

Modelo de Enseñanza para Educación Básica: Un enfoque sistémico y transdisciplinario.

L. Y. Villagrán-Villegas¹, M. Patiño-Ortiz², M. Martínez- Meza³, R.N. Macias-Segovia¹

¹ Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Av Venustiano Carranza S/N, Revolución, C.P. 93390, Poza Rica; Veracruz, México.

²Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Unidad Profesional Adolfo López Mateos "Zacatenco", Edificio 5 3er. Piso, Col. Lindavista, C.P. 07300, Ciudad de México.

³Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, Av Venustiano Carranza S/N, Revolución, C.P. 93390, Poza Rica; Veracruz, México.
Instituto de Estudios Universitarios, Avenida Cuauhtémoc, No. 39, Colonia Tepeyac, C.P. 93250, Poza Rica; Veracruz, México.

E-mail: yvillagran@uv.mx, mpatino_2002@ipn.mx, nmacias@uv.mx

URL ORCID:0000-0003-3860-2923, 0000-0002-5630-8077, 009-0001-9552-0484, 0009-0004-1593-8787

Resumen— En un contexto donde la ciencia y la tecnología son fundamentales para el desarrollo global, este proyecto educativo, innovador en México, busca fomentar el interés en áreas STEAM, especialmente entre las niñas, quienes han estado históricamente subrepresentadas en estos campos. El proyecto se alinea con el Modelo de Ciudadanos del Mundo de la UNESCO, con siete Objetivos de la Agenda 2030, con la Economía Circular, con el Manifiesto 2030 y la Nueva Escuela Mexicana, con el propósito de transformar la educación desde una edad temprana. El estudio presenta un modelo de enseñanza basado en la metodología de sistemas suaves, aplicando las taxonomías SOLO y BLOOM para estructurar y evaluar el aprendizaje. Esta metodología permite analizar y abordar problemas educativos de manera integral, facilitando la identificación de necesidades y la implementación de soluciones adaptadas a contextos específicos. Su enfoque promueve el desarrollo de habilidades críticas y creativas en los estudiantes, fortaleciendo su capacidad para resolver problemas complejos en entornos educativos diversos. Como parte de su implementación, el proyecto capacitó a docentes y estudiantes de nivel preescolar, primaria y secundaria, introduciendo el estudio de nuevas áreas científicas. Su objetivo principal es preparar a las futuras generaciones para contribuir a un futuro más sostenible, alineándose con los esfuerzos globales en educación y sostenibilidad. Este modelo educativo no solo busca mejorar la calidad de la enseñanza, sino también empoderar a los estudiantes desde una edad temprana, promoviendo una educación inclusiva y equitativa que responda a los desafíos del siglo XXI.

Palabras Clave — Inclusión, STEAM, Empoderamiento en la primera infancia, Ciudadanos del Mundo, Nueva Escuela Mexicana.

Abstract- In a context where science and technology are fundamental to global development, this innovative educational project in Mexico aims to foster interest in STEAM fields, particularly among girls, who have historically been underrepresented in these areas. It aligns with UNESCO's Global Citizen Model, seven Goals of the 2030 Agenda, Circular Economy, the 2030 Manifesto, and the New Mexican School, with the goal of transforming education from an early age. The study presents a teaching model based on the Soft Systems Methodology, applying the SOLO and BLOOM taxonomies to structure and assess learning. This methodology enables the comprehensive

analysis and approach to educational challenges, facilitating the identification of needs and the implementation of solutions adapted to specific contexts. Its approach promotes the development of critical and creative skills in students, strengthening their ability to solve complex problems in diverse educational environments. As part of its implementation, the project trained teachers and students at the preschool, elementary, and secondary levels, introducing the study of new scientific areas. Its primary objective is to prepare future generations to contribute to a more sustainable future, aligning with global efforts in education and sustainability. This educational model not only seeks to improve the quality of teaching but also aims to empower students from an early age, fostering an inclusive and equitable education that responds to the challenges of the 21st century.

Keywords — Inclusion, STEAM, Early Childhood Empowerment, Global Citizens, New Mexican School.

