonio por reactivo Nessler

Figura 13.

Método colorimétrico para análisis de ion amonio en NF por reactivo de Nessler.

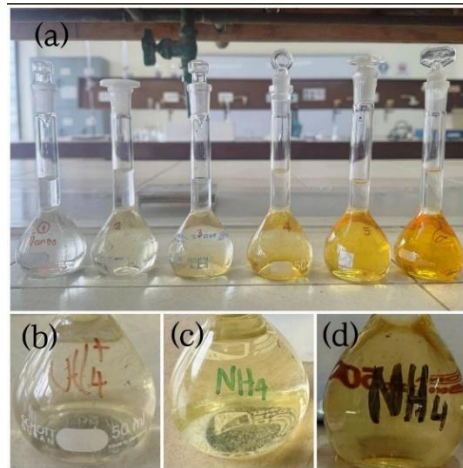


Método colorimétrico por reactivo de Nessler: (a) Curva de calibración de iones amonio y (b) Concentración de amonio en NF al cabo de 6 y 10 horas.

Con respecto al análisis colorimétrico por reactivo de Nessler se puede observar la presencia de iones amonio dentro de la figura 13, donde (a) representa la curva de calibración colorimétrico correspondiente a la concentración de amonio de 0, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 y 2,0 ppm; en la imagen (b) el balón que se ubica al frente a mano izquierda, fue analizado al pasar las 6 horas, por tal motivo se estima que se encuentre entre las concentraciones de 0,1 a 0,2 ppm, así mismo, el balón de la mano derecha que pertenece al análisis luego de 10 horas entra en los rangos de 0,5 y 1,0 ppm de amonio. De esta manera, se puede interpretar esto como un aumento de distribución hasta cierto tiempo, viéndolo desde el comparativo de 6 y 10 horas, en los cuales al cumplir un mayor periodo de tiempo su presencia es más alta.

Figura 14.

Resultado de determinación de ion amonio en NF por tiempos prolongados.



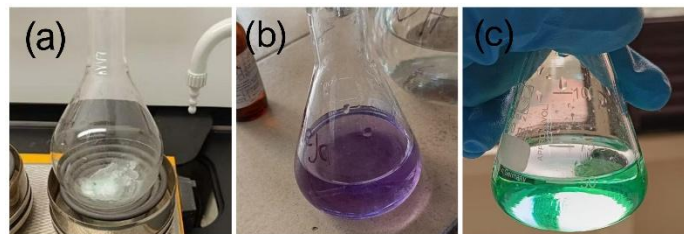
(a) Curva de calibración por el método de Nessler (b) Concentración de NH_4 a los 7 días (c) Concentración de NH_4 a los 15 días y (d) Concentración de NH_4 a los 30 días.

Por otra parte, conforme la figura 14, al pasar un periodo más largo correspondiente a los análisis de 7, 15 y 30 días, respectivamente, la concentración de amonio se mantiene presente, haciendo al NF óptimo para su aplicación en el ámbito agrícola, contribuyendo al proceso de síntesis de proteínas en la planta y disminuyendo así las coloraciones amarillas en las hojas (FAO, s.f.).

Resultado método Kjeldahl

Figura 15.

Determinación de nitrógeno en el NF por método Kjeldahl.



Método Kjeldahl: (a) Digestión de la muestra (b) Muestra luego de la destilación (c) NF luego de titulación de la muestra

En el proceso de determinación y cuantificación de nitrógeno se hizo el proceso con tratamiento de nanomaterial seco y se determinó el porcentaje de este nutriente, correspondiente a 0,986% en 1 gramo de muestra, indicando así, que su presencia en el NF es baja.

Resultados análisis microbiológico- E-coli en caldo nutritivo.

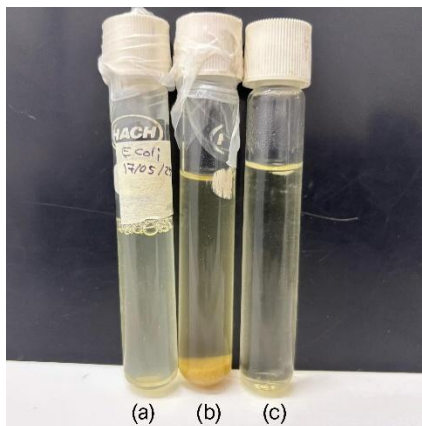
Para el análisis, la figura 16 permite observar que, se utilizó como blanco (a) prueba positiva de *E. coli*, (b) muestra de *Escherichia coli* con muestra de quitosano y (c) caldo nutritivo sin ningún crecimiento microbiano. La prueba se analizó cualitativamente, obteniendo los siguientes resultados para turbidez:

El crecimiento microbiano se puede identificar por nivel de turbidez, en ese sentido, en el tubo (b) que contiene la muestra de quitosano alcanza a inhibir parte del crecimiento microbiano, por tanto, la turbidez es leve, si se compara con el tubo (a) que contiene alta actividad por *E. coli*. la turbidez se presenta en un grado mayor y por ende se evidencia que en el tubo (c) no se aprecia turbidez ya que no hay presencia de agentes microbianos.

Figura

16.

Comportamiento microbiano del NF a E-coli.



