

## **Práctica pedagógica integral para el desarrollo de las competencias científicas en Ciencias Naturales**

### **Nombres y apellidos**

Sergio Iván Mejía Vargas

### **Código estudiantil:**

2023140049226

Tesis Doctoral presentada como requisito para optar el título de:

**Doctor en Ciencias de la Educación**

### **Director de tesis:**

Farid Alejandro Carmona Alvarado

## RESUMEN

La presente tesis doctoral tuvo como propósito construir, de manera participativa y cooperativa, una propuesta pedagógica integral e innovadora orientada al fortalecimiento de las competencias científicas en los actores del ciclo de educación básica del área de Ciencias Naturales en la Sede Valle de Ruitoque del Colegio Ecológico de Floridablanca. La investigación se desarrolla en un contexto rural donde los procesos educativos requieren articular el conocimiento científico con las dinámicas territoriales, culturales y ambientales que configuran la vida comunitaria. En este sentido, el estudio busca responder a la necesidad de replantear la enseñanza de las ciencias desde perspectivas que trasciendan la transmisión de contenidos y promuevan la formación de sujetos críticos capaces de comprender y transformar su realidad.

El estudio se enmarca en el paradigma sociocrítico, entendido como una perspectiva investigativa que concibe a los sujetos educativos como agentes capaces de interpretar, cuestionar y transformar las estructuras sociales en las que participan. Desde esta mirada, la práctica pedagógica se analiza no solo en su dimensión didáctica, sino también en su potencial emancipador para generar conciencia crítica, participación colectiva y transformación social.

Metodológicamente, la investigación se desarrolló mediante el enfoque cualitativo y el método de investigación-acción educativa, involucrando docentes, estudiantes y actores de la comunidad educativa. Para la recolección de la información se emplearon entrevistas semiestructuradas, grupos focales, observación participante y registros audiovisuales de experiencias pedagógicas.

De manera complementaria, se realizó una revisión sistemática de literatura siguiendo los lineamientos PRISMA, lo que permitió identificar tendencias relevantes en investigaciones recientes sobre educación científica. Los resultados evidenciaron que los materiales escolares suelen promover niveles bajos de demanda cognitiva; que las metodologías activas apoyadas en recursos tecnológicos favorecen procesos de indagación científica; y que las creencias pedagógicas y la formación del profesorado inciden significativamente en la construcción de ambientes de aprendizaje en ciencias. Estos hallazgos permitieron reconocer la necesidad de desarrollar propuestas pedagógicas contextualizadas que integren la educación científica con las realidades territoriales y con procesos de formación docente orientados hacia la innovación pedagógica.

La fundamentación teórica integró los aportes de Vygotsky, Dewey, Husserl y Pozo y Gómez-Crespo, articulando perspectivas socioculturales, experienciales y fenomenológicas que permiten comprender el aprendizaje científico como un proceso mediado socialmente, situado en la experiencia y vinculado con el mundo de la vida. El análisis de los datos se realizó mediante los procedimientos de la teoría fundamentada, desarrollando las fases de codificación abierta, axial y

selectiva con apoyo del software ATLAS.ti, lo que permitió identificar patrones interpretativos y construir categorías emergentes.

Los resultados del análisis categorial permitieron construir matrices interpretativas que dieron origen a un corpus teórico emergente denominado Práctica pedagógica transformadora en ciencias naturales desde un enfoque STEM y ambiental. Este constructo articula los fundamentos ontológicos, epistemológicos y teórico- pedagógicos de la práctica educativa con categorías de praxis situada que integran la participación colectiva, la construcción democrática del conocimiento y la relación entre ciencia, territorio y sostenibilidad. A partir de su implementación se identificaron principios orientadores tales como la mediación pedagógica para el aprendizaje significativo, la integración de saberes populares y científicos, la conciencia ambiental y la ética del cuidado, el desarrollo del pensamiento científico y la alfabetización tecnológica, así como el aprendizaje cooperativo orientado a la construcción de ciudadanía.