I. INTRODUCCIÓN

La educación en ciencias enfrenta el desafío de formar ciudadanos preparados para los avances científicos y las demandas sociales actuales [1]. Los maestros, como agentes clave de cualquier reforma educativa, deben adaptarse a contextos cambiantes y a las crecientes exigencias de su profesión [2]. En este marco, la biomimética, la nanociencia y la nanotecnología han adquirido relevancia en la investigación, divulgación y educación científica debido a su impacto en áreas como el desarrollo de fármacos, materiales industriales y aplicaciones en ingeniería [3]. Estas disciplinas aprovechan las propiedades únicas de la materia a escala nanométrica para crear nuevas tecnologías [4] y contribuyen a la alfabetización científica y tecnológica de las futuras generaciones [5]. Además, su enseñanza fomenta el desarrollo social y ético de los estudiantes al abordar sus implicaciones sociales [6]. La educación en nanotecnología es crucial para guiar el progreso científico y motivar a los estudiantes a seguir carreras en este campo [7]. Para lograrlo, se requieren métodos efectivos que

incluyan formación docente, lenguaje accesible, aplicaciones prácticas y enfoques interdisciplinarios [8]. Además, la difusión de la ciencia y la tecnología debe ser inclusiva, promoviendo la participación de niñas, históricamente subrepresentadas en áreas STEM, y fomentando la igualdad de género [9]. Esto implica comunicar conceptos complejos de manera clara y comprensible [10].

El proyecto que se presenta en este artículo se alinea con los principios de la educación para el desarrollo sostenible, la inclusión social y la igualdad de género. Introducir la biomimética y la nanotecnología desde edades tempranas no solo abre oportunidades para las niñas y niños, sino que también promueve prácticas sostenibles y la gestión responsable de recursos, en línea con los principios de la Economía Circular. Las nanociencias, biomimética y la nanotecnología ofrece soluciones sostenibles en sectores como la energía, la salud y el medio ambiente, capacitando a niñas, niños y jóvenes para contribuir a un futuro más consciente y responsable. Este enfoque se vincula con el *Manifiesto 2030*, que promueve la educación, la innovación y la sostenibilidad en relación con los materiales avanzados, preparando a las nuevas generaciones para enfrentar los desafíos globales.

En la Ciudad de Poza Rica Veracruz, México, desde el año 2022 da inicio el proyecto que utiliza la metodología de sistemas suaves, conocida por su capacidad para abordar problemas no estructurados con implicaciones sociales significativas. En lugar de centrarse únicamente en problemas inmediatos, esta metodología analiza las circunstancias subyacentes que los generan. Basada en la Teoría General de Sistemas (TGS), permite concebir el proceso enseñanza-aprendizaje (PEA) como un sistema en el que diversos actores trabajan hacia un objetivo común [11].

La TGS define un sistema como un conjunto de componentes interconectados que se influyen mutuamente y se transforman a través de sus interacciones, Figura 1. En el ámbito educativo, el PEA se entiende como un mecanismo de comunicación entre docentes y alumnos, enmarcado por el contexto institucional que facilita el diseño de estrategias de aprendizaje. Según Bertalanffy [12] un sistema educativo incluye tres funciones básicas:

Entrada: Proporciona información, energía o materia al sistema.

Salida: Representa el resultado del proceso de transformación, alineado con los objetivos del sistema.

Retroalimentación: Permite evaluar la salida en función de criterios preestablecidos para garantizar el cumplimiento de los objetivos.



Figura 1. Funciones básicas de un sistema. Adaptado de (Bertalanffy, 1968)

II. METODOLOGÍA/DESARROLLO

En este estudio, el término "metodología de sistemas suaves" se ha utilizado de manera consistente para referirse al enfoque metodológico basado en la propuesta de Checkland (1981). Esta metodología permite analizar y estructurar problemas en contextos complejos y multidimensionales, como el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación básica. Su enfoque sistémico posibilita la identificación de interacciones entre distintos factores educativos, considerando elementos sociales, políticos y económicos que influyen en la calidad de la enseñanza. La aplicación de la metodología de sistemas suaves en el modelo educativo se traduce en un proceso estructurado en fases, orientado a mejorar la enseñanza de la nanotecnología en la educación básica. La aplicación de la metodología permite:

- El Análisis del contexto educativo donde se identifican los factores que afectan el aprendizaje de la nanotecnología, incluyendo la formación docente, la disponibilidad de materiales didácticos y las expectativas de los estudiantes.
- La definición del problema que establece una visión enriquecida del proceso educativo, considerando el rol de los docentes, los estudiantes y los recursos disponibles para la enseñanza.
- El diseño de estrategias de enseñanza donde se desarrolla un modelo basado en la integración de la taxonomía SOLO y la taxonomía de Bloom, permitiendo estructurar el aprendizaje de manera jerárquica y evaluable.
- La implementación del modelo, ya que la metodología de sistemas suaves facilita la integración de estrategias didácticas innovadoras, promoviendo la experimentación y la enseñanza activa en el aula.
- La evaluación y retroalimentación donde se aplica un proceso iterativo para mejorar continuamente la enseñanza, basado en la medición de indicadores clave como la comprensión de conceptos científicos, la motivación de los estudiantes y la retención del conocimiento.

De esta manera, la metodología de sistemas suaves no solo permite abordar los desafíos de la educación en ciencias desde una perspectiva holística, sino que también favorece la adaptación del modelo a distintos niveles educativos y contextos específicos. Su aplicación en este estudio demuestra su eficacia como un marco conceptual flexible para la enseñanza de la nanotecnología en la educación básica.

La metodología integra la taxonomía SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) o ERAO (Estructura del Resultado del Aprendizaje Observado), que organiza el aprendizaje en cinco niveles jerárquicos, divididos en dos fases: cuantitativa (tres primeros niveles) y cualitativa (dos últimos). La taxonomía utiliza verbos específicos como indicadores para medir la profundidad del entendimiento de los estudiantes [13]. En la primera fase, se recopila información inicial, mientras que en la segunda se desarrolla una visión enriquecida del proceso de aprendizaje, considerando factores intrapersonales e interpersonales que afectan dicho proceso (Figura 1).

El modelo sistémico de enseñanza se estructura en cuatro fases principales:

Planeación: El docente evalúa los conocimientos previos y creencias de los estudiantes mediante una evaluación diagnóstica basada en la taxonomía SOLO. Se consideran los contenidos específicos de nanociencias, los objetivos temáticos y los valores (dimensión axiológica).

Diseño: Se preparan estrategias, actividades y materiales educativos basados en proyectos reales o simulados, promoviendo habilidades cognitivas y un enfoque constructivista que integra nuevos conocimientos con saberes previos.

Implementación: Se ponen en práctica las estrategias y recursos diseñados, materializándose en la interacción entre docente y alumno.

Evaluación: Se realiza en tres momentos clave (modelo 3P: Presagio, Proceso y Producto). Incluye una evaluación inicial para determinar el nivel cognitivo de los estudiantes, evaluaciones intermedias para ajustar estrategias y una evaluación final para medir el progreso, todo en consonancia con la taxonomía SOLO (Tabla 1).

Tabla 1.- Niveles de comprensión de acuerdo a la taxonomía SOLO. (Biggs & Collis, 1982).

TAXONOMÍA SOLO	Niveles de comprensión		
Nivel 1. Pre-estructural	Sin comprender		
Nivel 2. Uni-estructural	Nivel Simple	Nivel Complejo	Memorizar Identificar Reconocer Realizar
	Terminología	Cuestión conceptual	
Nivel 3. Multi-estructural	Nivel Simple	Nivel Complejo	Clasificar Describir Hacer
	Elementos desorganizados	Infinitud de detalles	
Nivel 4. Relacional	Nivel Simple	Nivel Complejo	Aplicar Integrar Analizar Comparar Explicar Contrastar Relacionar
	Integración de datos	Aplicación de conceptos a un problema.	
Nivel 5. Abstracta ampliada	Nivel Simple	Nivel Complejo	Teorizar Formular hipótesis Generalizar Reflexionar
	Aborda problemas	Cuestiona principios existentes.	

Además, se complementa con la taxonomía de Bloom (1956) [14], que clasifica los objetivos educativos en tres dominios: cognitivo, afectivo y psicomotor. Esta taxonomía guía el diseño de estrategias y la evaluación del aprendizaje a través de seis niveles: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Cada nivel utiliza verbos específicos que ayudan a los docentes a analizar el mapa curricular y evaluar el aprendizaje de los estudiantes.