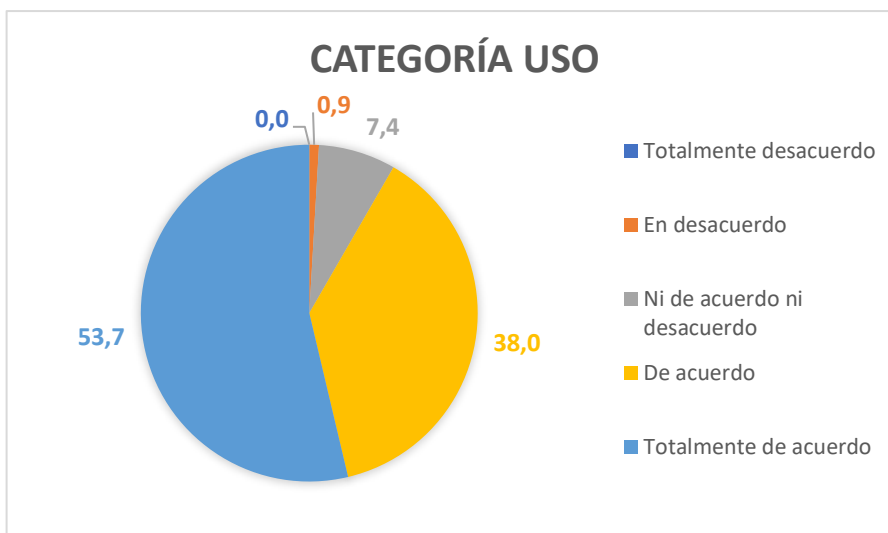
Análisis microbiano: (a) prueba positiva de E-coli, (b) muestra de Escherichia coli con muestra de quitosano y (c) caldo nutritivo sin ningún crecimiento microbiano.

Resultados de Validación

El instrumento de validación constaba de preguntas cerradas, en escala tipo Likert y preguntas abiertas. El análisis de este se presenta a continuación.

Para el análisis de respuestas en escala tipo Likert, se presenta un gráfico en diagrama de torta, el cual contiene los porcentajes relacionados con la tendencia de satisfacción respecto a cada una de las categorías que se están validando, según los criterios mencionados dentro de la Tabla 4.

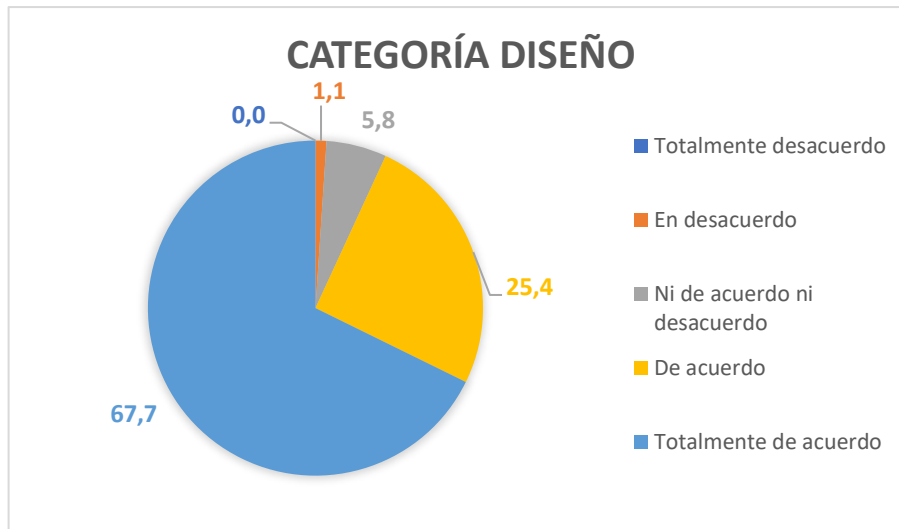
Figura 17.
Resultados de validación bajo la categoría uso.



La figura 17 da cuenta del análisis correspondiente a la tendencia con la que se registran los resultados de los 27 encuestados, frente a los ítems relacionado acerca de la categoría uso, donde presenta un comportamiento positivo respecto a la escala de acuerdo y totalmente de acuerdo, dando a entender el cumplimiento o buen abordaje de la aplicabilidad del mismo para el contexto educativo, donde la flexibilidad, posibilidad de uso desde distintos dispositivos y versatilidad para implementarse en distintos currículos, entornos sujetos a los contextos y niveles de formación educativa. Obteniendo el 53,7% totalmente de acuerdo con la aplicabilidad del recurso, un 38% en de acuerdo por recomendaciones como la incorporación de los contextos de aplicación y la especificación del tipo de población a la cual va dirigida la página, y finalmente un 8,3% entre en desacuerdo y ni de acuerdo ni desacuerdo, por limitaciones relacionadas con los distintos niveles de alfabetización tecnológica y lingüística.

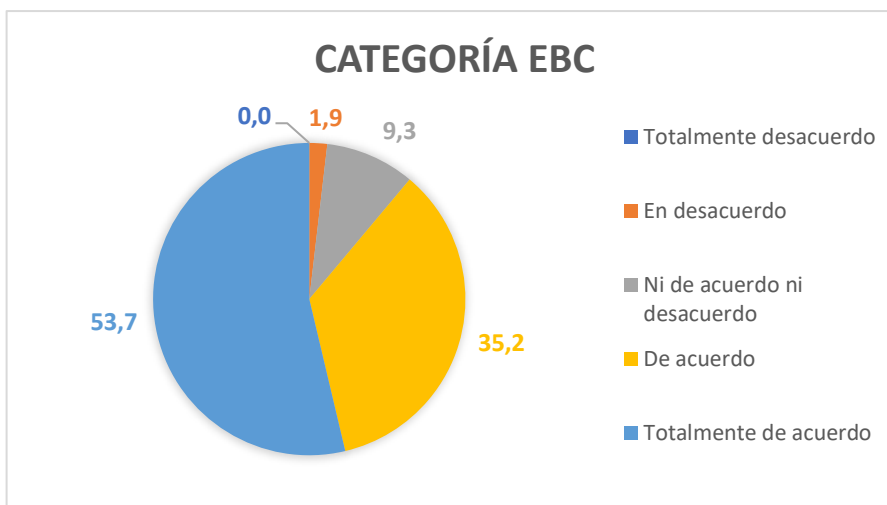
En relación con la categoría diseño, los datos se compilan en la figura 18.

Figura 18.
Resultados de validación sobre la categoría diseño.



