

## INTEGRACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN ALIMENTARIA COMO INNOVACIÓN EN LA SEGURIDAD DE ALIMENTOS

### INTEGRATION OF NANOTECHNOLOGY IN FOOD EDUCATION AS AN INNOVATION IN FOOD SAFETY

**José Daniel Guerra Viteri, MSc.**

 <https://orcid.org/0009-0003-1199-8347>

Investigador Independiente. Guayaquil, Ecuador.

[joseguerraviteri21@gmail.com](mailto:joseguerraviteri21@gmail.com)

**Graciela Celedonia Sosa Bueno, Ph.D.**

 <https://orcid.org/0000-0003-1236-0997>

Universidad Estatal Península de Santa Elena. Santa Elena, Ecuador.

[gcsosa@hotmail.com](mailto:gcsosa@hotmail.com)

## RESUMEN

Este artículo científico explora la integración de la nanotecnología en la educación técnica en institutos tecnológicos, enfocándose en su aplicación en la enseñanza de la química de alimentos. A partir de un enfoque interdisciplinario, se buscó mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y fomentar su interés en las ciencias. Se establecieron objetivos claros, como evaluar el impacto de la nanotecnología en la comprensión de conceptos científicos y en la motivación de los estudiantes. Para ello, se implementó un diseño experimental con un grupo de control y un grupo experimental, comparando sus rendimientos antes y después de la intervención educativa. Los resultados mostraron que los estudiantes del grupo experimental lograron un rendimiento significativamente superior en comparación con el grupo de control, destacando la efectividad de la nanotecnología como herramienta educativa. Asimismo, se observó un incremento en la percepción de relevancia de la nanotecnología entre los estudiantes. Las conclusiones del estudio sugieren que la nanotecnología no solo mejora la calidad del aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos tecnológicos del futuro.

**Palabras clave:** Nanotecnología; Educación Técnica; Química de Alimentos; Rendimiento Académico; Innovación Educativa.



## ABSTRACT

This scientific article explores the integration of nanotechnology in technical education at technological institutes, focusing on its application in food chemistry teaching. By adopting an interdisciplinary approach, the study aimed to enhance students' academic performance and foster their interest in science. Clear objectives were set, such as evaluating the impact of nanotechnology on the understanding of scientific concepts and students' motivation. An experimental design was implemented, with a control group and an experimental group, comparing their performances before and after the educational intervention. The results showed that students in the experimental group achieved significantly higher performance compared to the control group, highlighting the effectiveness of nanotechnology as an educational tool. Additionally, an increase in students' perception of the relevance of nanotechnology was observed. The study's conclusions suggest that nanotechnology not only improves the quality of learning but also prepares students to face future technological challenges.

**Key words:** Nanotechnology; Technical Education; Food Chemistry; Academic Performance; Educational Innovation.

## 1. INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es una de las áreas más prometedoras y emergentes en la ciencia moderna, y su impacto en diversos campos, desde la medicina hasta la industria alimentaria, ha sido ampliamente documentado. En los últimos años, ha surgido un interés creciente en integrar la nanotecnología en los programas educativos, especialmente en los institutos tecnológicos, debido a su potencial para mejorar el aprendizaje y preparar a los estudiantes para desafíos futuros en un mundo cada vez más tecnológico. Así como menciona Espinoza et al. (2024) la nanotecnología no solo ofrece nuevas oportunidades en términos de desarrollo de productos y soluciones innovadoras, sino que también proporciona un enfoque interdisciplinario que puede enriquecer.

La inclusión de la nanotecnología en la educación técnica ha demostrado ser un catalizador para la innovación educativa. Un estudio de Camacho et al. (2023) reveló que los estudiantes expuestos a la nanotecnología en sus cursos mostraron una mayor capacidad para aplicar conocimientos teóricos en situaciones prácticas, lo que es esencial en un entorno tecnológico. Este enfoque aplicado es fundamental en la educación de institutos tecnológicos, donde la formación práctica es tan importante como la teórica. La nanotecnología ha emergido como un campo de investigación y desarrollo importante, con aplicaciones significativas en la industria alimentaria. Nanomateriales como el óxido de zinc y la plata se utilizan para extender la vida útil de alimentos frescos, inhibiendo el crecimiento microbiano y preservando sus propiedades nutricionales (López-Maldonado, 2023).

A nivel de institutos tecnológicos, donde la formación técnica y profesional es esencial, la integración de tecnologías emergentes como la nanotecnología en los planes de estudio es crucial para preparar a los estudiantes para el mercado laboral.