El constructo teórico emergente se estructura a partir de cinco dimensiones interrelacionadas: la dimensión ontológica, que concibe el aprendizaje de la ciencia como experiencia situada; la dimensión epistemológica, que entiende la ciencia como construcción colectiva, crítica y dialógica; la dimensión teórico-pedagógica, que reconoce la docencia como praxis reflexiva y transformadora; la dimensión territorial, que asume el territorio como base cultural y productiva del aprendizaje científico; y la dimensión ecológica, que sitúa la ética del cuidado como fundamento de la educación científica. En conjunto, este corpus teórico articula ciencia, territorio y sostenibilidad dentro de una propuesta pedagógica integral para la educación científica en contextos rurales.

En conclusión, la Práctica pedagógica transformadora en ciencias naturales desde un enfoque STEM y ambiental emerge como una propuesta pertinente frente a los desafíos contemporáneos de la educación científica. Su perspectiva situada trasciende la formación técnica para configurarse como una praxis educativa comprometida con la vida, la comunidad y el territorio. La investigación aporta al campo de las ciencias de la educación un constructo teórico y metodológico con valor heurístico que contribuye a reconfigurar la enseñanza de las ciencias como un proceso formativo orientado hacia la emancipación, la ética y la sostenibilidad.

**Palabras clave:** Educación científica, práctica pedagógica transformadora, competencias científicas, educación rural, enfoque STEM.

## ABSTRACT

This doctoral thesis aimed to construct, in a participatory and cooperative manner, a comprehensive and innovative pedagogical proposal aimed at strengthening scientific competencies among actors in the basic education cycle in the Natural Sciences area at Valle de Ruitoque Campus of the Colegio Ecológico de Floridablanca. The research was conducted in a rural context where educational processes require the articulation of scientific knowledge with the territorial, cultural, and environmental dynamics that shape community life. In this sense, the study seeks to respond to the need to rethink science teaching from perspectives that go beyond the transmission of content and promote the formation of critical subjects capable of understanding and transforming their reality.

The study is framed within the socio-critical paradigm, understood as a research perspective that conceives educational actors as agents capable of interpreting, questioning, and transforming the social structures in which they participate. From this perspective, pedagogical practice is analyzed not only in its didactic dimension but also in its emancipatory potential to generate critical awareness, collective participation, and social transformation. Methodologically, the research was developed through a qualitative approach and the method of educational action research, involving teachers, students, and members of the educational community. Data collection techniques included semi-structured interviews, focus groups, participant observation, and audiovisual records of pedagogical experiences.

In addition, a systematic literature review was conducted following PRISMA guidelines, which made it possible to identify relevant trends in recent research on science education. The results showed that school materials often promote low levels of cognitive demand; that active methodologies supported by technological resources foster scientific inquiry processes; and that teachers' pedagogical beliefs and professional training significantly influence the construction of learning environments in science education. These findings highlighted the need to develop contextualized pedagogical proposals that integrate science education with territorial realities and with teacher education processes oriented toward pedagogical innovation.

The theoretical framework integrated the contributions of Vygotsky, Dewey, Husserl, and Pozo and Gómez-Crespo, articulating sociocultural, experiential, and phenomenological perspectives that allow scientific learning to be understood as a socially mediated process, situated in experience and connected to the lifeworld. Data analysis followed the procedures of grounded theory, implementing the stages of open, axial, and selective coding with the support of ATLAS.ti software, which enabled the identification of interpretative patterns and the construction of emerging categories.

The results of the categorical analysis led to the development of interpretative matrices that gave rise to an emergent theoretical corpus entitled Transformative Pedagogical Practice in Natural Sciences from a STEM and Environmental Approach. This construct articulates the ontological, epistemological, and theoretical-pedagogical foundations of educational practice with categories of situated praxis that integrate collective participation, the democratic construction of knowledge, and the articulation between science, territory, and sustainability. Its implementation allowed the identification of guiding principles such as pedagogical mediation for meaningful learning, the integration of popular and scientific knowledge, environmental awareness and the ethics of care, the development of scientific thinking and technological literacy, and cooperative learning oriented toward citizenship building.