Para esta categoría se tuvieron en cuenta la estructura del contenido, los recursos empleados para cada una de las pestañas y la pertinencia con la información incorporada. Es así como, se refleja con un 93,1% entre totalmente de acuerdo y de acuerdo, en aspectos como la relación de los temas presentados en las pestañas, la claridad con respecto a la intención de diseño del recurso, y la visión innovadora en el sitio. Sin embargo, existen aspectos que responden al 6,9% donde se sugiere unificar la forma en cómo se presentan cada una de las pestañas en términos de imágenes y número de recursos, además, se sugiere que el contenido propio debe ser destacado, protegiendo los derechos de autor de los recursos disponibles en el sitio; por otra parte, dentro de las páginas se encuentra implícito los ODS pero no se hace mención de estos de manera específica en alguna sección destinada dentro de la página.

Figura 19.
Resultados de validación de la categoría EBC.



Los resultados representados en la figura 19 detallando que, el 53,7% de los encuestados responden de manera favorable al impacto del estudiante, el desarrollo de competencias y habilidades, la funcionabilidad de la estrategia de enseñanza en cómo se aborda la temática hacia el objeto de enseñanza. El 35,2% menciona estar de acuerdo con promover el interés en el docente, lo cual implica usarse como alternativa para incorporar en sus clases, debido a los aspectos prácticos en cuanto al lenguaje que puede ser adaptado según los distintos tipos de aprendizaje a los cuales sus estudiantes se identifiquen. Por otra parte, para el 11,2% final que responde a una visión no tan positiva de esta categoría, es debido a que no se hizo una exploración completa de los recursos disponibles para el docente, específicamente las planeaciones, donde se mencionaban las competencias a desarrollar con el estudiante y la sugerencia respectiva para realizar el proceso de evaluación.

Así mismo, como forma de complementar el análisis cualitativo para la validación, se empleó el software de ATLAS.ti. para el tratamiento de datos, mediante categorías y criterios reflejados como códigos detallados en la Tabla 4. Este programa tiene diversas formas de análisis, pero el que mejor se adapta para el cumplimiento de la metodología y por ende se selecciono es la tabla de co-ocurrencia, en el cual se establece la relación entre códigos, la frecuencia con la que aparecen y como interactúan entre ellos.

Es así como se desarrollan 3 diferentes tablas que relacionan de distintas maneras las categorías, siendo estas el contraste entre: Diseño vs uso, diseño vs EBC y EBC vs uso. Se dispone de esta manera los comparativos, ya que es de interés identificar la forma en que esta potencia o afecta la aplicabilidad de la página, a su vez, este diseño que implicaciones tiene en la enseñanza y, finalmente como el uso afecta el enfoque que se quiere llevar a cabo por parte del docente.

Figura 20.

Cuadro de co-ocurrencia entre diseño vs uso por ATLAS.ti.

	●◇ Accesibilidad ① 36	●◇ Adaptabilidad ① 35	●◇ Alcance ① 39	●◇ Contexto ① 41	●◇ Niveles de escolaridad ① 56	●◇ Pertinencia ① 65	●◇ Temática ① 68
●◇ Coherencia ① 43	14	12	14	7	5	17	12
●◇ Cohesión ① 35	9	13	14	5	7	13	9
●◇ Contenido ① 62	12	13	13	14	12	21	21
●◇ Innovación ① 58	13	9	13	9	23	16	13
●◇ Percepción ① 53	12	10	12	6	8	16	11
●◇ Recursos ① 62	18	21	19	16	6	23	9
●◇ Relevancia ① 51	10	11	11	7	21	16	16

Como parte del contraste entre diseño y uso (figura 20), se identifica los niveles de co-ocurrencia máximos entre niveles de escolaridad e innovación, relacionado con la forma en cómo se presenta, es llamativo para los distintos niveles de formación en los cuales se quiera incorporar indistintamente, así mismo el de pertinencia y recursos, es seleccionado frecuentemente por el hecho de que estos cumplen con el fin académico. Por otra parte, aspectos con baja co-ocurrencia entre contexto y cohesión, ya que no hay un mismo contexto que englobe la relación entre pestañas en relación con los ODS como eje articulador; niveles de escolaridad vs coherencia, permite denotar que no hay un nivel de escolaridad específico, notando la falta de estructura secuenciada para esta; finalmente, la relación relevancia-contexto, se aborda bajo una estructura de conceptos estructurantes, que si bien se tratan de abordar la mayoría de los conceptos, algunos no están lo suficientemente detallados, sin embargo, se destaca la forma de presentar la información y el impacto para el docente que le permita orientar al estudiante hacia sitios de interés personal.

Figura 21.

Cuadro de co-ocurrencia entre diseño vs EBC por ATLAS.ti.

	●◇ Competencia ① 26	●◇ Congruencia ① 37	●◇ Conocimiento ① 45	●◇ Evaluación ① 50	●◇ Propósito ① 74
●◇ Coherencia ① 43	9	15	13	10	22
●◇ Cohesión ① 35	8	14	11	10	19
●◇ Contenido ① 62	8	16	24	14	23
●◇ Innovación ① 58	7	8	13	31	33
●◇ Percepción ① 53	6	12	10	9	14
●◇ Recursos ① 62	6	14	13	9	24
●◇ Relevancia ① 51	7	10	9	26	32

Por otro lado, la perspectiva desde el diseño en contraste con el EBC (figura 21), descrito desde los máximos de co-ocurrencia, propósito e innovación, los docentes tienen el reto y la necesidad de llegar a sus estudiantes por medio de la tecnología, ya que es considerada como un distractor en el aula si no es correctamente usada, es por esto por lo que, los validadores

aprueban su uso desde lo didáctico como juegos, videos y experimentos para enriquecer las experiencias educativas. Los segundos aspectos que se relacionan son la innovación y evaluación, sobresale el hecho que se considere dentro de la evaluación el proceso y los retos, mas no el resultado en el estudiante, lo que contempla una valoración de las competencias desarrolladas dentro de cada uno de los contextos expuestos en la página web. Luego de esto, se analiza la baja co-ocurrencia entre recursos y competencias, permite entender que los validadores enfatizan que los distintos recursos implementados no expresan de manera explícita la finalidad o lo que se quiere desarrollar, entendiéndose así, que debe reestructurarse para permitir al docente estar consciente del propósito de cada uno de estos.