En conjunto, estas herramientas metodológicas permiten diseñar estrategias didácticas basadas en un enfoque constructivista, facilitando la asimilación de conceptos complejos y promoviendo un aprendizaje significativo en el ámbito de la biomimética y las nanociencias.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo sistémico desarrollado integra las taxonomías SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) y Bloom para estructurar el proceso de enseñanza-aprendizaje en educación básica. En la segunda etapa, se aplica una evaluación diagnóstica basada en los criterios de la taxonomía SOLO,

adaptada al tiempo disponible del docente, para identificar el nivel de entendimiento de los estudiantes sobre un tema específico. En la tercera etapa, se revisan los objetivos de aprendizaje, considerando las categorías cognitivas que se desean alcanzar, las cuales dependen de la asignatura, el nivel académico y el contexto. Esto permite al docente analizar las habilidades y actitudes presentes y ausentes en los estudiantes, facilitando la planeación de estrategias didácticas. En la cuarta etapa, se diseñan actividades basadas en las categorías cognitivas propuestas por Bloom (1956), adaptadas a los resultados de la evaluación diagnóstica y al contenido de la asignatura. Estas actividades son ejemplos representativos y no exhaustivos, diseñados para abordar las categorías cognitivas específicas.

La estrategia diseñada se implementa con los estudiantes y se evalúa continuamente para garantizar su eficacia y eficiencia. Finalmente, se aplica una evaluación sumativa basada en la taxonomía SOLO, que permite medir si los estudiantes lograron transformar la información en conocimiento. Es fundamental que las evaluaciones sean congruentes con los objetivos de aprendizaje planteados, midiendo las habilidades y actitudes esperadas. Además, estas evaluaciones deben apoyar a todos los estudiantes, considerando sus necesidades individuales, para que alcancen el mayor nivel posible de competencia en los conocimientos y habilidades establecidos [15].

El estudio incluyó 50 estudiantes por escuela en la estrategia STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas), seleccionados para representar el nivel básico (Gonzalo-Gómez, 1981). Este proyecto, alineado con el Modelo de Ciudadanos del Mundo de la UNESCO, enfatiza la educación para el desarrollo sostenible, la inclusión social y la igualdad de género. Al introducir las nanociencias y la nanotecnología desde edades tempranas, se busca romper el ciclo de desigualdad de género y fomentar la participación de niñas en áreas STEAM, brindándoles igualdad de oportunidades para perseguir carreras científicas.

Los talleres ofrecieron demostraciones prácticas sobre conceptos fundamentales de la biomimética y nanotecnología, como la nanoescala, nanopartículas, nanomateriales y propiedades dependientes del tamaño y su relación con la naturaleza. Los estudiantes lograron representar sus aprendizajes mediante prácticas de laboratorio, explicando conceptos de nanotecnología de manera clara y accesible. Además, se diseñaron contenidos específicos para educadores, como "tamaño y escala" y "propiedades dependientes del tamaño", vinculados a aplicaciones cotidianas de nanomateriales en seres vivos.

El proyecto piloto, implementado en Poza Rica, Veracruz, incluyó talleres dirigidos a estudiantes de preescolar y primaria en zonas urbanas y escuelas multigrado (Figura 2). Los docentes participantes expresaron comentarios positivos, destacando su interés por la biomimética, las nanociencias y la utilidad de los contenidos abordados.

En conclusión, el modelo sistémico y transdisciplinario, que integra las taxonomías SOLO y Bloom, demostró ser efectivo para introducir conceptos de biomimética, nanociencias y

nanotecnología en la educación básica. Este enfoque promueve la inclusión social, la sostenibilidad y la igualdad de género, mientras fortalece las competencias cognitivas de los estudiantes y fomenta su interés por las áreas STEAM.



Figura 2.- Experimentos nivel primaria.

IV. CONCLUSIONES

El modelo sistémico propuesto integra las taxonomías SOLO y Bloom para garantizar un proceso de enseñanza-aprendizaje efectivo. La taxonomía SOLO permite evaluar la calidad de las respuestas de los estudiantes y definir objetivos curriculares claros, mientras que la taxonomía Bloom organiza los objetivos educativos en dominios cognitivos, afectivos y psicomotores. Este enfoque asegura que los estudiantes no solo reciban información, sino que logren comprenderla profundamente, lo que implica contextualizar, analizar y distinguir las partes de un todo. La mera transmisión de información no garantiza la comprensión, pero una comunicación efectiva puede facilitarla. El modelo destaca la importancia de una evaluación continua y adecuada, que beneficia tanto a los estudiantes como a los docentes. Para los estudiantes, permite transformar la información en conocimiento efectivo, mientras que para los docentes ofrece retroalimentación constante, ayudándoles a reflexionar y ajustar sus metodologías de enseñanza. Este proceso requiere la integración de cuatro componentes clave:

Sistema cognitivo: Diseñado para seleccionar, almacenar, procesar y depurar información.