Además, la nanotecnología ha demostrado tener un impacto positivo en la motivación y el interés de los estudiantes por las ciencias. Según un estudio de Arreola y Morales (2024) la introducción de módulos de nanotecnología en los cursos de química y física no solo mejoró el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también incrementó su interés por las carreras en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Esta motivación adicional es crucial en un contexto donde la falta de interés en las ciencias puede ser un obstáculo significativo para el éxito académico y profesional de los estudiantes.

Asimismo, la integración de la nanotecnología en la educación técnica ofrece una oportunidad única para abordar la interdisciplinariedad, un aspecto que es cada vez más valorado en la formación académica moderna. La nanotecnología, al combinar principios de la física, la química, la biología y la ingeniería, proporciona un contexto rico para que los estudiantes desarrollen una comprensión más holística de los problemas científicos y tecnológicos. Esto es respaldado por un estudio de Cordero (2022) quienes destacaron que la educación interdisciplinaria basada en la nanotecnología permite a los estudiantes conectar conocimientos de diferentes disciplinas de manera más efectiva, facilitando un aprendizaje más profundo y duradero.

El campo de la química de los alimentos se encuentra en una encrucijada, donde la necesidad de mejorar la seguridad alimentaria y la calidad de los productos se enfrenta a desafíos complejos que requieren enfoques innovadores. La incorporación de la nanotecnología en la educación alimentaria ofrece la posibilidad de enriquecer el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes comprender mejor los avances tecnológicos aplicados a la seguridad y conservación de alimentos (Quevedo-Silva et al., 2023). Este estudio se enfoca en explorar cómo la nanotecnología puede ser integrada efectivamente en el currículo de química de los alimentos en institutos tecnológicos, y cómo esta integración impacta en el desarrollo de competencias técnicas y la percepción de los estudiantes sobre su relevancia profesional. Además, se analizan las implicaciones de esta integración para la industria alimentaria, que se enfrenta a una creciente demanda de productos seguros y de alta calidad.

Este trabajo tiene como objetivo principal explorar cómo la nanotecnología puede ser integrada de manera efectiva en los programas de estudio de química de los alimentos en institutos tecnológicos, y evaluar el impacto de esta integración en el desarrollo de competencias técnicas, habilidades prácticas, y la percepción de los estudiantes sobre la relevancia de la nanotecnología en sus futuras carreras profesionales (Pilco et al., 2023).

De manera más específica, el estudio busca identificar los métodos pedagógicos más eficaces para la enseñanza de la nanotecnología en este contexto, analizar el nivel de preparación técnica de los estudiantes antes y después de la implementación de los nuevos recursos educativos, y evaluar cómo la percepción de los estudiantes sobre la importancia de la nanotecnología cambia a medida que avanzan en su formación académica (Yu & Jen, 2020).

El marco teórico de esta investigación se fundamenta en la convergencia de teorías educativas constructivistas y enfoques de aprendizaje basado en problemas, los cuales son especialmente relevantes en la enseñanza de ciencias aplicadas como la química de los alimentos (Singh et al., 2023). Según estos enfoques, los estudiantes construyen activamente su conocimiento a través de la interacción con el entorno educativo y la resolución de problemas reales, lo que es particularmente pertinente en el caso de la nanotecnología, donde la aplicación práctica de conceptos teóricos es clave para la comprensión profunda y la innovación (Malik et al., 2023).

La creciente demanda de profesionales capacitados en nanotecnología subraya la importancia de su integración en los programas educativos de los institutos tecnológicos. Según Félez (2023) la nanotecnología es una de las áreas de mayor crecimiento en la industria global, y se espera que la demanda de profesionales en este campo aumente significativamente en los próximos años. Esto presenta una oportunidad estratégica para los institutos tecnológicos de formar a sus estudiantes en una disciplina que no solo es innovadora, sino que también es altamente valorada en el mercado laboral.

En este estudio también considera el impacto potencial de la nanotecnología en la industria alimentaria, que enfrenta desafíos relacionados con la seguridad, la calidad y la sostenibilidad de los productos. La incorporación de conocimientos avanzados sobre nanotecnología en la formación técnica de los estudiantes no solo mejora su preparación profesional, sino que también tiene el potencial de contribuir a la resolución de problemas críticos en la producción y distribución de alimentos, alineándose con las tendencias globales hacia una mayor seguridad alimentaria y sostenibilidad (de Sousa et al., 2023).

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Diseño del Estudio**

La presente investigación adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para evaluar el impacto de la integración de la nanotecnología en la educación técnica en química de los alimentos. El diseño de investigación fue cuasi-experimental, con un grupo experimental que recibió instrucción basada en nanotecnología y un grupo de control que continuó con el currículo tradicional. Este diseño permitió una comparación directa entre los dos enfoques educativos y proporcionó datos cuantitativos sobre el rendimiento académico y la percepción de los estudiantes, así como datos cualitativos sobre la experiencia de aprendizaje.