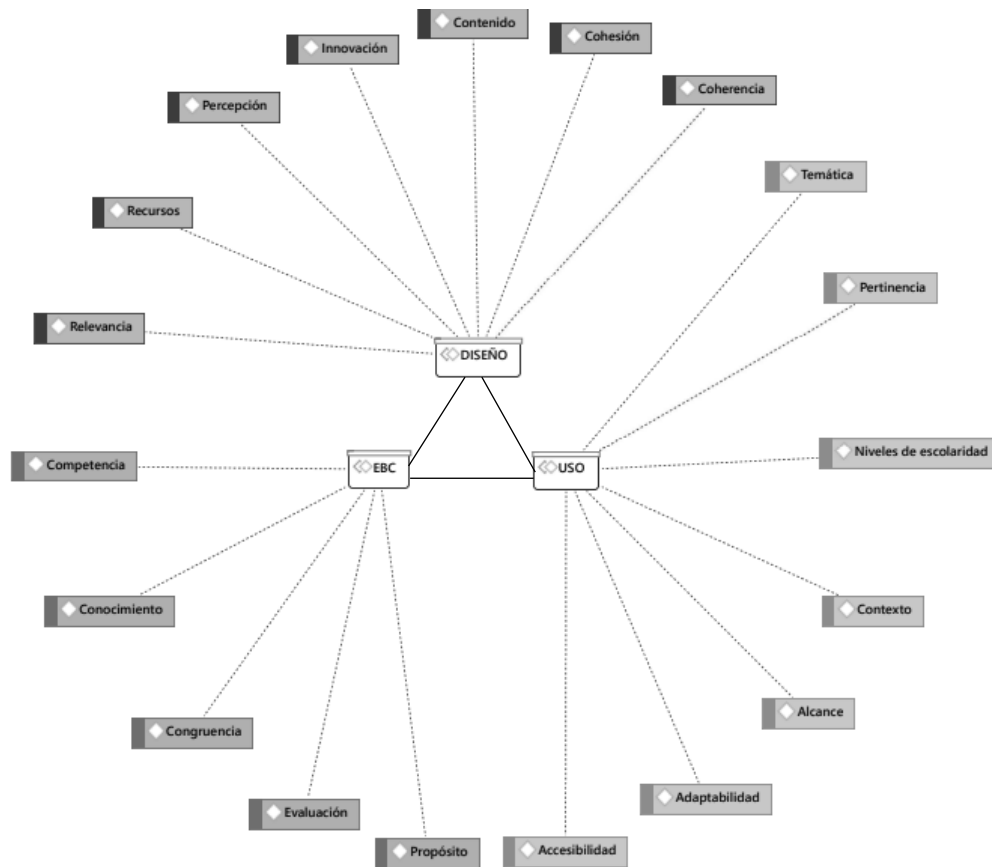
Figura 22.

Cuadro de co-ocurrencia entre EBC vs uso por ATLAS.ti.

	●◇ Accesibilidad ↻ 36	●◇ Adaptabilidad ↻ 35	●◇ Alcance ↻ 39	●◇ Contexto ↻ 41	●◇ Niveles de escolaridad ↻ 56	●◇ Pertinencia ↻ 65	●◇ Temática ↻ 68
●◇ Competencia ↻ 26	6	9	8	12	7	13	13
●◇ Congruencia ↻ 37	7	9	11	5	6	17	9
●◇ Conocimiento ↻ 45	7	9	9	13	8	19	20
●◇ Evaluación ↻ 50	9	9	10	13	26	21	15
●◇ Propósito ↻ 74	10	11	15	11	27	22	17

Por último, se presenta la comparación entre EBC y uso (figura 22), donde sobresalen según los máximos de co-ocurrencia, la relaciona entre evaluación con el nivel de escolaridad, describiendo que la forma como estos se conectan, permiten denotar el hecho de que si no se define con claridad la población objetivo la manera en cómo es abordado puede llegar a impactar de una forma no deseada, lo que conlleva a revisar la articulación de los criterios propósito vs nivel de escolaridad, puesto que se sugiere identificar las necesidades según el nivel educativo, para así lograr incorporar de manera pertinente los distintos recursos. En contraste, los aspectos menos frecuentes en mención son competencia y accesibilidad, del cual se puede cuestionar como este recurso y su incorporación dentro del aula, permite realmente desarrollar una capacidad, esto generalizado por los comentarios realizados por los validadores que permiten percibir la no revisión de las planeaciones diseñadas dentro del material docente, lo cual implica considerar la disposición de estos de una manera más evidente dentro de cada pestaña, para así solventar dicha dificultad.

Figura 23.
Triangulación categorías de análisis.



Finalmente, las categorías y criterios para el análisis con método DITRIAC, de acuerdo con el análisis Likert y preguntas abiertas revisadas con el software ATLAS.ti. podemos ver una relación entre las respuestas de los validadores, en la cual se evidencia que la aplicación es pertinente para el cumplimiento del enfoque metodológico en el desarrollo de competencias con los estudiantes, y que su diseño es práctico, funcional, amigable, innovador, de fácil acceso, responsivo (adaptado a dispositivos móviles y tabletas), con navegación intuitiva, relevante para los estudios actuales y, pertinente para el uso docente y su incorporación en el aula.

Atendiendo las sugerencias por parte de los validadores serán tenidas en cuenta y ajustadas de acuerdo con los objetivos que se consideren están dentro del enfoque de esta investigación; se tendrán en cuenta las siguientes: la organización, aspectos estéticos, y articulación con los ODS.