The emergent theoretical construct is structured around five interrelated dimensions: the ontological dimension, which conceives science learning as a situated experience; the epistemological dimension, which understands science as a collective, critical, and dialogical construction; the theoretical-pedagogical dimension, which recognizes teaching as reflective and transformative praxis; the territorial dimension, which considers territory as the cultural and productive basis of scientific learning; and the ecological dimension, which situates the ethics of care as a fundamental principle of science education. Together, this theoretical corpus articulates science, territory, and sustainability within a comprehensive pedagogical proposal for science education in rural contexts.

In conclusion, Transformative Pedagogical Practice in Natural Sciences from a STEM and Environmental Approach emerges as a relevant proposal to address contemporary challenges in science education. Its situated STEM perspective goes beyond technical training to become an educational praxis committed to life, community, and territory. This research contributes to the field of educational sciences by proposing a theoretical and methodological construct with heuristic value that reconfigures science teaching as a formative process oriented toward emancipation, ethics, and sustainability.

**KeyWords:** Science education, transformative pedagogical practice, scientific competencies, rural education, STEM approach

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akilli, M., & Katur, K. (2023). Does science literacy affect self-efficacy in science teaching? An analysis with structural equation modelling. *Revista Românească pentru Educație Multidimensională*, 15(2), 487–502. <https://doi.org/10.18662/rrem/15.2/745>
2. Albertos-Gómez, D. (2022). Evaluation of the effect of guided inquiry on scientific competence in secondary school students. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 43, 141–156. <https://doi.org/10.7203/DCES.43.22909>
3. Arana-Tuesta, P. M., & Solís-Trujillo, B. P. (2023). Promoción de competencias científicas en textos escolares de ciencia y tecnología del segundo grado de educación secundaria de Perú. *Revista Educación*, 47(1), 1–15. <https://doi.org/10.15517/revedu.v47i1.49913>
4. Asimakopoulou, P., Nastos, P., Vassilakis, E., Hatzaki, M., & Antonorakou, A. (2021). Earth observation as a facilitator of climate change education in schools: Teachers' perspectives. *Remote Sensing*, 13(8), 1–17. <https://doi.org/10.3390/rs13081587>
5. Ausubel, D. P. (1983). *Teoría del aprendizaje significativo*. Trillas.
6. Barrientos, P. (2020). *Innovando la práctica educativa*.
7. Boff, L. (2002). *Ética y ecoespiritualidad*. Trotta.
8. Bonilla-Castro, E., & Rodríguez Sehk, P. (1995). *La investigación en ciencias sociales: Más allá del dilema de los métodos*. Norma.
9. Bruner, J. (1990). *Acts of meaning*. Harvard University Press.
10. Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
11. Carr, W., & Kemmis, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza*. Martínez Roca.
12. Carretero, M. (1996). *Constructivismo y educación*. Edelvives.

13. Chacón-Chacón, D. P., Estrella-Hidalgo, E. M., & Vergel-Parejo, E. E. (2024). Estrategias didácticas basadas en metodologías activas para potenciar el aprendizaje significativo de las ciencias naturales en educación básica. *Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa*, 3(3), 26–40. <https://doi.org/10.62697/rmiie.v3i3.104>
14. Correa, M., Sánchez, J., & Londoño, S. (2021). Justicia territorial y educación rural: Retos para la equidad educativa en Colombia. Universidad de Antioquia. [bibliotecadigital.udea.edu](http://bibliotecadigital.udea.edu).
15. Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE.
16. Delgado-Iglesias, J., Bobo-Pinilla, J., Reinoso-Tapia, R., & Vega-Agapito, M. V. (2024). Is it possible to apply inquiry in the first level of primary school without hindering the acquisition of scientific competencies? *Education Sciences*, 14(1), 1–23. <https://doi.org/10.3390/educsci14010096>
17. Dewey, J. (1916). *Democracy and education*. Macmillan.
18. Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.
19. Eisner, E. (2002). *The arts and the creation of mind*. Yale University Press.
20. Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Morata.
21. Elliott, J. (2005). *La investigación-acción en educación*. Morata.
22. Fals Borda, O. (1986). *El conocimiento y el poder popular: Lecciones con campesinos de Nicaragua, México, Colombia y Venezuela*. Siglo XXI.
23. Fals Borda, O. (2014a). *Ciencia, compromiso y cambio social*. El Colectivo – Extensión Libros.
24. Fals Borda, O. (2014b). *La investigación-acción en convergencia disciplinaria*. Siglo del Hombre Editores.
25. Freire, P. (1980). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI.
26. Freire, P. (1997). *Pedagogía de la autonomía*. Siglo XXI.
27. Habermas, J. (1987). *Teoría de la acción comunicativa*. Taurus.