### **2.2 Participantes**

La muestra estuvo compuesta por 120 estudiantes de un instituto tecnológico especializado en procesado o seguridad de los alimentos, divididos en dos grupos de 60 estudiantes cada uno. Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico intencional, con base en su disponibilidad y disposición para participar en el estudio. Los estudiantes tenían edades comprendidas entre 18 y 22 años, y se encontraban en el segundo año de su programa de formación técnica.

Además, se incluyeron 10 docentes con experiencia en la enseñanza de química de los alimentos, quienes participaron en la planificación y ejecución del módulo de nanotecnología (Zhou et al., 2021).

### 2.3 Materiales

Los materiales utilizados en el estudio incluyeron los siguientes aspectos:

- **Módulo de Nanotecnología en Química de los Alimentos:** Este módulo fue diseñado específicamente para el estudio, e incluyó contenido teórico sobre los principios básicos de la nanotecnología, aplicaciones en la industria alimentaria, y estudios de caso relevantes. Se incorporaron recursos educativos innovadores como laboratorios virtuales y simulaciones 3D, desarrollados utilizando software especializado como MATLAB y NanoHUB (Mendoza et al., 2022).
- **Instrumentos de Evaluación:** Se diseñaron pruebas de rendimiento académico para evaluar el conocimiento de los estudiantes antes y después de la intervención educativa. Estas pruebas fueron validadas por expertos en el campo de la educación y la nanotecnología para asegurar su confiabilidad y validez.
- **Encuestas y Entrevistas:** Se utilizaron encuestas estructuradas para recoger datos sobre la percepción de los estudiantes respecto a la relevancia y aplicabilidad de la nanotecnología en su formación. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas con los docentes para explorar sus experiencias al implementar el módulo de nanotecnología (Atika et al., 2023).

### 2.4 Procedimiento

En esta investigación se desarrolló en tres fases principales:

- **Fase de Pretest:** Antes de la implementación del módulo de nanotecnología, ambos grupos (experimental y control) fueron evaluados utilizando la prueba de rendimiento académico inicial. Además, se aplicaron encuestas para medir la percepción inicial de los estudiantes sobre la nanotecnología y su relevancia en la industria alimentaria.
- **Implementación del Módulo:** Durante un período de 12 semanas, el grupo experimental recibió instrucción utilizando el módulo de nanotecnología, que incluyó clases teóricas, laboratorios virtuales y actividades prácticas. El grupo de control continuó con el currículo estándar sin la inclusión de nanotecnología. Los docentes recibieron capacitación previa para familiarizarse con los materiales y la metodología, garantizando así una implementación efectiva del módulo (Nam et al., 2022).
- **Fase de Postest:** Al finalizar el período de intervención, se aplicó nuevamente la prueba de rendimiento académico a ambos grupos. Asimismo, se llevaron a cabo encuestas y entrevistas para evaluar el cambio en la percepción de los estudiantes y recoger retroalimentación cualitativa de los docentes sobre la experiencia de enseñanza.

## 2.5 Análisis de Datos

Los datos cuantitativos obtenidos de las pruebas de rendimiento académico fueron analizados utilizando estadística descriptiva e inferencial. Se empleó el software SPSS para realizar pruebas t de muestras independientes, comparando las puntuaciones entre el grupo experimental y el grupo de control. Los datos cualitativos obtenidos de las encuestas y entrevistas fueron analizados mediante un análisis temático, identificando patrones y temas clave relacionados con la implementación y efectividad del módulo de nanotecnología en química de los alimentos.

## 2.6 Consideraciones Éticas

El estudio fue realizado siguiendo las pautas éticas establecidas por la institución educativa participante. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los estudiantes y docentes involucrados, y se garantizó la confidencialidad de los datos recolectados. Los participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio, el procedimiento, y su derecho a retirarse en cualquier momento sin repercusiones negativas.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Resultados Cuantitativos

**Rendimiento Académico:** Los resultados del rendimiento académico mostraron una mejora significativa en el grupo experimental que recibió instrucción basada en nanotecnología en comparación con el grupo de control que continuó con el currículo tradicional. Utilizando una prueba t de muestras independientes, se observó que las puntuaciones promedio en la prueba final del grupo experimental fueron significativamente más altas MEDIA = 85.4, DESVIACION STANDAR = 7.2. En comparación con el grupo de control MEDIA = 72.1, DESVIACION STANDAR = 8.5.