Conclusiones

Se elaboró una página web de carácter informativo con temas relacionados hacia la nanotecnología y nanomateriales, en donde se hace una propuesta experimental que expone los resultados realizados al material, de manera que proporcione nuevas alternativas de abordaje y posibilidad de realizar la replicabilidad de estos entre los distintos niveles de formación, educación básica hasta la superior. Allí, se consolidó como un recurso didáctico funcional donde predominan los recursos visuales tales como infografías, imágenes, fotos y slide. Con una interfaz atractiva y práctica facilitando el abordaje del tema NF para el currículo en ciencias (nivel básico, medio y superior); se da respuesta así al objetivo del trabajo de grado.

Se sintetizaron exitosamente los nanofertilizantes de hierro a partir de los residuos de las cascaras de camarón, donde sobresalen procedimientos sencillos que podrían ser articulados y replicables en los diferentes abordajes de ciencia que se proponen de manera nacional e internacional, sin limitarse a la síntesis del nanomaterial en cambio, como forma de explorar todas las implicaciones que esto conlleva, entre ellas podemos englobar distintas técnicas de análisis como determinar la morfología, propiedades fisicoquímicas y biológicas del material, proporcionando formas alternativas que incorporan actividades de enseñanza y aprendizaje científico.

La articulación entre los contenidos experimentales y conceptuales de la página web proporcionan resultados que reflejan en gran proporción una adecuada coherencia entre lo teórico-práctico, así como la relevancia, claridad, y aplicabilidad del sitio en contextos educativos.

El contraste de los resultados permitió dar cuenta de las posibles falencias o debilidades al momento de estructurar un recurso, es enriquecedor tener la opinión de docentes con experiencia en esta área, ya que como futuros profesionales en la docencia es limitado el conocimiento al contemplar variables como la edad, contextos, las limitaciones de acceso y recursos tecnológicos. En ocasiones estructurando los recursos desde aspectos idealistas, pero siendo estos aterrizados desde las sugerencias y experticia de cada uno de los validadores que contribuyeron a este proyecto.

Finalmente, podemos contemplar que la forma en cómo se diseña una propuesta de clase está bajo muchos criterios de revisión y consideración, entendiéndose que no se puede limitar a los aspectos teórico-procedimental, sino que el mismo está sujeto a las distintas variables detrás de cada práctica de laboratorio, así mismo, destaca que el desarrollo de las actividades experimentales no siempre se obtienen los resultados esperados, en cambio, se debe dar paso a la interpretación y resolución de problemas cuando esto se presenta. Entendiéndose que no se puede idealizar los espacios educativos, ya que el acceso a los equipos, reactivos y recursos para las prácticas son limitados.

Recomendaciones

En el desarrollo de la investigación se recomienda principalmente tres aspectos, desde la visión experimental se sugiere complementar los procesos de caracterización de NF desde pruebas tales como TEM y un MEB con alcance nanométrico, para generar el histograma correspondiente, como forma de dar un valor exacto en el diámetro del material. Otro aspecto para tener en cuenta se relaciona con la aplicación del nanomaterial en un entorno de cultivo, para analizar la eficiencia de este en cualquier contexto.

Por otro lado, desde lo pedagógico se recomienda continuar con el enriquecimiento de la página web, para su aplicación.

Referencias

- Albarracín Tobar, A. N. (2022). Secuencia didáctica como estrategia pedagógica en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora (LadECiN)* 1 (1) ISSN 2954-5536
- Aristizábal Ortiz, S. A. y Flórez Calderón, Y. (2019). Análisis de los ambientes con Mediación Virtual Desarrollados para el Aprendizaje Autónomo en la Enseñanza del Inglés Nivel A1 en Colombia. *Escuela ciencias de la educación (ECEDU)*, 1-98.
- Asunción, S. (2019). Metodologías activas: herramientas para el empoderamiento docente. *Revista internacional Docente 2.0 Tecnológica -Educativa*, 19. <https://orcid.org/0000-0002-8652-773X>
- Ávila Quezada, G. y Álvarez Álvarez, C. A. (2024). Nanofertilizantes en la agricultura: una visión hacia el futuro alimentario. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 25(3). <http://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2024.25.3.10>
- Ávila-Quezada, G., Ingle, A., Goliska, P. & Rai, M. (2022). Strategic applications of nanofertilizers for sustainable agricultura: benefits and bottlenecks. *Nanotechnology Reviews*, 11(1), 2123-2140. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2022-0126>
- Ayala Valencia, G. (2015). Efecto antimicrobiano del quitosano: una revisión de la literatura. *Scientia Agroalimentaria*, 2, 32-38.
- Bernal Rubiano, Y. S., y Hernández Castiblanco, M. A., (2024) Estrategia didáctica en química para fomentar habilidades científicas mediante nanofertilizantes en huertas caseras. *Boletín P.P.D.Q.*, (69), 56-81.
- Bernal González, M. C. y Martínez Dueñas, M. S. (2009). Metodologías activas para la enseñanza y el aprendizaje. *Revista Panamericana de Pedagogía*, 14, (101-106).
- Castro Sánchez, A. y Ramírez Gómez, R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Amazonia Investiga*, 2(3), 30-53.