28. Heidegger, M. (1962). Ser y tiempo (J. Gaos, Trad.). Fondo de Cultura Económica. (Trabajo original publicado en 1927)
29. Hernández Enciso, D. P. (2017). Miradas sobre los lineamientos curriculares y los estándares básicos de competencias en Colombia: Estado del arte 2002–2016.
30. Holguín Álvarez, J., Figueroa Hurtado, F., Apaza Quispe, J., Montañez-Huancaya, A., & Cruz-Montero, J. (2021). School learning from the seeding project in the context of child care. *Apuntes Universitarios*, 11(2), 172–185. <https://doi.org/10.17162/au.v11i2.642>
31. Husserl, E. (1936). La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental. Crítica.
32. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). (2019). Marco de referencia para la evaluación: Ciencias naturales, Saber 11. <https://www.icfes.gov.co>
33. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). (2022). Informe nacional de resultados: Pruebas Saber 3°, 5°, 7° y 9° – Aplicación 2022. ICFES. <https://www.icfes.gov.co>
34. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). (2024a). Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA): Informe nacional 2022. [https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-421217\\_recurso\\_03.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-421217_recurso_03.pdf)
35. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES). (2024b). Marco de referencia prueba de ciencias naturales Saber 11 (1ª ed.). <https://www.icfes.gov.co/wp-content/uploads/2024/11/Marco-de-referencia-Prueba-de-ciencias-naturales-Saber-11-2.pdf>
36. Jaime-Muñoz, E. A. (2021). Propuestas pedagógicas al aire libre en escuelas rurales multigrado en Chile. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 49, 277–294. <https://doi.org/10.17227/ted.num49-9674>
37. Jiménez-Liso, M. R., Delgado, L., Castillo-Hernández, F. J., & Baños-González, I. (2021). Contexto, indagación y modelización para movilizar explicaciones del alumnado de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 5–25. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3032>

38. Kemmis, S. (1988). El currículum más allá de la teoría de la reproducción. Morata.
39. Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). The action research planner: Doing critical participatory action research. Springer.
40. Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice Hall.
41. Lave, J., & Wenger, E. (1991). Situated learning: Legitimate peripheral participation. Cambridge University Press.
42. Mantzoukas, S. (2008). Facilitating research students in formulating qualitative research questions. *Nurse Education Today*, 28(3), 371–377. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2007.06.012>
43. Mejía-Vargas, S. I., & Carmona-Alvarado, F. A. (2025). The influence of pedagogical practices in natural sciences on the development of scientific competencies in basic education: A systematic review. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 16(1), 27–46. doi: <https://doi.org/10.19053/uptc.20278306.v16.n1.2026.20701>
44. Ministerio de Educación Nacional. (1994). Ley 115 de 1994: Ley general de educación. [https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)
45. Ministerio de Educación Nacional. (1998). Lineamientos curriculares de ciencias naturales y educación ambiental. [https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-89869\\_archivo\\_pdf5.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf)
46. Ministerio de Educación Nacional. (2004). Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y competencias ciudadanas. [https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-81033\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf)
47. Ministerio de Educación Nacional. (2016a). Plan nacional decenal de educación 2016–2026. [https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-392871\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-392871_recurso_1.pdf)
48. Ministerio de Educación Nacional. (2016b). Derechos básicos de aprendizaje en ciencias naturales (V1). [https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files\\_public/2022-06/DBA\\_C.Naturales-min.pdf](https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf)