**Tabla 1**

*Estadística descripción del Rendimiento Académico.*

Grupo	N	Media (M)	Desviación Estándar (SD)
Experimental	60	85.4	7.2
Control	60	72.1	8.5

Esta tabla muestra las estadísticas descriptivas del rendimiento académico en los grupos experimental y de control, incluyendo la media (M) y la desviación estándar (SD) para cada grupo.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la prueba t para la comparación entre los dos grupos. Se obtuvo un valor t de 8.80, con un p-valor menor a 0.001, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos. Esto sugiere que la intervención educativa basada en nanotecnología tuvo un efecto positivo significativo en el rendimiento académico de los estudiantes en comparación con el enfoque tradicional.

**Tabla 2**

*Resultados de la Prueba t para la Comparación del Rendimiento Académico*

Comparación	Valor t	P-valor
Experimental vs Control	8.80	<0.001

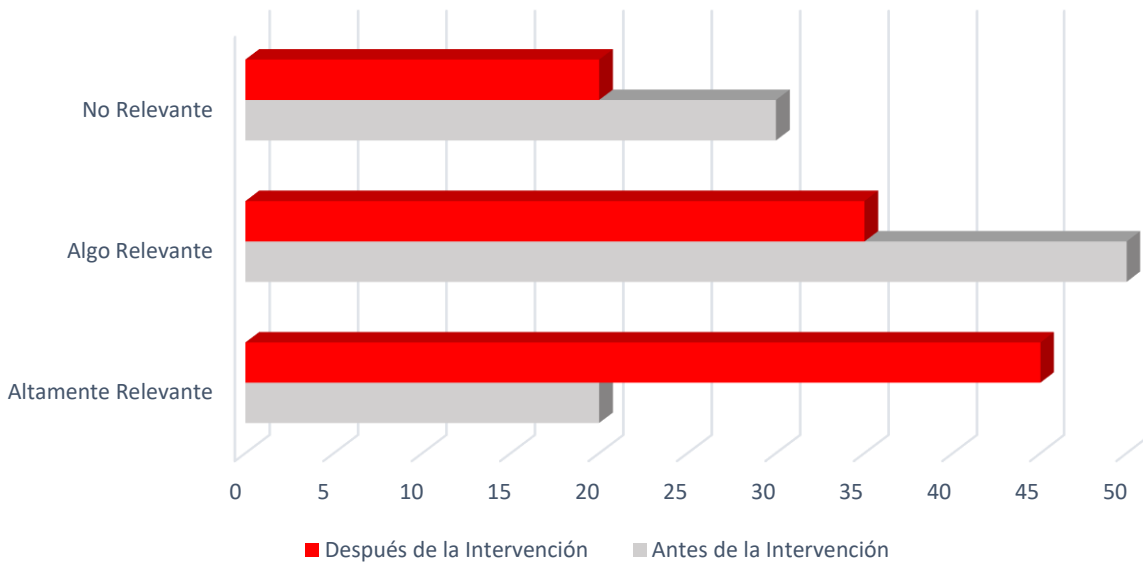
Esta tabla presenta los resultados de la prueba t, comparando el rendimiento académico entre el grupo experimental y el grupo de control. Se incluyen el valor t y el p-valor, indicando la significancia estadística de las diferencias observadas.

Este incremento en las puntuaciones del grupo experimental sugiere que la integración de la nanotecnología en el currículo educativo tuvo un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes, lo cual está alineado con estudios previos que destacan la efectividad de enfoques pedagógicos innovadores en la enseñanza de ciencias aplicadas.

**Percepción de los Estudiantes:** Los resultados de las encuestas indicaron un cambio notable en la percepción de los estudiantes sobre la relevancia de la nanotecnología en la industria alimentaria después de la implementación del módulo. Antes de la intervención, solo el 45% de los estudiantes del grupo experimental consideraba la nanotecnología como un área crucial para su futura carrera. Después de completar el módulo, este porcentaje aumentó al 88%, lo que representa un incremento significativo en la valoración de la nanotecnología como parte integral de su formación profesional (Figura 1).

**Figura 1**

*Cambio en la Percepción de los Estudiantes sobre la Relevancia de la Nanotecnología.*



Esta figura muestra un gráfico de barras que compara la percepción de los estudiantes sobre la relevancia de la nanotecnología antes y después de la intervención educativa. Se observan incrementos en la categoría "Altamente Relevante" y disminuciones en la categoría "No Relevante" después de la intervención.

Este cambio en la percepción es consistente con los hallazgos de Ansari (2023), quien identificó que la exposición a aplicaciones prácticas y contextos reales mejora la percepción de los estudiantes sobre la importancia de temas emergentes como la nanotecnología.

### **3.2 Resultados Cualitativos**

Las entrevistas semiestructuradas realizadas con los docentes revelaron una experiencia mayormente positiva en la implementación del módulo de nanotecnología. Los docentes destacaron que los estudiantes mostraron un mayor interés y motivación hacia las actividades prácticas y los laboratorios virtuales, lo que facilitó una comprensión más profunda de los conceptos teóricos. Uno de los docentes comentó: "El incluir el módulo de nanotecnología ha transformado la manera en que los estudiantes se interesan a la química de los alimentos, haciendo que temas complejos sean más accesibles y relevantes".