- Cedeño, C., Flores, E., Leiva, J. y Fábrega, J. (2023). Potenciando la agricultura regenerativa a través de la enseñanza-aprendizaje sobre calidad de suelos en IPTs de educación media en Panamá. *XIX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología*, 349-355.
- Cepeda Dovala, J. M. (2004). Metodología de la enseñanza basada en competencias. *Revista Ibero Americana de Educación*, 35(1), 1-10 <https://doi.org/10.35362/rie3512940>
- Cisneros, C. (2003). Análisis cualitativo asistido por computadora. *Sociologías*, 9 (5), 288-313.
- Corominas, E., Tesouro, M., Capell, D., Teixidó, J., Pélach, J. y Cortada R. (2006). Percepciones del profesorado ante la incorporación de las competencias genéricas en la formación universitaria. *Revista de Educación*, 341, 301-336.
- Escarbajal Frutos, A. y Martínez Galera, G. (2023). Uso de las metodologías activas en los centros educativos de educación infantil, primaria y secundaria. *International journal of New Education*, 11, 5-25. ISSN: 2605-1931
- FAO, I. (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR)—technical summary. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
- FAO. (s.f.) Tema 5: Las plantas. Recuperado el 16 de abril de 2025 en <https://www.fao.org/4/w1309s/w1309s07.htm>.
- Flores Ferrer, K. M. y Bravo B., M. S. (2012). Metodología PACIE en los ambientes virtuales de aprendizaje para el logro de un aprendizaje colaborativo. *Diálogos Educativos*, 12 (3-17)
- Gairín Sallan, J. (2011). Formación de profesores basada en competencias. *Revista Bordón*, 61(1), 93-108.
- Gallego, J. E. (2009). Ambiente virtual de aprendizaje (AVA) e investigación como proceso formativo. *Itinerario Educativo*, 54 (109-122)
- Gámez, M. J. (17 de septiembre de 2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. *Desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- García Retana, J. A. (2011). Modelo educativo basado en competencias: importancia y necesidad. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 11 (3), 1-24. ISSN 1409-4703.
- Gómez, D. M. (2024). Diseño de un biofertilizante con el hongo *Trichoderma harzianum* en cultivos de Lechuga cressa – *Lactuca sativa* en una huerta escolar de Usme, Bogotá. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19674>.

- González Barajas, M. T., Kaplan Navarro, J. C., Reyes Osua, G., Reyes Osua, M. A. (2010). La secuencia didáctica, herramienta pedagógica del modelo educativo ENFACE. UDUAL. Universidades 46, 27-33. ISSN 0041-8935.
- Hernández Sampieri, R. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mc. Graw-Hill Interamericana. Primera edición. ISBN 978-1-4562-6096-5.
- ISO (International Organization for Standardization) (2015). ISO/TS 80004-2:2015. Nanotechnologies – Vocabulary – Part 2: Nano-objects. 10.
- Kumar, Y., Tiwara, K.N., Singh, T. y Raliya, R. (2021) . Nanofertilizers and their role in sustainable agriculture. *Annals of Plant and Soil Research*, 23(3), 238-255. <https://doi.org/10.47815/apsr.2021.10067>
- Lead, J. R., Batley, G. E., Álvarez, P. J. J., Croteau, M. N., Handy, R. D., McLaughlin, M. J., Judy, J. D., y Schirmer, K. (2018). Nanomaterials in the environment: Behavior, fate, bioavailability, and effects—An updated review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(8), 2029-2063, 201 <https://doi.org/10.1002/etc.4147>
- León, K. y Santiago J. (2007). Propiedades antimicrobianas de película de quitosano-alcohol polivinílico embebidas en extracto de sangre de grado. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73 (3), 158-165.
- Lira-Saldivar, R. H., Argüello, B. M., Villarreal, G. D. los S. y Reyes, I. V. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta Universitaria*, 28(2), 9-24. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1575>.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*. N. 140. Recuperado el 11 de abril de 2025 en <https://archive.org/details/likert-1932/mode/2up>.
- Lizarazo-Salcedo, C. G., Gonzales-Jiménez, E. E., Arias-Portela, C. Y., y Guarguati-Ariza, J. (2018). Nanomateriales: un acercamiento a lo básico. *Medicina y Seguridad del Trabajo (Internet)*; 64 (251), 109-18
- Mendoza. G. y Rodríguez, J. (2007). La nanociencia y la nanotecnología: una evolución en curso. *Perfiles Latinoamericanos*, 14(29), 161-186. Recuperado el 21 de abril de 2025 en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-765320070001000006&Ing=es&tlng=es
- Ministerio de Ambiente. (2016). 40% del territorio colombiano presenta algún grado de degradación de suelos por erosión. <https://www.minambiente.gov.co/40-del-territorio-colombiano-presenta-algun-grado-de-degradacion-de-suelos-por-erosion/>

- Ministerio de Ciencia. (2016). Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo. https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2004). Nuevas tecnologías al servicio de la educación. Altablero, 29. <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87399.html>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2008). Orientaciones para la educación tecnológica. Revolución educativa Colombia aprende, Guía 30. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-165081_archivo_pdf.pdf
- Mora, J. S. (2023). La bioinformática en la comprensión del dogma central de la biología molecular. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/18848>.
- Morán, M. (2015). Hambre y seguridad alimentaria. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- Morán, M. (2023). Bosques, desertificación y diversidad biológica - Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- Muñoz, G., Milo Vaccaro, M. R., Torres, C. M. y Couretot, J. (2012). Articulación entre un proyecto de extensión en agricultura urbano y una propuesta educativa basada en competencias. IV congreso nacional y III congreso internacional de Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias, 1495-1504. Recuperado de: ISBN: 978-950-34-0876-6
- Muñoz, J. (1999). Manual del Atlas.ti. [Documento en línea]. Disponible: <http://seneca.uab.es/jmunoz/cuali/atlas.pdf>
- Morawicki, P. M., Pedrini, A. G., Oudín, A. M., Ortega, B. V. y Estatuet, L. (2015). Problemáticas interniveles en la enseñanza de las ciencias naturales que dificultarían las trayectorias escolares. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 23(1), 59-64.
- Mujica Rivero, H., Suarez, M. y Rodríguez, A. (2015). Aula agroecológica. Alternativa de enseñanza para escuelas rurales. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela* 27(1), 120-129.
- Naciones Unidas (1948). Declaración de los Derechos Humanos. París. Recuperado de: <http://www.unesco.org/new/es/right2education>.
- Ojeda, G. A. Arias Gorman, A. M., y Sgroppo. S., (2019). Nanotecnología y su aplicación en alimentos. *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en nanociencia y nanotecnología*, 12(23) <https://doi.org/10.22201/ceich.24485691e.2019.23.67747>.
- Parra Cañas, J. P. (2020). Nuevas tecnologías para el manejo eficiente de fertilizantes-N en la agricultura y su aplicabilidad al territorio colombiano. <https://hdl.handle.net/10495/15419>