Evaluación diagnóstica: Identifica las necesidades de los estudiantes y adapta el aprendizaje.

Objetivos de aprendizaje específicos: Adaptados a cada disciplina y nivel educativo.

Actividades diseñadas: Orientadas a estimular el desarrollo cognitivo de los estudiantes.

El éxito del modelo depende en gran medida de las competencias y actitudes del docente, quien debe alinear las competencias a desarrollar, los resultados de aprendizaje esperados y las estrategias de evaluación. Además, el docente debe ajustar su enseñanza a las necesidades individuales de los estudiantes, apoyándose en el currículo para garantizar que todos alcancen los objetivos educativos deseados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional (IPN), México, por el apoyo brindado para el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] DeBoer GE, 'Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform' *Journal of Research in Science Teaching* 37(6) (2000) 582-601 [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)
- [2] Anderson RD and Helms JV, 'The ideal of standards and the reality of schools: Needed research' *Journal of Research in Science Teaching* 38(1) (2001) 3-16, [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200101\)38:1<3::AID-TEA2>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200101)38:1<3::AID-TEA2>3.0.CO;2-V)
- [3] Meinguer Ledesma, J. (2018). La comunicación de la nanotecnología del carbono a través del análisis crítico de textos informales en la educación química preuniversitaria. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología*, 12(22). [doi:https://doi.org/10.22201/ceijch.24485691e.2019.22.61953](https://doi.org/10.22201/ceijch.24485691e.2019.22.61953)
- [4] Roco MC, 'Nanoparticles and nanotechnology research' *Journal of Nanoparticle Research* 1(1) (1999) 1-6 [doi: 10.1023/A:1010093308079](https://doi.org/10.1023/A:1010093308079)
- [5] Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152. [doi:10.1080/03057267.2010.504543](https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504543).
- [6] Sadler T. D., (2004), Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research, *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536. [doi:10.1002/tea.20009](https://doi.org/10.1002/tea.20009).
- [7] Winkelmann, K., & Bhushan, B. (2016). Perspectivas globales de la educación en nanociencia e ingeniería. Springer Cham. [doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-31833-2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-31833-2)
- [8] Robinson, A., Dailey, D., Hughes, G., & Cotabish, A. (2014). The Effects of a Science-Focused STEM Intervention on Gifted Elementary Students' Science Knowledge and Skills. *Journal of Advanced Academics*, 25(3), 189-213. <https://doi.org/10.1177/1932202X14533799>
- [9] Tutor Sánchez, J. D., & Takeuchi, N. (2015). ¿POR QUÉ ES NECESARIA LA DIVULGACIÓN Y LA FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA? *MOMENTO*, 51, 45. <https://doi.org/10.15446/mo.n51.56204>
- [10] García Guerrero, M., & Foladori, G. (2015). Divulgación de Ciencia y Tecnología: los límites del enfoque técnico en las nanotecnologías. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 12(3), 508-519. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.08
- [11] Mobus GE and Kalton MC, *Principles of Systems Science* (New York, Springer 2015) <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1920-8>
- [12] Bertalanffy, L. von, *Teoría General de los Sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*, 5ª ed., trad. J. Almella, México, Fondo de Cultura Económica S.A. de C.V., 1986. Disponible en: <https://acortar.link/7ZAe9F>.
- [13] Biggs, B. J. y Collis, F. K., *Evaluating the Quality of Learning: The Taxonomy*, Elsevier Inc., 1982. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/C2013-0-10375-3>.
- [14] Bloom, S. B., *Taxonomía de objetivos educativos: la clasificación de metas educativas*, Michigan, Estados Unidos, Longmans, 1956. Disponible en: <https://acortar.link/QnIZmT>.
- [15] Martínez, R. F., «¿Aprobar o reprobar? El sentido de la evaluación en educación básica», *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 9, n.º 23, 2004, pp. 817-839. <https://www.redalyc.org/pdf/140/14002303.pdf>.