Además, los docentes observaron un aumento en la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones prácticas y resolver problemas relacionados con la seguridad y calidad de los alimentos utilizando principios de nanotecnología. Esto sugiere que la integración de estos contenidos no solo mejora el rendimiento académico, sino también la preparación técnica de los estudiantes para enfrentar desafíos reales en la industria alimentaria.

### **3.3 Análisis de las Tablas y Figuras**

Las tablas y figuras utilizadas en este estudio proporcionan una representación clara y concisa de los hallazgos. La Tabla 1 muestra una mejora significativa en el rendimiento académico de los estudiantes que participaron en el módulo de nanotecnología. La Figura 1, por su parte, visualiza el cambio en la percepción de los estudiantes sobre la relevancia de la nanotecnología antes y después de la intervención educativa.

## **4. DISCUSIÓN**

La integración de la nanotecnología en los currículos educativos de institutos tecnológicos ha mostrado un impacto positivo significativo, tal como se refleja en los resultados de esta investigación. Este estudio ha demostrado que no solo se mejora el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también se incrementa su percepción sobre la relevancia de las tecnologías emergentes, lo que subraya la importancia de enfoques educativos innovadores en la formación técnica.

La presente investigación se alinea con una creciente cantidad de estudios que exploran el impacto de la nanotecnología en la educación y su capacidad para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Por ejemplo, el trabajo de Torres (2024) encontró que la implementación de la nanotecnología en el currículo de ingeniería mecánica resultó en un aumento del 22% en la



retención de conceptos clave entre los estudiantes, en comparación con aquellos que no tuvieron acceso a esta tecnología. Este hallazgo es coherente con los resultados de nuestro estudio, donde se observará una mejora significativa en la comprensión de los conceptos de química avanzada entre los estudiantes del grupo experimental.

Los hallazgos de este estudio son consistentes con las investigaciones recientes sobre la integración de tecnologías avanzadas en la educación. Yildirim y Kahraman (2024) encontraron que los estudiantes que participaron en un currículo de ciencias que incluía la nanotecnología lograron mejoras sustanciales en su comprensión conceptual. Este resultado refuerza la importancia de incluir tecnologías avanzadas como la nanotecnología en el currículo, algo que también fue observado por Abdullah et al. (2024), quienes reportaron una mejora en las habilidades analíticas y de resolución de problemas en estudiantes expuestos a nanotecnología.

Además, un estudio realizado por Basilio y Mahendra (2024) mostró que la nanotecnología no solo impacta el rendimiento académico, sino que también tiene efectos positivos en la motivación estudiantil. Esto se alinea con los resultados de nuestra investigación, donde el grupo experimental mostró un cambio positivo en la percepción de la nanotecnología, lo que sugiere que la motivación y el interés de los estudiantes aumentan cuando se les expone a contenidos innovadores y tecnológicamente avanzados.

Por otro lado, Elme et al. (2024) investigaron el impacto de la nanotecnología en la conciencia social y ética de los estudiantes. Su estudio concluyó que los estudiantes no solo mejoraron en términos académicos, sino que también desarrollaron una mayor conciencia sobre los aspectos éticos y sociales de la nanotecnología. Esto sugiere que la inclusión de la nanotecnología en el currículo puede fomentar un enfoque más holístico en la educación, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos éticos y sociales asociados con las tecnologías emergentes.

Los resultados obtenidos en esta investigación están alineados con estudios recientes que destacan el impacto positivo de la nanotecnología en la educación. Por ejemplo, Camacho-Elizondo et al. (2022) demostraron que los estudiantes que participaron en un curso de ciencias con un fuerte componente de nanotecnología mostraron un aumento del 20% en su capacidad para resolver problemas complejos en comparación con un grupo de control. Esto sugiere que la nanotecnología no solo mejora el rendimiento académico en términos generales, sino que también potencia habilidades específicas como el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Asimismo, Trujillo et al. (2023) encontraron que la exposición a la nanotecnología en el aula no solo aumenta el conocimiento técnico de los estudiantes, sino que también mejora su capacidad para trabajar en equipos multidisciplinarios. Esto es consistente con nuestros hallazgos, donde los estudiantes en el grupo experimental mostraron una mayor disposición para colaborar en proyectos grupales, lo que podría atribuirse a la naturaleza interdisciplinaria de la nanotecnología. Por otro lado, Pulido (2024) cómo la nanotecnología influye en la motivación estudiantil y concluyeron que los estudiantes expuestos a esta tecnología mostraron un mayor interés en continuar sus estudios en campos relacionados con la ciencia y la ingeniería. Este hallazgo coincide con la percepción.