- Pérez, C. V. & Pérez, G. A. (2023). Caracterización de habilidades de pensamiento crítico mediadas por la química en contexto en relación con la adsorción de Hg^{2+} sobre α - Fe_2O_3 -nano soportadas en matriz biopolimérica. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/18830>.
- Perilla Granados, J. S. A. (2018). Las nuevas generaciones como un reto para la educación actual. Escuela de educación. Primera edición (43-62).
- Puca Pacheco, M., Tacuri Calanchi, E., Pantoja Cadillo, A., Neira Velázquez, M. G, y Canché Escamilla, G. (2017). Síntesis de nanocompuestos poliméricos con grafeno y su caracterización mecánica. Revista de la Sociedad Química del Perú, 83(1), 65-77. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000100007&lng=es&tlng=es
- Puga Peña, L. A. y Jaramillo Naranjo, L. M. (2015). Metodologías activas en la construcción del conocimiento matemático. Revista Sophia, 19, 291-314. ISSN: 1390-3861
- Savci, S. (2012). Investigation of Effect of Chemical Fertilizers on Environment. *SciVerse Science Direct*. 287-292.
- Sandoval, J. M. y Liévano, J. P. (2012). Colombia, 20 años siguiendo la Agenda 21. Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 152p. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/asuntos-internacionales/pdf/colombia-20-a%C3%B1os-siguiendo-la-agenda-21/040512_balance_agenda_21.pdf.
- Seipasa. (18 de febrero de 2021). El hierro en las plantas: por qué es importante ponerlo a disposición para corregir la clorosis férrica.
- Serena, P. A. y Correia, A. (2003). Nanotecnología: el motor de la próxima revolución tecnológica. Apuntes de la ciencia y tecnología, 9, 32-42.
- Serena, P., Giraldo, N., Takeuchi, N, y Tutor, J. (2014). Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en la educación secundaria. RED NONODYF. ISBN-13 978-84-15413-33-2
- Torres, L. J. y Duarte-Ruiz, A. (2018). “Docente Nano”: Una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media. Revista de física, No. 56E, 81-95.
- Torres Robayo, E. S. (s.f.). Divulgación y formación en Nanociencia y Nanotecnología en Colombia: el gran reto de las ciencias naturales en la educación secundaria y media técnica. Revista Alquina, 20.
- Tovar Seijas, L. K. (2020). Huerto escolar como estrategia didáctica en el desarrollo del aprendizaje significativo en el área de la agricultura. Prohominum. Revista de Ciencias Sociales y Humanas 2(1), 26-45.

Varguillas, Carmen (2006) El uso de Atlas.ti. y la creatividad del investigador en el análisis cualitativo de contenido UPEL. Laurus, 12, 73-87. Universidad Pedagógica Experimental Libertador

Zahra, Z., Habib, Z., Hyun, H., Shahzad, H. M. A. (2022). Overview on Recent Developments in the Design, Application, and Impacts of Nanofertilizers in Agriculture. Sustainability, 14(9397), 1-19. <https://doi.org/10.3390/su14159397>

Anexos

Anexo A.

Enlace de acceso a página web.

<https://ensenandolaciencia.wixsite.com/ense>

Anexo B.

Enlace de acceso a manual docente.

Manual de página web para docentes.

Anexo C.

Forma de respuestas de la prueba de validación.



Formato de validación de página web para docentes

Respetado docente

Usted ha sido seleccionado para evaluar el trabajo de grado de Stephania Bernal, Andres Gayón y Alejandra Hernández, para optar por el título de licenciados en química; para ello se requiere revisar el sitio web denominado **Enseñando la ciencia invisible**. La evaluación de este instrumento es de gran relevancia para lograr la validación y revisión del sitio web. Los resultados serán utilizados con fines académicos, y estarán cubiertos bajo la Ley 1581 de 2012 para el tratamiento y protección de los datos personales.

Nombre y apellidos (completos):

Johan Andrés Malagón Cifuentes

Edad

30

Teléfono

3195545845

Años de experiencia laboral docente

2 años

Ultima formación académica

Maestría

Institución educativa en la que trabaja actualmente

UPN

Leer cada una de las preguntas y posicionar su acuerdo o no, empleando la escala tipo Likert presentada, además de un comentario si lo considera necesario.

Pregunta	Totalmente desacuerdo	Desacuerdo	Ni de acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	Comentario
La página web presenta información coherente y bien estructurada.					X	
Los conceptos y recursos de la página web están acorde con los objetivos de aprendizaje.					X	
Las secciones "pestañas" de la página se ajustan a los contenidos encontrados en la misma.					X	



El orden presentado de los conceptos estructurantes, generales a los particulares, facilita la comprensión de los temas tratados.					X	
La información que se encuentra inmersa en la página web presenta coherencia y cohesión adecuada para comprensión de esta.					X	No se si de pronto no hablar de mundo nanometrico si no escala nanometrica estaria mejor para que lo piensen
El contenido en la página web es variado, dinámico y acorde con los contenidos que se presentan.					X	
Los temas presentados en la página web ayudan a mejorar el enfoque de la enseñanza de los ODS en el aula.					X	
La información de la página web está actualizada y es relevante para los estudiantes y profesores.					X	
El diseño de la página web es adecuado para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes.					X	Homogenizar que cuando accedan a un documento esten todos en PDF o si son para descargar o para visualizar en el buscador
Todos los recursos y actividades, de la página web, son de fácil acceso desde cualquier equipo.					X	
La información presentada en la página web es clara y fácil de seguir.					X	
La página web ofrece recursos interactivos que mejoran la experiencia de aprendizaje.					X	
La página web tiene un diseño atractivo y funcional para los estudiantes y los docentes.					X	
El uso de la página web podría mejorar la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones prácticas.					X	
El contenido de la página web es accesible para estudiantes de diferentes niveles de escolaridad.					X	

Tomado y adaptado de Escamilla Tirano (2021).