49. Merleau-Ponty, M. (1964). *The primacy of perception*. Northwestern University Press
50. Nayive Angulo, L., & León, A. R. (2005). Perspectiva crítica de Paulo Freire y su contribución a la teoría del currículo. *Educere*, 9(29), 159–164.
51. OpenAI. (2025). ChatGPT (versión GPT-5) [Modelo de lenguaje]. <https://chat.openai.com>
52. Philander, C. J., & Botha, M. L. (2021). Natural sciences teachers' continuous professional development through a community of practice. *South African Journal of Education*, 41(4), 1–11. <https://doi.org/10.15700/saje.v41n4a1918>
53. Piaget, J. (1977). *La epistemología genética*. Paidós.
54. Popper, K. (1972). *Objective knowledge: An evolutionary approach*. Oxford University Press.
55. Pozo Municio, J. I., & Gómez Crespo, M. Á. (2009). *Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Morata.
56. Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). La teoría de la autodeterminación y la facilitación de la motivación intrínseca, el desarrollo social y el bienestar. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. [https://www.selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000\\_RyanDeci\\_SpanishAmPsych.pdf](https://www.selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_SpanishAmPsych.pdf)
57. Sandoval, W., Kawasaki, J., & Clark, H. F. (2021). Characterizing science classroom discourse across scales. *Research in Science Education*, 51, 35–49. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09953-7>
58. Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos*. Paidós.
59. Sepúlveda-Obreque, A., Minte-Münzenmayer, A., Villalobos-Clavería, A., Peña-Troncoso, S., & Díaz-Levicoy, D. (2023). Habilidades de pensamiento científico en los textos escolares. *Areté*, 17(9-2), 43–61. <https://doi.org/10.55560/arete.2023.17.9.2>
60. Sotomayor-Soloaga, P. A. (2021). Good pedagogical practices in science teaching. *Magis*, 14(1), 1–23. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m14.gpps>

61. Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa* (2ª ed.). Universidad de Antioquia.
62. Toma, R. A., & Greca, I. M. (2018). The effect of integrating STEM approaches on students' scientific reasoning and problem-solving: A systematic review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1101–1125. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9830-0>
63. UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO Publishing. [https://www.bneportal.de/bne/shareddocs/downloads/files/unesco\\_education\\_for\\_sustainable\\_development\\_goals\\_learning\\_objectives.pdf?blob=publicationFile&v=2](https://www.bneportal.de/bne/shareddocs/downloads/files/unesco_education_for_sustainable_development_goals_learning_objectives.pdf?blob=publicationFile&v=2)
64. Vasco, C. E. (2003). La enseñanza de las ciencias y las competencias científicas. *Educación y pensamiento científico* (pp. 11–36). Ministerio de Educación Nacional. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-87418\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-87418_archivo_pdf.pdf)
65. Vela-Acero, C., & Jiménez-Cortés, R. (2022). Learning experience with digital technologies and its influence on the scientific competence of high school students. *Educar*, 58(1), 141–156. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1319>
66. Vygotsky, L. S. (1934). *Pensamiento y lenguaje*. Editorial Pedagógica.
67. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
68. Zúñiga-Meléndez, A., Durán-Apuy, A., Chavarría-Vásquez, J., Gamboa-Araya, R., Carballo-Arce, A. F., Vargas-González, X., & Torres-Salas, I. (2020). Diagnóstico de las necesidades de capacitación de docentes de ciencias para promover habilidades de pensamiento científico. *Revista Electrónica Educare*, 24(3), 469–497. <https://doi.org/10.15359/ree.24-3.23>