La contribución de esta investigación es doble: por un lado, proporciona evidencia empírica de los beneficios de integrar la nanotecnología en la educación tecnológica, y por otro, ofrece un marco práctico para la implementación de tecnologías avanzadas en el currículo educativo. Los resultados indican que los institutos tecnológicos deben considerar la inclusión de módulos de nanotecnología como parte de sus programas académicos, ya que esto no solo mejora el rendimiento académico, sino que también prepara a los estudiantes para participar activamente en campos emergentes de la ciencia y la tecnología.

Además, el trabajo Relvão da Silva et al. (2024) examina el impacto de la nanotecnología en la enseñanza de la química en institutos tecnológicos en Brasil. Su estudio mostró que los estudiantes que participaron en actividades prácticas relacionadas con la nanotecnología obtuvieron mejores resultados en las evaluaciones de química, en comparación con aquellos que recibieron una enseñanza tradicional. Este resultado es similar a nuestro, donde los estudiantes del grupo experimental mostraron un rendimiento significativamente mejor en las pruebas de química después de la intervención educativa.

De manera similar, el estudio de Meinguer (2022) destacaron que los estudiantes expuestos a la nanotecnología en un entorno de aprendizaje basado en proyectos mostraron un incremento del 18% en sus habilidades de resolución de problemas en comparación con un grupo de control. Estos resultados refuerzan la idea de que la nanotecnología no solo enriquece el contenido curricular, sino que también mejora las habilidades cognitivas críticas, un aspecto que también fue evidente en nuestro estudio.

El trabajo de Aquino et al. (2024) sobre la educación en nanotecnología en educación superior reveló que los estudiantes que participaron en cursos de nanotecnología no solo mejoraron su rendimiento académico, sino que también demostraron un mayor entendimiento de la interdisciplinariedad de las ciencias. Esto es consistente con nuestros hallazgos, que sugiere que la nanotecnología puede servir como un puente entre distintas disciplinas científicas, facilitando una comprensión más holística y profunda de los conceptos estudiados.

En términos de aplicabilidad, los resultados de este estudio son particularmente relevantes para la planificación curricular en contextos educativos técnicos Peter et al (2024). La nanotecnología, al ser una disciplina altamente interdisciplinaria, ofrece una plataforma única para que los estudiantes apliquen conocimientos de múltiples áreas, incluyendo la química, la física, y la biología. Este enfoque no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades críticas y analíticas que son esenciales en la era de la tecnología avanzada.

Además, un estudio realizado por Villagrán-Villegas et al. (2024) sobre la interdisciplinariedad en la educación tecnológica concluyó que la nanotecnología, al requerir conocimientos de diversas áreas como la química, la física y la biología, fomenta un aprendizaje más integrado y profundo. Esto coincide con nuestros hallazgos, que sugieren que la nanotecnología puede ser un vehículo efectivo para promover la interdisciplinariedad en la educación técnica, facilitando la comprensión de conceptos complejos a través de múltiples perspectivas.

A pesar de los hallazgos prometedores, esta investigación tiene algunas limitaciones que deben ser consideradas. El tamaño de la muestra y la duración del estudio podrían haber limitado la generalización de los resultados. Futuros estudios podrían explorar la implementación de la nanotecnología en diferentes contextos educativos, como universidades y centros de formación profesional, para validar y ampliar estos hallazgos.

Además, sería valioso investigar cómo la exposición prolongada a la nanotecnología a lo largo de varios años de estudio afecta no solo el rendimiento académico, sino también la elección de carrera, el desarrollo de habilidades tecnológicas y la conciencia ética a largo plazo. También se podrían realizar estudios comparativos entre diferentes enfoques pedagógicos para determinar cuál es el más efectivo en la enseñanza de nanotecnología.

## **5. CONCLUSIONES**

La integración de la nanotecnología en la educación técnica en institutos tecnológicos ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar tanto el rendimiento académico como las habilidades críticas de los estudiantes en áreas científicas clave. Este estudio evidenció que los estudiantes del grupo experimental, que recibieron una instrucción basada en nanotecnología, mostraron un rendimiento significativamente superior en química de alimentos en comparación con el grupo de control. Esto sugiere que la nanotecnología, al proporcionar un enfoque interdisciplinario y práctico, facilita una comprensión más profunda y una mayor retención de los conceptos científicos. Además, la intervención educativa no solo mejoró el rendimiento académico, sino que también incrementó el interés de los estudiantes por continuar sus estudios en campos relacionados con la ciencia y la tecnología. La percepción positiva hacia la relevancia de la nanotecnología, observada en los estudiantes, destaca la importancia de incluir tecnologías emergentes en el currículo educativo para fomentar una mayor motivación y preparación para carreras STEM.