Preguntas abiertas

¿Implementaría este sitio web con sus estudiantes? Si/no ¿Con que grado?

Si, debido a que la página cuenta con elementos relacionados a la alimentación, suelos, química general y química avanzada según el tema que se escoja enseñar podría enseñarlo en diferentes niveles educativos de educación básica secundaria y superior

¿Considera que el contenido sobre nano fertilizantes un tema abstracto en la ciencia, se presenta de manera práctica y aplicable para facilitar la enseñanza y comprensión por parte de los estudiantes?

De pronto con el título de la página me encuentro un poco en desacuerdo, abstracto es un concepto que quiere decir desde mi perspectiva que no tiene materialidad alguna, por otra parte que nosotros como seres humanos no alcancemos a percibir u observar dicha escala es diferente, de pronto haría falta eso, de cómo la técnica de microscopía de barrido electrónico (esto para estudiantes más avanzados) logra interaccionar con una muestra que tiene escala nanométrica y cuáles son los métodos de síntesis de estos tipos de materiales (bottom down o top down), con esto los estudiantes entenderán no solo la técnica de síntesis y caracterización de dichos materiales, sino que hay un mundo oculto a la nuestra percepción que puede ser revelado con una técnica y equipo en específico lo cual nos da elementos para explicar que con las herramientas necesarias podemos evidenciar una escala esquivada ante nuestros sentidos

Pero a nivel general si son prácticos porque no abordan todo esto de una manera profunda como la que acabo de describir, solo lo dejo ahí para que piensen si el título de la página está bien.

¿Es posible establecer la articulación de los nano fertilizantes con un contenido académico trabajado desde el contexto del estudiante?

Me hubiese gustado para que hubiese dicha contextualización que abordaran una problemática entorno a los fertilizantes pero a nivel de Colombia, con datos y cifras sobre cómo se utiliza el suelo y que alimentos producimos como nación, creo que esta es la manera más efectiva de aterrizar el problema de los fertilizantes industriales y por qué esto es un problema entorno al uso del agua, suelo, aire, plagas y demás factores, por ejemplo en la página de como definimos alimentación saludable podría buscarse una referencia que haga específico como nos alimentamos los colombianos y cuáles son los cuidados y fertilizantes que se utilizan en dichas huertas o sembradíos, es decir, su propuesta está bien pero si me quedaron debiendo bastante de dicho tema en Colombia.

¿Tiene alguna recomendación para ajustar el sitio web?

Que todos los formatos los ajusten a formato institucional y PDF, con sus nombres porque son los diseñadores y que las tablas y gráficos los titulen y referencien con norma para webs

Gracias por tu colaboración.

Anexo D. Tabla 6

Tabla 6.

Relación niveles de escolaridad con respuestas de carácter abierto

Nivel de escolar	Nacionalidad	Años de experiencia	Temática
SUPERIOR	P5 (COL)	6	Tecnólogos y profesionales de química
	P6 (COL)	19	Fisicoquímica II (Lic. en química)
	P24 (COL)	4	Universidad. 5 semestre de tecnología en procesos químicos industriales.
	P25 (HON)	33	Universidad. Partículas subatómicas, unidades de medida.
SUPERIOR-MEDIA	P12 (HON)	15	Media y universitario.
	P15 (HON)	23	Grados 10 y 11, universitario. (temas agrícolas)
	P21 (HON)	15	Grados 10 y 11. Universidad.
	P23 (COL)	3	Grados 10 y 11. Y primeros semestres de universidad.
MEDIA	P3 (COL)	4	Grado 9, 10 y 11
	P4 (COL)	7	Grado 7
	P1 (BRA)	3	Grado 10 y 11

	P2 (COL)	18	Todo bachillerato
	P7 (COL)	6	Todo bachillerato
	P8 (COL)	0	Grado 9, 10, 11 Estructura de la material y reacciones, nutrientes en plantas y educación ambiental impacto de fertilizantes
	P9 (BRA)	0	Segundo y tercer año (propiedades de la materia y reacciones químicas)
	P10 (COL)	27	Grado 8 y 9.
	P11 (COL)	4	Todo bachillerato (reacciones químicas inorgánicas)
	P13 (COL)	23	Superior. Tabla periódica y química organometálica.
	P14 (COL)	2	Bachillerato y superior (química general)
	P16 (COL)	2	Grado 9, 10 y 11. Temas de ciencia y ciencia ambiental. Introducción a química aplicada y sostenibilidad.
	P17 (COL)	4	Grado 10. Temas de ciencia y agrícolas.
	P19 (COL)	6	Básica y media por secciones. Enseñanza de conversión de unidades, media vocacional con temas relacionados a lo agro.
	P20 (COL)	6	Grados de 10 y 11. Con temas de ODS y alimentación saludable. Ciencias y su transversalidad.
	P22 (COL)	3	Básica y media. Soberanía alimentaria.
	P26 (COL)	6	Grado 7y Prácticas agrícolas (fertilizantes y practicas sostenibles)
	P27 (COL)	27	Grado 9. Temas de suelos. Ciencias naturales y educación ambiental.
MEDIA-BASICA	P18 (COL)	1	Grado de 10 y 11, con adaptación a 5 y 6 grados. Temas de ODS.

Nota: P# responde a la codificación de profesores encuestados. Nacionalidad (COL) Colombia, (HON) Honduras, (BRA) Brasil.