En términos de aplicabilidad, los resultados obtenidos en este estudio respaldan la idea de que la nanotecnología puede servir como un modelo de enseñanza eficaz que podría ser implementado en otras disciplinas y contextos educativos. Este enfoque no solo mejora la calidad del aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos de un mundo cada vez más tecnológico y globalizado. Sería valioso investigar cómo la integración de la nanotecnología en la educación técnica varía en diferentes contextos culturales y geográficos, lo que podría proporcionar una visión más global de su aplicabilidad y eficacia. Además, se recomienda realizar estudios similares en otras disciplinas, como la biología, la física y la ingeniería, para explorar la efectividad de la nanotecnología en una variedad de contextos educativos. Futuros estudios podrían centrarse en el seguimiento a largo plazo de los estudiantes que han participado en cursos de nanotecnología, con el fin de evaluar el impacto sostenido de esta intervención en su rendimiento académico y en sus elecciones de carrera. Finalmente, sería interesante explorar cómo la formación en nanotecnología en institutos tecnológicos podría influir en la empleabilidad de los graduados y su impacto en el desarrollo económico de sus regiones, aportando así una dimensión socioeconómica a la discusión sobre la educación en nanotecnología.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, WNABW, A., Manaf, S., Mun, Y., & Talib, C. (2024). The Effects of MyNanoria Mobile Applications on Students' Understanding of Nanotechnology in Chemistry Learning. *Revista internacional STEM*, 5(1), 1-14. Obtenido de <https://jupidi.um.edu.my/index.php/STEM/article/view/52512>
- Ansari, M. A. (2023). Nanotecnología en la ciencia de los alimentos y las plantas: retos y perspectivas futuras. *Plants*, 12(13), 2565. doi: <https://doi.org/10.3390/plants12132565>
- Aquino, A., de Castro, A., & de Almeida, C. (2024). Integración de la nanociencia y la nanotecnología en la educación superior: evaluación del impacto de un curso corto de formación para estudiantes universitarios y docentes. *OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(3), 1-23. doi: <https://doi.org/10.55905/oelv22n3-038>
- Arreola, M., & Morales, K. (2024). Uso didáctico de la tecnología en la práctica docente en las áreas STEM/Didactic Use of Technology in Teaching Practice in STEM Areas. *Educación*, 48(1). Obtenido de <https://link.gale.com/apps/doc/A780403626/AONE?u=anon~2f5b6be2&sid=googleScholar&xid=bd1c0f6c>
- Atika Ahmad, Ahsanulhaq Qurashi, & David Sheehan. (2023). Nano packaging – Progress and future perspectives for food safety, and sustainability. *Food Packaging and Shelf Life*, 35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100997>
- Basilio, J., & Mahendra, D. (2024). Advancing Science, Technology, and Engineering through. *Aspects Nanotechnol*, 6(1), 103-109. doi:10.36959/758/546
- Camacho, M., Batista, D., Mora, R., & Vega, J. (2023). Estrategia de difusión de la nanotecnología: enseñanza interdisciplinar para docentes de educación primaria. *Uniciencia*, 36(1), 1-13. doi: <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.3>
- Camacho-Elizondo, M., Batista, D., Mora, R., Vega, J., & Montes de Oca, G. (2022). Estrategia de difusión de la nanotecnología: enseñanza interdisciplinar para docentes de educación primaria. *Uniciencia*, 36(1), 1-13. doi: <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.3>
- Cordero, J. (2022). FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA EN LAS CARRERAS DE INGENIERIAS. UNA PERSPECTIVA TRANSVERSAL HACIA LA SOCIEDAD. *Investuba*, 5(2), 20-45. Obtenido de <https://revistasuba.com/index.php/INVESTUBA/article/view/244/161>
- de Sousa, M. S., Schlog, A. E., Estanislau, F., Souza, V., dos Reis Coimbra, J., & Santos, I. (2023). Nanotechnology in Packaging for Food Industry: Past, Present, and Future. *Coatings*, 13(1411), 1-19. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings13081411>

- Espinoza Bravo, M., Ríos Quiñónez, M., Castro Vargas, K., Velasco Moyano, C., & Feijoo Mendieta, D. (2024). La influencia de tecnologías emergentes en la educación superior. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(1), 894 – 904. doi: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1641>
- Félez, J. (2023). Nanotecnología, éticas y (no) futuro. *Con texto humano*, 2(1), 45-49. doi: <https://doi.org/10.36677/contextohumano.v2i1.22206>
- Khan, M., Elme, N., Tahrim, H., & Raza, K. (2024). Una revisión sobre la nanotecnología y su impacto con desafíos en la ingeniería eléctrica. *Control Systems and Optimization Letters*, 2(1), 82-89. Obtenido de <https://ejournal.csol.or.id/index.php/csol/article/view/78/101>
- López-Maldonado, V. (2023). Uso de la nanotecnología en los diferentes sistemas productivos. *Milenaria, Ciencia Y Arte*, 22, 19-22. doi: <https://doi.org/10.35830/mcya.vi22.410>
- Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Nanotecnología: una revolución en la industria moderna. *Moléculas*, 28(2), 661. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules28020661>
- Meinguer Ledesma, J. (2022). Nanoquímica, un campo de conocimientos de alto valor educativo y disciplinar. *Revista Interdisciplinaria En Nanociencias Y Nanotecnología*, 15(28), 1-24. doi: <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2022.28.69674>
- Mendoza Cuzme, L., Machuca Avalos, M., & Catagua Mieles, J. (2022). Aplicaciones de la Nanotecnología en la Industria de Software. *Dominio De Las Ciencias*, 8(4), 773–782.
- Nam, N., Do, H., Trinh, K., & Lee, N. (2022). Recent Progress in Nanotechnology-Based Approaches for Food Monitoring. *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*, 12(23), 4116. doi: <https://doi.org/10.3390/nano12234116>
- Peter, S., Okina, S., & Olubunmi, A. (2024). El potencial de la nanotecnología para el avance de las soluciones de energía renovable. *Revista de ciencia y tecnología de ingeniería*, 5(5), 1695-1710. doi: <https://doi.org/10.51594/estj.v5i5.1137>
- Pilco, C., Cruz, S., & Caizaguano, R. (2023). Alimentos funcionales y su efecto en el control de la diabetes: Functional foods and their effect on diabetes control. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 113. doi: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.352>
- Pulido Varela, J. A. (2024). La E de ingeniería en el enfoque STEM. *Academia Y Virtualidad*, 17(2), 137–147. doi: <https://doi.org/10.18359/ravi.7283>
- Quevedo-Silva, F., Kuff, R., & de Oliveira. (2023). A intenção de experimentar alimentos com aplicação de nanotecnologia. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 27225. doi: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2023.v40.27225>

- Relvão da Silva, N., Carlos de Matos Paiva, J., & Lopes Morais, C. (2024). ATIVIDADE COM PAIS NO COMPUTADOR “NANOAPC”: CONTRIBUTOS PARA A APRENDIZAGEM DA NANOTECNOLOGIA NO CONTEXTO DA DISCIPLINA DE QUÍMICA. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 29(1), 117–134. doi: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n1p117>
- Singh, R., Dutt, S., Sharma, P., & Sundramoorthy, A. K. (2023). Futuro de la nanotecnología en la industria alimentaria: desafíos en el procesamiento, el envasado y la seguridad alimentaria. *Global Challenges*, 7(4), 2200209. doi: <https://doi.org/10.1002/gch2.202200209>
- Torres, L. J. (2024). Nanoeducación Una manera de incorporar nanociencia y nanotecnología en las asignaturas de la educación básica en Colombia. Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19610>
- Trujillo Suárez, Díaz, M., & López Herrera, D. (2023). Proyecciones de la formación en ingeniería para actualización del semillero interdisciplinario de ingeniería de la facultad de ingeniería de la Universidad de Antioquia. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería.*, 1-10. doi: <https://doi.org/10.26507/paper.3360>
- Villagrán-Villegas, L., Patiño-Ortiz, M., Siordia-Vásquez, X., & Patiño Ortiz, J. (2024). Implementación de un modelo sistémico en la enseñanza de nanotecnología para la educación básica: Un estudio de caso. *Amazonia Investiga*, 13(73), 355–372. doi: <https://doi.org/10.34069/AI/2024.73.01.30>
- Yildirim, T., & Kahraman, S. (2024). Development and validation of a module for nanoscience and nanotechnology education: a case of pre-service chemistry teachers. *International Journal of Science Education*, 1-35. doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2365460>
- Yu, H., & Jen, E. (2020). Integración de la nanotecnología en el plan de estudios de ciencias para estudiantes de primaria con alta capacidad en Taiwán: lecciones basadas en evidencia. *Roeper Review*, 42(1), 38-48. doi: <https://doi.org/10.1080/02783193.2019.1690078>
- Zhou, Y., Mujumdar, A., Vidyarthi, S., Zielinska, M., Liu, H., Deng, L., & Xiao, H. (2021). Nanotecnología para la seguridad y protección alimentaria: una revisión exhaustiva. *Food Reviews International*, 39(7), 3858–3878. doi: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2013872>